

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO AMBIENTAL EM REGIÃO  
CÁRSTICA NO MUNICÍPIO SETE LAGOAS – MINAS GERAIS:  
INVESTIGAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS  
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR NITRATO E ATRAZINA,  
NA ÁREA DO CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E  
SORGO DA EMBRAPA.**

**Eduardo de Castro**

**Belo Horizonte**

**2011**

**ESTUDO HIDROGEOQUÍMICO AMBIENTAL EM REGIÃO CÁRSTICA NO  
MUNICÍPIO SETE LAGOAS – MINAS GERAIS: INVESTIGAÇÃO DA  
CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR  
NITRATO E ATRAZINA, NA ÁREA DO CENTRO NACIONAL DE  
PESQUISA DE MILHO E SORGO DA EMBRAPA.**

**Eduardo de Castro**

**Eduardo de Castro**

**Estudo Hidrogeoquímico Ambiental em Região Cárstica no Município Sete Lagoas – Minas Gerais: Investigação da Contaminação de Águas Superficiais e Subterrâneas por Nitrato e Atrazina, na Área do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial a obtenção do título de doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Caracterização, prevenção e controle da poluição.

Orientador: Professor Celso de Oliveira Loureiro

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2011

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa.

## AGRADECIMENTOS

*“No meio do caminho tinha uma pedra  
tinha uma pedra no meio do caminho  
tinha uma pedra  
no meio do caminho tinha uma pedra.*

*Nunca me esquecerei desse acontecimento...”*

Este trabalho não teria sido possível e nem estaria concluído se não fosse pela cooperação direta ou indireta de diversas instituições e pessoas. Difícil nomear todos aqueles, que de algum modo contribuíram para o sucesso do projeto de pesquisa e consequentemente, desta tese, a todos o meu agradecimento.

Aos meus pais, que já partiram há muito, por terem me trazido à vida, orientado a minha trajetória e que com certeza, ainda cuidam de mim.

A Ariadnes pelo incentivo, carinho, paciência e apoio durante toda a trajetória do mestrado ao doutorado.

Ao professor Celso Loureiro, amigo e orientador, pelas discussões e esclarecimentos sempre pertinentes e precisos, pelo apoio em todos as etapas. Pela coordenação segura do projeto de pesquisa, nos momentos mais críticos. Em particular, pela oportunidade da amizade.

Ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, nas pessoas dos professores Mauro da Cunha Naghettini e Mônica Maria Diniz Leão, pela compreensão e tolerância com relação aos prazos.

Aos professores do Programa pelos ensinamentos e apoio durante a realização do doutorado.

Ao João Herbert, pesquisador do CNPMS, que coordenou os trabalhos na área do CNPMS e participou de muitas campanhas de campo, na área do estudo, esclarecendo muitas questões pertinentes ao trabalho, sempre com sugestões para melhorá-lo, pelo apoio e amizade.

Aos meus amigos nesta jornada: Rita que integrou a equipe do projeto, em sua fase inicial, participando ativamente nos trabalhos de reconhecimento da área e no cadastramento dos pontos de monitoramento; Daniela e Edilene pelo apoio e empenho nos trabalhos de campo na fase final do projeto; Paulo Augusto pela amizade e parceria. A vocês o meu agradecimento por me ajudarem durante toda a jornada com apoio e conforto nos momentos mais difíceis.

À direção da Embrapa Milho e Sorgo, pela receptividade e apoio ao projeto de pesquisa e trabalhos de campo.

À Gisela Avellar que viabilizou a cartografia inicial, necessária à condução dos trabalhos de campo e nos forneceu material importante para o levantamento da história do CNPMS.

Aos funcionários da Embrapa Paulinho, Marcos, Esmeraldo e Márcio que nos conduziram a cada canto da área do estudo e nos passaram todo o conhecimento que têm do local. Ao Leonardo pela inestimável ajuda na execução das sondagens a trado. E aos demais funcionários que nos ajudaram em todas as campanhas de campo.

À COPASA pelo apoio inestimável na execução do projeto de pesquisa, no monitoramento e análises laboratoriais e na implantação dos equipamentos e serviços estabelecidos no projeto de pesquisa.

Em particular aos seus funcionários: Guilherme Frazon, cujo entusiasmo alavancou o projeto de pesquisa, em seu início; Ronaldo De Luca e Mário Horta pelo apoio ao projeto de pesquisa; Vanir de Oliveira pelo inestimável apoio para conclusão do projeto; Carlos Alberto (Capitão) que auxiliou nos trabalhos de reconhecimento da área e cadastramento dos pontos de monitoramento; José Ronaldo de Lemos (Hulk) e Alexandre Nunes e Souza, responsáveis pela amostragem das águas; Airis Antônio Horta pela realização das análises laboratoriais; Fernando Alves Carneiro pela ajuda nos trabalhos do projeto.

À CPRM pela disponibilização do cadastro de poços, aerofotos e toda a sua produção bibliográfica referente à área do estudo.

Ao Paulo Pessoa pela disponibilidade em acompanhar a equipe do projeto em trabalhos de campo, pelos esclarecimentos sobre a geologia local, e pelas proposições para conclusão desta tese

Ao Fabrício Pereira dos Santos, pela boa vontade e inestimável colaboração na execução dos mapas e de muitas figuras desta tese.

Ao IGAM que possibilitou a construção e instalação dos poços de monitoramento na área do estudo.

Ao CNPq pelo apoio financeiro, que possibilitou a realização das campanhas de campo e muitas outras atividades.

Aos meus amigos que me deram o ânimo sem o qual este trabalho não teria sido concluído e por me emprestarem seus ouvidos nos momentos de dificuldades e incertezas.

A todos muito obrigado!

## RESUMO

A tese de doutorado apresentada é resultado das atividades do projeto de pesquisa “Estudo Hidrogeológico Ambiental, no Entorno da Área Experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo em Sete Lagoas – Minas Gerais: Investigação do Comportamento do Nitrato e da Atrazina, no Solo e na Água Subterrânea”, com foco na hidrogeologia e hidrogeoquímica ambiental do campus experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo–CNPMS, da Embrapa, em Sete Lagoas, Minas Gerais e do seu entorno.

O projeto foi viabilizado através de dois convênios, sendo o primeiro firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais, por meio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental–DESA e da Escola de Engenharia, e o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo–CNPMS, da Embrapa e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais–COPASA. O segundo convênio de viabilização do projeto foi firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais, também por meio do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental–DESA, da Escola de Engenharia, e o Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais–IGAM.

A área do estudo está inserida nas microbacias dos ribeirões Matadouro e Jequitibá, afluentes perenes do rio das Velhas, onde predominam Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, distróficos, sobre metapelitos da Formação Serra de Santa Helena e rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas, no domínio geológico do Grupo Bambuí.

Na área do estudo, as águas superficiais foram monitoradas em 14 pontos cadastrados, de amostragem, distribuídos em córregos e lagoas e, as águas subterrâneas foram monitoradas, principalmente, em 16 pontos cadastrados, de amostragem, distribuído em cisternas, poços tubulares de produção e surgências.

De maio de 2008 a abril de 2010, foram amostradas mensalmente as águas nesses 30 pontos e analisados, nos laboratórios da Divisão de Qualidade de Águas–DVQA, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais, COPASA-MG, para 44 parâmetros distribuídos entre constituintes principais, secundários e traços e parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

Foram verificados valores de pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, nos seguintes intervalos: pH de (6,6 a 8,2), condutividade elétrica de (42 a 315)  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e sólidos

totais dissolvidos de (18 a 344) mg/L, nas águas superficiais; e, pH de (5,0 a 8,2), condutividade elétrica de (12 a 389)  $\mu$ S/cm e sólidos totais dissolvidos de (15 a 464) mg/L, nas águas subterrâneas.

Nas águas superficiais e subterrâneas, monitoradas na área do estudo, as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram dominantes. Foram verificadas concentrações de cálcio e de bicarbonato, nos seguintes intervalos: (3,0 a 80) mg/L de cálcio e (9,5 a 234) mg/L de bicarbonato, nas águas superficiais; e, (0,9 a 106) mg/L de cálcio e (8,0 a 309) mg/L de bicarbonato, nas águas subterrâneas.

Em razão dos elevados teores, prevalentes, de cálcio e bicarbonato e dos pequenos teores dos demais constituintes principais, em geral, menores que 10% das concentrações dos constituintes principais, as águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo, foram caracterizadas como de fácies hidroquímica cálcica-bicarbonatada.

Localmente, foram verificadas diferenças nas concentrações dos constituintes principais, em função de variações da litologia, da localização do ponto de amostragem, ou de impactos das atividades agrícolas e pecuárias, desenvolvidas na área do estudo, em particular no entorno dos pontos de amostragem cadastrados.

Com base em um modelamento hidrogeoquímico, foi possível estimar que as águas superficiais e subterrâneas, monitoradas na área do estudo, se encontram sob a influência de ambientes hidrogeológicos diferentes, a saber, o domínio dos Latossolos, o domínio pelito-carbonático, e o domínio cárstico-calcário.

A constituição química das águas subterrâneas indicou a presença, no ambiente hidrogeológico, de: sílica; argilo minerais (moscovita, montmorilonita, caulinita, gibbsita e goethita); hematita; minerais carbonáticos (dolomita, calcita e aragonita); e, secundariamente, feldspatos potássicos.

Foram verificadas concentrações de nitrato na faixa de (0,89 a 40,6) mg/L, nas águas superficiais, não considerando os corpos d'água lóticos poluídos com esgoto sanitário, e na faixa de (0,89 a 66) mg/L, nas águas subterrâneas, prevalecendo concentrações menores que 10 mg/L.

Em geral, as concentrações de nitrato observadas nos sistemas aquíferos locais não indicaram poluição em razão das atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas na área do estudo.



Durante o período monitorado as concentrações de nitrato se apresentaram com valores menores que 22 mg/L, frequentemente.

Concentrações de nitrato maiores que o valor máximo permitido, de 44 mg/L (10 mg/L de Nitrato-N) estabelecido pelas resoluções CONAMA 357 e 396, foram verificados nas águas monitoradas com frequência menor que 1% e concentrações de nitrato no intervalo de (22 a 44) mg/L, foram verificadas com frequência de 5,2%, não considerando os corpos d'água lóticos poluídos com esgoto sanitário.

Apesar das águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo, não se apresentarem poluídas por nitrato, conforme mostram os resultados do monitoramento, as concentrações verificadas indicaram a influência das atividades agrícolas e pecuárias na qualidade das águas, em particular na área de influência do córrego Marinheiro e da lagoa Subida da Estação.

A atrazina foi detectada em amostras de água em treze pontos de monitoramento, em particular em pontos situados nas áreas de descarga de águas subterrâneas. O herbicida foi detectado com 3% de frequência, e quantificado com frequência menor que 1%, o que corresponde a dezoito amostras em um total de 633, durante os 24 meses de monitoramento.

Em razão da insuficiência de dados, a verificação da presença do herbicida nas águas monitoradas, na área do estudo, foi inconclusiva. Assim, quanto ao impacto da atrazina nas águas locais, o presente trabalho resultou incompleto.

Para verificar qualitativamente o estado das águas dos corpos d'água lóticos, afluentes do rio da Velhas, foram utilizados os indicadores IQA, Índice de Qualidade de Água, e CT, Índice de Contaminação por Substâncias Tóxicas, de acordo com a metodologia adotada pelo IGAM.

## ABSTRACT

This Doctoral Thesis constitutes the result of the research project entitled “Environmental Hydrogeologic Study at the Embrapa Corn and Sorghum Research Field, in Sete Lagoas Minas Gerais: Investigation on the Environmental Behavior of Nitrates and Atrazine in Soil and Groundwater”. The project was focused on the environmental hydrogeology and hydrogeochemistry, representative of the Campus site, and surroundings, of the Embrapa’s National Research Center on Corn and Sorghum, located in Sete Lagoas, Minas Gerais.

The Project was made viable through two joint-venture agreements, the first one signed by the Federal University of Minas Gerais – UFMG, represented by the Department of Sanitary and Environmental Engineering – DESA, the National Research Center on Corn and Sorghum – CNPMS, EMBRAPA, and the Sanitation Company of Minas Gerais – COPASA-MG. The second joint-venture agreement was signed between the Federal University of Minas Gerais and the Water Management Institute of Minas Gerais – IGAM.

The study area is located on the micro catchment basins of the Matadouro and Jequitibá creeks, which are perennial tributaries of the Velhas river. The soil is predominantly characterized by a dystrophic red and red-yellow latosol, superposing the metapelites and karstic carbonate rocks, within the geologic domain of the Bambuí Group.

In the study area, surface water was monitored at 14 registered sampling points, distributed in streams and lakes; groundwater was monitored mainly on 16 registered sampling points, distributed in cisterns, production wells and springs.

From May, 2008 to April, 2010, the 30 water sampling points were sampled on a regular monthly basis, and were analyzed in the laboratories of the Water Quality Division of the Sanitation Company of Minas Gerais - COPASA-MG, to 44 chemical and physico-chemical parameters of water quality.

Values of pH, electrical conductivity and total dissolved solids were observed in the following ranges: 1) in surface water: pH (6.6 to 8.2), electrical conductivity (42 to 315)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , and total dissolved solids (18 to 344)  $\text{mg}/\text{L}$ ; and, 2) in groundwater: pH (5.0 to 8.2), electrical conductivity (12 to 389)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , and total dissolved solids (15 to 464)  $\text{mg}/\text{L}$ .

Concentrations of calcium and bicarbonate were clearly dominant in either group of surface and groundwater, with values in the following range: 1) in surface water: (3.0 to 80)  $\text{mg}/\text{L}$  of

calcium and (9.5 to 234) mg/L of bicarbonate; and, 2) in groundwater: (0.9 to 106) mg/L of calcium and (8.0 to 309) mg/L of bicarbonate.

Therefore, due to the prevalent and elevated levels of calcium and bicarbonate, and the small amounts of other major constituents, in general with less than 10% of the total, surface water and groundwater in the study area were characterized as calcium-bicarbonate hydrochemical facies.

Some differences in the concentrations of the major constituents were observed locally, due to variations in the lithology, the location of the sampling point, or the influences of the agricultural and livestock activities developed in the study area, particularly in the vicinity of the sampling points.

As a result of a hydrogeochemical modeling, it was possible to estimate that the local surface and groundwater are under the influence of distinct hydrogeological environments, namely: the field of Latosols; the pelitic-carbonate domain; and, the limestone-karst.

The chemical constitution of groundwater monitored in the local hydrogeological environment indicated the presence of: silica; clay minerals (muscovite, montmorillonite, kaolinite, gibbsite and goethite); hematite; carbonate minerals (dolomite, calcite and aragonite); and, secondarily, potassium feldspars.

Nitrate concentrations were observed in the range of (0.89 to 40.6) mg/L, in surface waters, excluding the lotic water bodies polluted with sewage, and in the range of (0.89 to 66) mg/L, in groundwater, with values usually lower than 10 mg/L.

In general, nitrate concentrations observed in the local aquifer systems did not indicate pollution due to agricultural activities and livestock developed in the study area. During the period monitored the concentrations of nitrate presented with values less than 22 mg / L often.

Nitrate concentrations greater than the maximum allowed value of 44 mg/L (10 mg/L nitrate-N), established by CONAMA resolutions 357 and 396, were found in less than 1% of all measures results; values in the range of (22-44) mg/L were observed with a frequency of 5.2%, excluding the lotic water bodies polluted with sewage.

Although the surface water and groundwater, in the study area, do not appear to be polluted by nitrate, according to the measured results, the concentration values indicated the influence

of agricultural and livestock activities in the area, in particular in the area of influence of the Marinheiro creek and Subida da Estação lake.

Atrazine was detected in water samples collected at thirteen monitoring points, particularly in the areas of groundwater discharge. The herbicide was detected in 3% of measured results, and quantified in less than 1%, which corresponds to eighteen samples in a total of 633, during the 24 months of monitoring.

Because of insufficient data, the investigation on the presence of the herbicide in the waters monitored in the study area was inconclusive. Thus, regarding the impact of atrazine in local waters, this present work resulted incomplete.

A set of dimensionless numeric indicators was used with the purpose of characterizing the quality of the local water bodies, tributaries of the Velhas river. The indicators used included the Water Quality Index – IQA and the Toxic Substance Contamination Index – CT, both of them developed and adopted by IGAM-MG.

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>X</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b> .....	<b>XVI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>XXV</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>28</b>
1.1 CRONOLOGIA DO PROJETO DE PESQUISA.....	30
1.2 SUSTENTAÇÃO DA PESQUISA.....	31
1.2.1 <i>Degradação da qualidade hídrica</i> .....	35
1.2.2 <i>Motivação e Foco da Pesquisa</i> .....	36
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>37</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>44</b>
3.1 HIPÓTESE.....	44
3.2 OBJETIVO GERAL.....	44
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	44
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>45</b>
4.1 PESQUISA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	45
4.1.1 <i>Inventário e Obtenção de Informações de Base</i> .....	45
4.1.2 <i>Inventário e Obtenção de Informações Técnicas e Científicas</i> .....	45
4.2 PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO DOS TRABALHOS DE CAMPO.....	46
4.2.1 <i>Reconhecimento da Área</i> .....	46
4.2.2 <i>Estabelecimento da Rede de Monitoramento Hidrogeoquímico Preliminar</i> .....	46
4.2.3 <i>Amostragem das Águas na Área do CNPMS</i> .....	49
4.2.4 <i>Estabelecimento da Rede de Monitoramento Hidrométrico</i> .....	52
4.2.5 <i>Desenvolvimento de um Modelo Hidrogeológico Preliminar</i> .....	53
4.3 ATIVIDADES DE CAMPO.....	54
4.3.1 <i>Condução do Programa de Monitoramento</i> .....	55
4.4 ATIVIDADES DE ESCRITÓRIO.....	56
4.4.1 <i>Atividades Preliminares</i> .....	56
4.4.2 <i>Modelagem do Sistema Hidrogeológico</i> .....	56
4.4.3 <i>Atividades de Análise</i> .....	56
<b>5 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>58</b>
5.1 POPULAÇÃO E RECURSOS NATURAIS.....	58
5.2 A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E A AGRICULTURA NOS SOLOS DE CERRADOS.....	61
5.3 A QUESTÃO DOS AGROQUÍMICOS.....	63
5.3.1 <i>Consumo de Fertilizantes no Brasil</i> .....	64
5.3.2 <i>Consumo de Agrotóxicos no Brasil</i> .....	65
5.3.3 <i>Aspectos da Legislação sobre os Agrotóxicos</i> .....	70
5.4 CONTAMINAÇÃO DOS SOLOS E DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR AGROQUÍMICOS.....	73
5.4.1 <i>Aspectos do Comportamento de Espécies Nitrogenadas no Solo e na Água</i> .....	75
5.4.2 <i>Contaminação de Solos e de Águas Subterrâneas por Atrazina</i> .....	83
5.5 IMPACTOS ANTRÓPICOS EM AQUÍFEROS CÁRSTICOS.....	94
5.5.1 <i>Espécies constituintes de águas cársticas</i> .....	98
5.6 ASPECTOS DA MODELAGEM HIDROGEOQUÍMICA.....	99
5.7 PARÂMETROS IMPORTANTES NO MONITORAMENTO DE ÁGUAS NATURAIS.....	103
5.7.1 <i>O Potencial Hidrogeniônico</i> .....	103
5.7.2 <i>A Condutividade Elétrica</i> .....	104
5.7.3 <i>Oxigênio Dissolvido</i> .....	106
5.7.4 <i>Potencial de Redox, Eh</i> .....	107
5.7.5 <i>Acidez e Alcalinidade</i> .....	108
5.7.6 <i>Metais</i> .....	109

<b>6</b>	<b>DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>111</b>
6.1	O CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO.....	111
6.2	CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS .....	111
6.2.1	<i>Localização</i> .....	111
6.2.2	<i>Clima</i> .....	113
6.2.3	<i>Vegetação</i> .....	115
6.2.4	<i>Solos</i> .....	116
6.3	CARACTERÍSTICAS SÓCIO-ECONÔMICAS .....	120
6.3.1	<i>Recursos Minerais</i> .....	120
6.3.2	<i>Uso e Ocupação do Solo na Região de Sete Lagoas</i> .....	120
6.4	GEOLOGIA.....	121
6.4.1	<i>Geologia Regional</i> .....	122
6.4.2	<i>Geologia Local</i> .....	127
6.4.3	<i>Descrição das Principais Unidades Litoestratigráficas</i> .....	130
6.4.4	<i>Aspectos da Geologia Estrutural</i> .....	139
6.5	HIDROGRAFIA .....	141
6.5.1	<i>Principais Córregos e Ribeirões da Área do estudo</i> .....	142
6.5.2	<i>A Lagoa Capivara</i> .....	143
6.6	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS .....	146
6.7	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS .....	149
6.6.1	<i>Caracterização dos Sistemas Aquíferos, na Área do Estudo</i> .....	151
6.7	O MODELO HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DO ESTUDO.....	155
6.7.1	<i>O Modelo Hidrogeológico Conceitual</i> .....	156
6.7.2	<i>Expressões das Unidades Hidroestratigráficas na Área do estudo</i> .....	160
6.7.3	<i>Hidrogeologia da Área do estudo</i> .....	163
6.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	166
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>168</b>
7.1	DEFINIÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO .....	168
7.2	AMOSTRAGEM DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS .....	175
7.2.1	<i>Análises Laboratoriais das Amostras de Água</i> .....	177
7.3	VERIFICAÇÃO DA REPRESENTATIVIDADE DOS RESULTADOS REPORTADOS .....	180
7.3.1	<i>O Balanço Iônico e a Precisão dos Resultados Analíticos</i> .....	181
7.3.2	<i>Erro Analítico e a Condutividade Elétrica</i> .....	185
7.4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	191
7.4.1	<i>Caracterização Hidroquímica</i> .....	191
7.4.2	<i>Caracterização Temporal dos Parâmetros Principais e Metais</i> .....	192
7.4.3	<i>Índice de Qualidade de Água</i> .....	192
7.4.4	<i>Índice de Contaminação por Tóxicos</i> .....	193
7.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O MONITORAMENTO.....	195
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO E ANÁLISE</b> .....	<b>197</b>
8.1	CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES .....	198
8.1.1	<i>Índice de Contaminação por Substâncias Tóxicas – CT</i> .....	209
8.1.2	<i>Índice de Qualidade das Águas – IQA</i> .....	211
8.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA DO ESTUDO .....	213
8.2.1	<i>Corpos d'Água Lênticos</i> .....	215
8.2.2	<i>Corpos d'Água Lóticos</i> .....	254
	<i>Córregos não Poluídos por Esgoto Sanitário</i> .....	274
	<i>Corpos d'água lóticos impactados por esgoto sanitário</i> .....	314
8.2.3	<i>Qualidade das Águas dos Corpos d'Água Lóticos</i> .....	332
8.2.4	<i>Considerações sobre as Águas Superficiais Monitoradas na Área do Estudo</i> .....	339
8.3	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	350
8.3.1	<i>Considerações sobre as Águas Subterrâneas Monitoradas na Área do Estudo</i> .....	472
8.4	HIDROGEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO ESTUDO.....	484
8.5	SISTEMAS INTERATIVOS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	524
8.5.1	<i>O Sistema interativo da Lagoa Subida da Estação</i> .....	526
8.5.2	<i>O Sistema Interativo das Lagoas Capivara e Olhos d'Água</i> .....	538
8.5.3	<i>As lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'Água</i> .....	553
8.6	AMÔNIO E NITRATO NAS ÁGUAS MONITORADAS .....	556
8.7	A PRESENÇA DA ATRAZINA NA ÁREA DO ESTUDO.....	596

<b>9</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>601</b>
<b>10</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>611</b>
<b>11</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>613</b>
<b>12</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>623</b>
	<b>ANEXO A – PLANOS DE MONITORAMENTO.....</b>	<b>624</b>
	<b>ANEXO B - ORGANIZAÇÃO E TRATAMENTO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS .....</b>	<b>627</b>
	<b>ANEXO C- RESULTADOS DAS ANÁLISES DE ÁGUA.....</b>	<b>670</b>
	<b>ANEXOS-D MAPAS .....</b>	<b>787</b>
	<b>ANEXO E - PERFIS CONSTRUTIVOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO E PERFIS LITOLÓGICOS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....</b>	<b>798</b>
	<b>ANEXO F- FOTOGRAFIAS .....</b>	<b>846</b>
	<b>ANEXO G- GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS.....</b>	<b>885</b>

# LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

## 1. *Abreviaturas*

CE – condutividade elétrica

RRA – relatório de resultados de análises

STD – sólidos totais dissolvidos (concentração de)

## 2. *SIGLAS*

ANA – Agência Nacional das Águas

ANDA – Associação Nacional de Defensivos Agrícolas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CEASA – Central de Abastecimento

CNPMS – Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais ou Serviço Geológico do Brasil

DESA – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral

DVHD – Divisão de Hidrogeologia

DVQA – Divisão de Qualidade de Águas

EEB – European Environmental Bureau Document

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

GPS – Sistema de Posicionamento Global

IAO – Instituto Agrícola do Oeste

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPEACO – Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste

MCT – Ministério de Ciências e Tecnologia

NPK – Nitrogênio, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O



OPAAS – Organização Pan-Americana da Saúde  
PADAP – Projeto Integrado de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba  
PNDA – Plano Nacional de Defensivos Agrícolas  
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.  
POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento dos Cerrados Brasileiros  
PRODECER – Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados  
REDOX – Redução-Oxidação  
SIA – Sistema de Informação de Agrotóxicos  
SIC – Sistema de Informação de Componentes  
SMARH – Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
UE – União Européia  
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais  
UNEP – United States Environmental Programme  
UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura  
USEPA – United States Environmental Protection Agency  
USEPA – United States Environmental Protection Agency  
UTM – Universal Transverse Mercator

## **2. Unidades de medida e símbolos químicos**

m – metro, unidade SI de dimensão linear  
°C – grau centígrado, unidade de temperatura  
ha – hectare, unidade de área  
kg – massa, unidade SI de massa

## **3. Símbolos físico-químicos**

K – constante de equilíbrio  
mg/L – miligrama por litro, unidade de concentração em massa por volume  
mol/L – mol por litro, unidade de concentração em quantidade de matéria por volume  
[ ] – designa concentração mol/L, no contexto de equilíbrio químico  
pE – potencial de redox  
pH – potencial hidrogenionico  
μS/cm – microsiemens por centímetro, unidade usada para condutividade elétrica, CE

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – LOCALIZAÇÃO DO CNPMS E ÁREA DO CAMPUS EXPERIMENTAL.....	29
FIGURA 4.1 – CONJUNTO DE FRASCOS PARA AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO CNPMS .....	50
FIGURA 4.2– AMOSTRAGEM DE ÁGUA NA ÁREA DO ESTUDO .....	52
FIGURA 5.1– ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO MUNDIAL DE 1950 A 2050 .....	59
FIGURA 5.2– POPULAÇÃO, ÁREA CULTIVADA, PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE.....	61
FIGURA 5.3– PRINCÍPIOS ATIVOS HERBICIDAS MAIS COMERCIALIZADOS EM 2009.....	67
FIGURA 5.4 – REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA DO CICLO DO NITROGÊNIO .....	77
FIGURA 5.5 – SÍNTESE DAS TRANSFORMAÇÕES DO NITROGÊNIO NO SOLO .....	78
FIGURA 5.7 – POSSÍVEIS ROTAS DE HERBICIDAS NO MEIO AMBIENTE AGRÍCOLA .....	87
FIGURA 5.7 – POSSÍVEIS ROTAS DE DEGRADAÇÃO DA ATRAZINA .....	90
FIGURA 5.8 – PRINCIPAIS METABÓLITOS DA DEGRADAÇÃO DA ATRAZINA .....	91
FIGURA 5.9 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO AMBIENTE CÁRSTICO .....	96
FIGURA 5.10 – FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DA MODELAGEM GEOQUÍMICA .....	100
FIGURA 6.1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO .....	112
FIGURA 6.2 – PLUVIOMETRIA MEDIDA NA ÁREA DO CNPMS .....	114
FIGURA 6.3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO ESTUDO NO BIOMA CERRADO.....	115
FIGURA 6.4 – PRINCIPAIS CLASSES DE SOLOS NA ÁREA DO CNPMS.....	119
FIGURA 6.5 – LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO SÃO FRANCISCO .....	122
FIGURA 6.6 – MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO BACIA INTRACRATÔNICA DO SÃO FRANCISCO .....	124
FIGURA 6.7 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA INTRACRATÔNICA DO SÃO FRANCISCO .....	125
FIGURA 6.8 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA RESUMIDA PARA A BACIA DO SÃO FRANCISCO .....	126
FIGURA 6.9 – MODELO DE RAMPA CARBONÁTICA PROPOSTO PARA A FORMAÇÃO SETE LAGOAS .....	128
FIGURA 6.10 – COLUNA ESTRATIGRÁFICA REPRESENTATIVA DA GEOLOGIA NA ÁREA DO ESTUDO .....	129
FIGURA 6.11 – AFLORAMENTO DE ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO .....	130
COORDENADAS UTM 587 894M E / 7842 955M N.....	130
FIGURA 6.12 – PERFIL ESQUEMÁTICO DO VALE DO JEQUITIBÁ, NA REGIÃO DO CONTATO.....	131
FIGURA 6.13 – LEITO DO CÓRREGO JEQUITIBÁ SOBRE ROCHAS DO EMBASAMENTO CRISTALINO .....	131
FIGURA 6.14 – AFLORAMENTOS DE ROCHAS DO EMBASAMENTO NO VALE DO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	132
FIGURA 6.15 – AFLORAMENTO DE CALCÁRIO, GRUTA DA PONTINHA, NO CNPMS .....	135
FIGURA 6.16 – AFLORAMENTO DE SAPRÓLITOS DA FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA, NA ÁREA DO ESTUDO .....	136
FIGURA 6.17 – MAPA LITOLÓGICO DA ÁREA DO ESTUDO.....	138
FIGURA 6.18 – DOMÍNIOS ESTRUTURAIS ESTABELECIDOS PARA A ÁREA DO PROJETO VIDA.....	140
FIGURA 6.19 – VISTA DA LAGOA CAPIVARA NA ÁREA DO ESTUDO.....	143
FIGURA 6.20 – MORFOLOGIA DA LAGOA CAPIVARA .....	145
FIGURA 6.21 – LAGOA PERMANENTE EM DOLINA, NA ÁREA DO ESTUDO .....	147
FIGURA 6.22 – VISTA DA PLANÍCIE CÁRSTICA NA ÁREA DO ESTUDO .....	148
FIGURA 6.23 – SAPRÓLITOS DA FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA SOBRE BLOCOS DE CALCÁRIO .....	150
FIGURA 6.24 – ZONA DE FRATURAMENTO E DOBRAMENTO PREENCHIDA COM MATERIAL DETRÍTICO .....	151
FIGURA 6.25 – LOCAIS DE REALIZAÇÃO DAS SONDAGENS A TRADO E DETERMINAÇÕES DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA .....	153
FIGURA 6.26 – LOCAIS DAS SONDAGENS A TRADO D1 E D2 .....	154
FIGURA 6.27 – EXPOSIÇÃO DO SAPRÓLITO E DA COBERTURA DETRITO-LATERÍTICA.....	160
FIGURA 6.28 – EXPOSIÇÃO DO SAPRÓLITO, E DETALHES DO MOSQUEADO E DO NÍVEL DE CASCALHO .....	162
FIGURA 6.29 – EXPOSIÇÕES DOS SAPRÓLITOS DA FORMAÇÃO SERRA DE SANTA HELENA, NO CNPMS .....	162
FIGURA 6.30 – AFLORAMENTOS DE CALCÁRIOS CARSTIFICADOS, NO CNPMS.....	163
FIGURA 6.31 – MAPA HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DO ESTUDO .....	164
FIGURA 6.32 – UNIDADES HIDROESTRATIGRÁFICAS NA SEÇÃO AB E NÍVEL DA ZONA SATURADA.....	165
FIGURA 7.1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NA ÁREA DO ESTUDO.....	174
FIGURA 7.2 – CONJUNTO DE FRASCOS PARA AS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	176
FIGURA 7.3 – TRANSFERÊNCIA E ARMAZENAMENTO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA.....	176
FIGURA 7.4 – DISTRIBUIÇÃO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS.....	184
FIGURA 7.5 – ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO TEÓRICA DE ERROS ANALÍTICOS .....	186
FIGURA 7.6 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: DISPERSÃO DO ERRO ANALÍTICO .....	187
FIGURA 7.7 – ÁGUAS SUPERFICIAIS: DISPERSÃO DO ERRO ANALÍTICO.....	189
FIGURA 8.1 – MODELO DO DIAGRAMA DE PIPER .....	201

FIGURA 8.2 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA DO ESTUDO.....	214
FIGURA 8.3 – LOCAIS DAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA E DOS RESPECTIVOS PONTOS DE MONITORAMENTO .....	216
FIGURA 8.4 – VARIABILIDADE TEMPORAL DO pH NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	217
FIGURA 8.5 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	218
FIGURA 8.6 – DIAGRAMA DE PIPER PARA AS ÁGUAS DAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	222
FIGURA 8.7 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	224
FIGURA 8.8 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	225
FIGURA 8.9 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	226
FIGURA 8.10 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	227
FIGURA 8.11 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	227
FIGURA 8.12 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	229
FIGURA 8.13 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA.....	229
FIGURA 8.14 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	231
FIGURA 8.15 – OCORRÊNCIAS DE CROMO E DE CÁDMIO NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	232
FIGURA 8.16 – LOCAIS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE E DOS RESPECTIVOS PONTOS DE MONITORAMENTO .....	235
FIGURA 8.17 – VARIABILIDADE DO pH NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	236
FIGURA 8.18 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE.....	237
FIGURA 8.19 – DIAGRAMA DE PIPER — ÁGUAS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	242
FIGURA 8.20 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	243
FIGURA 8.21 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	244
FIGURA 8.22 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	245
FIGURA 8.23 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	246
FIGURA 8.24 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	247
FIGURA 8.25 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	248
FIGURA 8.26 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	249
FIGURA 8.27 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	250
FIGURA 8.28 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D'ÁGUA E POÇO VERDE .....	251
FIGURA 8.29 – LOCAIS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO .....	256
FIGURA 8.30 – VARIABILIDADE DO pH NO CANAL DE IRRIGAÇÃO .....	257
FIGURA 8.31 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	258
FIGURA 8.32 – DIAGRAMA DE PIPER — ÁGUAS DO CANAL DE IRRIGAÇÃO .....	264
FIGURA 8.33 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	265
FIGURA 8.34 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	267
FIGURA 8.35 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO .....	267
FIGURA 8.36 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	268
FIGURA 8.37 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	269
FIGURA 8.38 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	270
FIGURA 8.39 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO .....	270
FIGURA 8.40 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	271
FIGURA 8.41 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	273
FIGURA 8.42 – LOCAIS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NOS CÓRREGOS MARINHEIRO, FORQUILHA E JEQUITIBÁ .....	275
FIGURA 8.43 – VARIABILIDADE DO pH NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO.....	276
FIGURA 8.44 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	277
FIGURA 8.45 – DIAGRAMA DE PIPER — CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO.....	283

FIGURA 8.46 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	284
FIGURA 8.47 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	285
FIGURA 8.48 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	286
FIGURA 8.49 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	287
FIGURA 8.50 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	288
FIGURA 8.51 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	290
FIGURA 8.52 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO.....	290
FIGURA 8.53 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	291
FIGURA 8.54 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	292
FIGURA 8.55 – VARIABILIDADE DO PH NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	295
FIGURA 8.56 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	297
FIGURA 8.57– DIAGRAMA DE PIPER — CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	302
FIGURA 8.58 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	304
FIGURA 8.59 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	305
FIGURA 8.60 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	306
FIGURA 8.61 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	306
FIGURA 8.62 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	308
FIGURA 8.63 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	309
FIGURA 8.64 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	310
FIGURA 8.65 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	311
FIGURA 8.66 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	312
FIGURA 8.67 – LOCAIS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	315
FIGURA 8.68 – VARIABILIDADE DO PH NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	316
FIGURA 8.69 – VARIABILIDADE DO PARÂMETROS CE E STD NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ....	317
FIGURA 8.70 – DIAGRAMA DE PIPER — CÓRREGO MATADOURO E RIO JEQUITIBÁ.....	320
FIGURA 8.71 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ.....	322
FIGURA 8.72 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	323
FIGURA 8.73 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ.....	324
FIGURA 8.74 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	325
FIGURA 8.75 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	326
FIGURA 8.76 – OCORRÊNCIAS DE ARSÊNIO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	327
FIGURA 8.77 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	327
FIGURA 8.78 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	328
FIGURA 8.79 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	329
FIGURA 8.80 – OCORRÊNCIAS DE CROMO E DE CÁDMIO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	330
FIGURA 8.81 – VARIABILIDADE DO IQA NOS CÓRREGOS FORQUILHA, MARINHEIRO, JEQUITIBÁ E MATADOURO	337
FIGURA 8.82 – DIAGRAMA COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA NOS CÓRREGOS .....	338
FIGURA 8.83 – DIAGRAMAS COMPARATIVOS DO PARÂMETROS PH, CE E STD NAS AGUAS SUPERFICIAIS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	340
FIGURA 8.84 – DIAGRAMAS COMPARATIVOS DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NOS CORPOS D’ÁGUA LÊNTICOS...	344
FIGURA 8.85 – DIAGRAMAS COMPARATIVOS DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NOS CORPOS D’ÁGUA LÓTICOS.....	344
FIGURAS 8.86 – DIAGRAMAS COMPARATIVOS DOS CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NOS CORPOS D’ÁGUA LÊNTICOS .....	347
FIGURAS 8.87 – DIAGRAMAS COMPARATIVOS DOS CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NOS CORPOS D’ÁGUA LÓTICOS.....	347
FIGURA 8.88 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	351
FONTE: CPRM, 2003. ADAPTAÇÃO: SANTOS, F., 2011. ....	351
FIGURA 8.89 – DIAGRAMA DE PIPER — CISTERNAS E SURGÊNCIAS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	352
FIGURA 8.90 – DIAGRAMA DE PIPER — POÇOS DE PRODUÇÃO MONITORADOS NA ÁREA DO ESTUDO .....	353
FIGURA 8.91 – DIAGRAMA DE PIPER — POÇOS DE MONITORAMENTO NA ÁREA DO ESTUDO.....	354
FIGURA 8.92 – TURBIDEZES APARENTES NAS ÁGUAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	356
FIGURA 8.93 – LOCAIS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	363
FIGURA 8.94 – VARIABILIDADE DO PH NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG, E DO ESTÁBULO ..	364
FIGURA 8.95 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	365
FIGURA 8.96 – DIAGRAMA DE PIPER — CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	370
FIGURA 8.97 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	371

FIGURA 8.98 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	373
FIGURA 8.99 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO ..	374
FIGURA 8.100 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	375
FIGURA 8.101 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO.....	375
FIGURA 8.102– OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .	376
FIGURA 8.103 – OCORRÊNCIA DE CROMO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO.	377
FIGURA 8.104 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E COBRE NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	378
FIGURA 8.105 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E CÁDMIO NAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO ...	380
FIGURA 8.106 – LOCAIS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	383
FIGURA 8.107 – VARIABILIDADE DO PARÂMETRO PH NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	384
FIGURA 8.108 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	385
FIGURA 8.109 – DIAGRAMA DE PIPER — CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO.....	392
FIGURA 8.110 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	394
FIGURA 8.111 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO.....	396
FIGURA 8.112 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO.....	397
FIGURA 8.113 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO.....	398
FIGURA 8.114 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	399
FIGURA 8.115 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO.....	400
FIGURA 8.116 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO.....	401
FIGURA 8.117 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E COBRE NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	402
FIGURA 8.118 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	405
FIGURA 8.119 – LOCAIS DAS SURGÊNCIAS DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO, DA MATA DA USINA E DO NIA .....	408
FIGURA 8.120 – VARIABILIDADE DO PARÂMETRO PH NAS ÁGUAS DAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA.....	408
FIGURA 8.121 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	410
FIGURA 8.122 – DIAGRAMA DE PIPER — SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	414
FIGURA 8.123 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	416
FIGURA 8.124 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	417
FIGURA 8.125 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA..	418
FIGURA 8.126 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NAS SURGÊNCIAS DA LAGOA DA SUBIDA DA ESTAÇÃO, DA MATA DA USINA E DO NIA.....	419
FIGURA 8.127 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NAS ÁGUAS DAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA.....	420
FIGURA 8.128 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA..	421
FIGURA 8.129 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA	422
FIGURA 8.130 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E COBRE NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA.....	423
FIGURA 8.131 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA.....	425

FIGURA 8.132 – LOCAIS DOS POÇOS DE PRODUÇÃO MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	429
FIGURA 8.133 – VARIABILIDADE DO pH NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	430
FIGURA 8.134 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NOS POÇOS MATADOURO 1 E MATADOURO 2.....	432
FIGURA 8.135 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD pH NOS POÇOS DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	432
FIGURA 8.136 – DIAGRAMA DE PIPER — POÇOS MATADOURO 1 MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	436
FIGURA 8.137 – TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NOS POÇOS MATADOURO 1 MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	438
FIGURA 8.138 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NOS POÇOS MATADOURO 1 MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES.....	440
FIGURA 8.139 – OCORRÊNCIAS DE FERRO NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	442
FIGURA 8.140 – OCORRÊNCIAS DE MANGANÊS NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES.....	442
FIGURA 8.141 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	444
FIGURA 8.142 – OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NOS POÇOS MATADOURO 1MATADOURO 2 , DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	445
FIGURA 8.143 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	447
FIGURA 8.144 – OCORRÊNCIAS DE CHUMBO NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES.....	448
FIGURA 8.145 – OCORRÊNCIAS DE COBRE NOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	450
FIGURA 8.146 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO NAS ÁGUAS DOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	452
FIGURA 8.147 – OCORRÊNCIAS DE CÁDMIO NAS ÁGUAS DOS POÇOS MATADOURO 1, MATADOURO 2, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	452
FIGURA 8.148 – LOCAIS DOS POÇOS DE PRODUÇÃO DAS LAGOAS DA SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA ....	455
FIGURA 8.149 – VARIABILIDADE DO pH NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA .....	456
FIGURA 8.150 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NOS POÇOS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA .....	457
FIGURA 8.151 – DIAGRAMA DE PIPER — POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA .....	461
FIGURA 8.152– TEORES DE MG, K, NA, CL, NO <sub>3</sub> E SO <sub>4</sub> NOS POÇOS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA.....	462
FIGURA 8.153 – OCORRÊNCIAS DE ALUMÍNIO NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA	463
FIGURA 8.154 – OCORRÊNCIAS DE FERRO E MANAGANÊS NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA.....	465
FIGURA 8.155 – TEORES DE ALUMÍNIO, FERRO E MANGANÊS NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA .....	466
FIGURA 8.156– OCORRÊNCIAS DE BÁRIO NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA .....	467
FIGURA 8.157 – OCORRÊNCIAS DE CROMO NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA....	468
FIGURA 8.158– OCORRÊNCIAS DE CHUMBO E DE COBRE NOS POÇOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA.....	469
FIGURA 8.159 – OCORRÊNCIAS DE ZINCO E DE CÁDMIO NOS POÇOS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D'ÁGUA .....	471
FIGURA 8.160 – DIAGRAMA COMPARATIVO DOS PARÂMETROS pH, CE E STD NAS AGUAS DAS SURGÊNCIAS E CISTERNAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	474
FIGURA 8.161 – TEORES NORMALIZADOS DE CÁLCIO E BICARBONATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO.....	477
FIGURA 8.162 – COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS MONITORADAS NAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	490
FIGURA 8.163 – COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS MONITORADAS NAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	493
FIGURA 8.164 – EQUILÍBRIOS DE FASES MINERAIS PARA AS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	497
FIGURA 8.165 – EQUILÍBRIOS DE FASES MINERAIS PARA AS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	501

FIGURA 8.166 COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS MONITORADAS NAS SURGÊNCIAS DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA.....	505
FIGURA 8.167 – EQUILÍBRIO DE FASES MINERAIS PARA AS ÁGUAS DAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA.....	507
FIGURA 8.168 – COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS MONITORADAS NOS POÇOS TUBULARES MATADOURO 1 E MATADOURO 2 .....	510
FIGURA 8.169 – EQUILÍBRIOS DE FASES MINERAIS PARA AS ÁGUAS DOS POÇOS MATADOURO 1 E MATADOURO 2 .....	512
FIGURA 8.170 – COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS MONITORADAS NOS POÇOS TUBULARES DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO1 E OLHOS D’ÁGUA, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES.....	515
FIGURA 8.171 – EQUILÍBRIOS DE FASES MINERAIS PARA AS ÁGUAS NOS POÇOS TUBULARES DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO1 E OLHOS D’ÁGUA, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	518
FIGURA 8.172– MODELO DE FLUXO SUBTERRÂNEO E OS SISTEMAS INTERATIVOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS .....	525
FIGURA 8.173 – SÍTIO DA LAGOA DA “SUBIDA DA ESTAÇÃO” .....	526
FIGURA 8.174 – POÇO TUBULAR JORRANTE DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO.....	527
FIGURA 8.175 – VARIABILIDADE DO pH NAS ÁGUAS MONITORADAS NO POÇO TUBULAR, NA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO E NA SURGÊNCIA .....	528
FIGURA 8.176 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS ÁGUAS MONITORADAS NO POÇO TUBULAR DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO E NA SURGÊNCIA.....	529
FIGURA 8.177 – DIAGRAMA COMPARATIVO DOS PARÂMETROS pH, CE E STD NAS ÁGUAS MONITORADAS NO SISTEMA INTERATIVO DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO .....	532
FIGURA 8.178 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NO SISTEMA INTERATIVO DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO .....	535
FIGURA 8.179 – DIAGRAMA DE PIPER PARA AS ÁGUAS MONITORADAS NO SISTEMA INTERATIVO DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO.....	536
FIGURA 8.180 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NO SISTEMA INTERATIVO DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO.....	537
FIGURA 8.181 – SÍTIOS DAS LAGOAS CAPIVARA E OLHOS D’ÁGUA.....	539
FIGURA 8.182 – POÇO TUBULAR JORRANTE DA LAGOA OLHOS D’ÁGUA .....	540
FIGURA 8.183 – VARIABILIDADE DO pH NAS ÁGUAS MONITORADAS NO SISTEMA INTERATIVO LAGOAS CAPIVARA – OLHOS D’ÁGUA .....	541
FIGURA 8.184 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA LAGOAS CAPIVARA – OLHOS D’ÁGUA.....	544
FIGURA 8.185 – VARIABILIDADE DOS PARÂMETROS CE E STD NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO SISTEMA LAGOAS CAPIVARA – OLHOS D’ÁGUA.....	544
FIGURA 8.186 – DIAGRAMA COMPARATIVO DOS PARÂMETROS pH, CE E STD NAS ÁGUAS DO SISTEMA INTERATIVO LAGOAS CAPIVARA E OLHOS D’ÁGUA .....	545
FIGURA 8.187 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS MONITORADAS NO SISTEMA INTERATIVO DAS LAGOAS CAPIVARA E OLHOS D’ÁGUA.....	549
FIGURA 8.188 DIAGRAMA DE PIPER — SISTEMA INTERATIVO DAS LAGOAS CAPIVARA E OLHOS D’ÁGUA.....	550
FIGURA 8.189 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS MONITORADAS NO SISTEMA INTERATIVO DAS LAGOAS CAPIVARA E OLHOS D’ÁGUA .....	552
FIGURA 8.190 – DIAGRAMA COMPARATIVO DA COMPOSIÇÃO DAS ÁGUAS MONITORADAS NOS SISTEMAS INTERATIVOS DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E CAPIVARA-OLHOS D’ÁGUA .....	554
FIGURA 8.191 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO NAS ÁGUAS DAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	558
FIGURA 8.192 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO NAS ÁGUAS DAS LAGOAS CAPIVARA, OLHOS D’ÁGUA, .....	560
SUBIDA DA ESTAÇÃO E POÇO VERDE.....	560
FIGURA 8.193 – DISTRIBUIÇÃO DO NITRATO E DO AMÔNIO NOS PONTOS DE MONITORAMENTO DOS CORPOS D’ÁGUA LÊNTICOS.....	563
FIGURA 8.194 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO NAS ÁGUAS CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	564
FIGURA 8.195 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO NOS CÓRREGOS MARINHEIRO E FORQUILHA .....	566
FIGURA 8.196– VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO NO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	566
FIGURA 8.197 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO NO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ .....	570
FIGURA 8.198 – DISTRIBUIÇÃO DO NITRATO E DO AMÔNIO NOS PONTOS MONITORADOS NOS CORPOS D’ÁGUA LÓTICOS.....	573

FIGURA 8.199 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO E AMÔNIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO .....	575
FIGURA 8.200 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO E AMÔNIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	575
FIGURA 8.201 – ASPECTO DA ÁGUA NAS CISTERNAS DA EPAMIG E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	579
FIGURA 8.202 – DISTRIBUIÇÃO DE NITRATO E DE AMÔNIO NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DO BARÃO, DA ASSOCIAÇÃO, DA EPAMIG, DO ESTÁBULO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	580
FIGURA 8.203 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E DE AMÔNIO E AMÔNIO NAS ÁGUAS DAS SURGÊNCIAS DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO, DA MATA DA USINA E DO NIA .....	581
FIGURA 8.204 – TEORES DE NITRATO E DE AMÔNIO NAS SURGÊNCIAS DA LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO, DA MATA DA USINA E DO NIA.....	584
FIGURA 8.205 – TEORES DE NITRATO E DE AMÔNIO NO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO NO DOMÍNIO DAS COBERTURAS DETRITO-LATERÍTIICAS .....	585
FIGURA 8.206 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO NAS ÁGUAS DOS POÇOS TUBULARES MATADOURO 1 E MATADOURO.....	587
FIGURA 8.207 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO NAS ÁGUAS DOS POÇOS TUBULARES DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	587
FIGURA 8.208 – VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO NAS ÁGUAS DOS POÇOS TUBULARES DAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO E OLHOS D’ÁGUA .....	589
FIGURA 8.209 – TEORES DE NITRATO E DE AMÔNIO NAS ÁGUAS DOS POÇOS TUBULARES MATADOURO 1, MATADOURO 2, SUBIDA DA ESTAÇÃO, OLHOS D’ÁGUA, DA EPAMIG E DA FAZENDA TAVARES .....	592
FIGURA 8.210 – DISTRIBUIÇÃO DO NITRATO NAS ÁGUAS MONITORADAS NA ÁREA DO CNPMS .....	595



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – PROBLEMAS AMBIENTAIS IDENTIFICADOS POR MUNICÍPIOS BRASILEIROS .....	31
TABELA 4.1 – SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS MAIS FREQUENTES <sup>(1)</sup> NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	48
TABELA 4.2 – PARÂMETROS ADICIONAIS DE CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	48
TABELA 4.3 – SÍNTESE DA ROTINA DE AMOSTRAGEM DE ÁGUAS NO CNPMS .....	49
TABELA 4.4 – CARACTERIZAÇÃO DOS 12 FRASCOS PARA AMOSTRAGEM DE ÁGUA NO CNPMS .....	51
TABELA 4.5 – PONTOS E SERVIÇOS DE HIDROMETRIA.....	52
TABELA 4.6 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	53
TABELA 5.1 – CONSUMO NACIONAL DE AGROTÓXICOS E NÚMERO DE INGREDIENTES ATIVOS COMERCIALIZADOS .....	66
TABELA 5.2 – PRINCIPAIS INGREDIENTES ATIVOS NOS AGROTÓXICOS COMERCIALIZADOS NO BRASIL.....	66
TABELA 5.3 – HERBICIDAS E PESTICIDAS REGISTRADOS NA ANVISA, PARA AS CULTURAS INDICADAS .....	69
TABELA 5.4 – REAÇÕES AMBIENTAIS DE FORMAÇÃO DO RADICAL HIDROXILA .....	82
TABELA 5.6 – SUBSTÂNCIAS INORGÂNICAS EM REAÇÕES QUÍMICAS NO AMBIENTE CÁRSTICO .....	98
TABELA 5.7 – CONCENTRAÇÃO DOS METAIS PRINCIPAIS NAS ÁGUAS NATURAIS .....	109
TABELA 5.8 – METAIS SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS NATURAIS .....	109
TABELA 6.1 – UNIDADES DE PREENCHIMENTO DA BACIA INTRACRATÔNICA DO SÃO FRANCISCO.....	123
TABELA 6.2 – CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DA LAGOA CAPIVARA .....	144
TABELA 6.3 – CENÁRIO HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA DO ESTUDO.....	157
TABELA 7.1 – PONTOS INVENTARIADOS E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS ÁGUAS AMOSTRADAS .....	170
TABELA 7.2 – IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS MONITORADOS USADA NO TEXTO .....	171
TABELA 7.3 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS DE MONITORAMENTO.....	172
TABELA 7.4 – PONTOS DE MONITORADOS NO PRIMEIRO PLANO DE MONITORAMENTO .....	173
TABELA 7.5 – FREQUÊNCIAS PERCENTUAIS DE QUANTIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS MONITORADOS .....	178
TABELA 7.6 – PRESENÇA DE ATRAZINA NAS AMOSTRAS ANALISADAS .....	179
TABELA 7.7 – ERRO TEÓRICO PERMITIDO PARA AVALIAR QUALIDADE DE ANÁLISE DE ÁGUA .....	182
TABELA 7.8 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE DOS RESULTADOS ANALÍTICOS .....	183
TABELA 7.9 – FREQUÊNCIA DE RESULTADOS PRECISOS E ACEITOS.....	185
TABELA 7.10 – CONDIÇÕES DE CONTAMINAÇÃO POR SUBSTÂNCIAS TÓXICAS.....	194
TABELA 7.11 – PARÂMETROS CONSTITUINTES DO ÍNDICE CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS.....	194
TABELA 8.1 – CARACTERIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO .....	197
TABELA 8.2 – CONCENTRAÇÕES DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS NATURAIS.....	206
TABELA 8.3 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS EM ÁGUAS NATURAIS.....	207
TABELA 8.4 – VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS PARA AS CONCENTRAÇÕES DE CONSTITUINTES INORGÂNICOS EM ÁGUAS NATURAIS. ....	208
TABELA 8.5 – GRAUS DE CONTAMINAÇÃO POR SUBSTÂNCIAS TÓXICAS .....	210
TABELA 8.6 – PARÂMETROS CONSTITUINTES DO ÍNDICE CONTAMINAÇÃO POR TÓXICOS – CT.....	210
TABELA 8.7 – PARÂMETROS DE POTABILIDADE DA ÁGUA <sup>1</sup> .....	211
TABELA 8.8 – CLASSES DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	212
TABELA 8.9 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA DO ESTUDO. ....	213
TABELA 8.10 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO NOS CORPOS D’ÁGUA LÊNTICOS.....	215
TABELA 8.11 – PARÂMETROS pH, CE E STD NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	220
TABELA 8.12 – CÁTIONS E ANIONS PRINCIPAIS NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	221
TABELAS 8.13 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS LAGOAS DO PAPUDO E DA BAIANA .....	233
TABELA 8.14 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS ACIMA DOS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS .....	233
TABELA 8.15 – ESTATÍSTICAS DOS PARÂMETROS pH, CE E STD NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D’ÁGUA E POÇO VERDE.....	239
TABELA 8.16 – CÁTIONS E ANIONS PRINCIPAIS NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D’ÁGUA E POÇO VERDE .....	241
TABELA 8.17 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS LAGOAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, CAPIVARA, OLHOS D’ÁGUA E POÇO VERDE .....	252
TABELA 8.18 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS CONCENTRAÇÕES MAIORES QUE OS VMP .....	253
TABELA 8.19 – LOCALIZAÇÃO DO PONTOS DE MONITORAMENTO NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	255
TABELA 8.20 – PARÂMETROS pH, CE E STD NO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	259
TABELA 8.21 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DO CANAL DE IRRIGAÇÃO.....	262
TABELA 8.22 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NO CANAL DE IRRIGAÇÃO .....	274
TABELA 8.23 PONTOS DE MONITORAMENTO NOS CÓRREGOS NÃO POLUÍDOS POR DESPEJOS SANITÁRIOS.....	275
TABELA 8.24 – PARÂMETROS pH, CE E STD NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	279
TABELA 8.25 – CÁTIONS E ANIONS PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO.....	282

TABELA 8.26 CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	293
TABELA 8.27 – CONCENTRAÇÕES ACIMA DOS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NOS CÓRREGOS FORQUILHA E MARINHEIRO .....	294
TABELA 8.28 – ESTATÍSTICAS DOS PARÂMETROS PH, CE E STD NAS ÁGUAS DO CÓRREGO JEQUITIBÁ.....	299
TABELA 8.29 – CÁTIONS E ANIONS PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	301
TABELA 8.30 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	313
TABELA 8.31 – CONCENTRAÇÕES MAIORES QUE OS VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS DE CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NO CÓRREGO JEQUITIBÁ .....	314
TABELA 8.32 – LOCALIZAÇÃO DO PONTOS DE MONITORAMENTO NOS CÓRREGOS IMPACTADOS COM ESGOTO .....	315
TABELA 8.33 – ESTATÍSTICAS DOS PARÂMETROS PH, CE E STD NAS ÁGUAS DO CÓRREGO MATADOURO E DO RIO JEQUITIBÁ.....	318
TABELA 8.34 – CÁTIONS E ANIONS PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DO CÓRREGO MATADOURO E DO RIO JEQUITIBÁ .....	319
TABELA 8.35 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS DO CÓRREGO MATADOURO E NO RIO JEQUITIBÁ.....	331
TABELA 8.36 – QUANTIFICAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR SUBSTÂNCIAS TÓXICAS NOS CORPOS D’ÁGUA LÓTICOS .....	334
TABELA 8.37 – CONTAMINAÇÃO POR SUBSTÂNCIAS TÓXICAS NOS CORPOS D’ÁGUA LÓTICOS.....	336
TABELA 8.38 – ÁGUAS SUBTERRÂNEAS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	350
TABELA 8.39 – TURBIDEZES MÉDIAS NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	357
TABELA 8.40 – CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO <sup>(1)</sup> .....	358
TABELA 8.41 – ESTATÍSTICAS DOS PARÂMETROS PH, CE E STD NAS ÁGUAS DOS POÇOS DE MONITORAMENTO ..	358
TABELA 8.42 – LOCALIZAÇÃO DAS CISTERNAS BARÃO (CIS-3), EPAMIG (CIS-5), ESTÁBULO (CIS-6) E FAZENDA MARINHEIRO (CIS-7) .....	363
TABELA 8.43 – VALORES DOS PARÂMETROS PH, CE E STD NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS BARÃO, EPAMIG E ESTÁBULO .....	367
TABELA 8.44 – CONCENTRAÇÕES DOS CÁTIONS E ANIONS PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS BARÃO, EPAMIG E ESTÁBULO .....	368
TABELA 8.45 – CONCENTRAÇÕES DE AL, FE, MN, BA, PB, CU, CR, CD E ZN NAS CISTERNAS DO BARÃO, DA EPAMIG E DO ESTÁBULO.....	382
TABELA 8.46 – LOCALIZAÇÃO DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE (CIS-1), DA ESTUFA (CIS-2) E DA ASSOCIAÇÃO (CIS-4) E FAZENDA MARINHEIRO (CIS-7) .....	383
TABELA 8.47 – PARÂMETROS PH, CE E STD NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	387
TABELA 8.48 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	389
TABELA 8.49 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS CISTERNAS DO RESTAURANTE, DA ESTUFA, DA ASSOCIAÇÃO E DA FAZENDA MARINHEIRO .....	406
TABELA 8.50 – LOCALIZAÇÃO DAS SURGÊNCIAS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO.....	407
TABELA 8.51 – PARÂMETROS PH, CE E STD NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	411
TABELA 8.52 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	413
TABELA 8.53 – CONCENTRAÇÕES DE METAIS SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS SURGÊNCIAS SUBIDA DA ESTAÇÃO, MATA DA USINA E DO NIA .....	427
TABELA 8.54 – LOCALIZAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES DE PRODUÇÃO MONITORADOS NA ÁREA DO ESTUDO .....	428
TABELA 8.55 – PARÂMETROS PH, CE E STD NOS POÇOS MATADOURO 1(PT-1) MATADOURO 2 (PT-2), EPAMIG (PT-5) E FAZENDA TAVARES (PT-6) .....	433
TABELA 8.56 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NOS POÇOS MATADOURO 1(PT-1) MATADOURO 2 (PT-2), EPAMIG (PT-5) E FAZENDA TAVARES (PT-6) .....	435
TABELA 8.57 – CONCENTRAÇÕES DE METAIS SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NOS POÇOS MATADOURO 1(PT-1), MATADOURO 2 (PT-2), EPAMIG (PT-5) E FAZENDA TAVARES (PT-6) .....	453
TABELA 8.58 – PARÂMETROS PH, CE E STD NOS POÇOS SUBIDA DA ESTAÇÃO (PT-3) E OLHOS D’ÁGUA (PT-4).....	458
TABELA 8.59 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NOS POÇOS SUBIDA DA ESTAÇÃO (PT-3) E OLHOS D’ÁGUA (PT-4) .....	459
TABELA 8.60 – CONCENTRAÇÕES DE METAIS SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS DOS POÇOS SUBIDA DA ESTAÇÃO (PT-3) E OLHOS D’ÁGUA (PT-4).....	472
TABELA 8.61 – CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	488
TABELA 8.62 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DAS CISTERNAS DO BARÃO (CIS-3), DA EPAMIG (CIS-5) E DO ESTÁBULO (CIS-6).....	495
TABELA 8.63 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DAS SURGÊNCIAS LAGOA SUBIDA DA ESTAÇÃO (SURG-1), MATA DA USINA (SURG-2) E DO ESTÁBULO (SURG-3).....	506

TABELA 8.64 DISTRIBUIÇÃO DOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS, SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS DOS POÇOS TUBULARES MATADOURO 1 (PT-1), MATADOURO 2 (PT-1), SUBIDA DA ESTAÇÃO (PT-3), OLHOS D'ÁGUA (PT-4), EPAMIG (PT-5) E FAZENDA TAVARES (PT-6) .....	517
TABELA 8.65 – ESTADOS DE EQUILÍBRIO MINERAL DERIVADOS PARA O SISTEMA AQUÍFERO SUBSUPERFICIAL ....	521
TABELA 8.66 ESTADOS DE EQUILÍBRIO MINERAL DERIVADOS PARA O SISTEMA AQUÍFERO REPRESENTADO PELAS CISTERNAS EM ÁREAS DE DESCARGA .....	522
TABELA 8.67 – ESTADOS DE EQUILÍBRIO MINERAL PREVALENTES NO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO CÁRSTICO-CARBONÁTICO .....	523
TABELA 8.68 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS MONITORADAS NO SISTEMA SUBIDA DA ESTAÇÃO.....	533
TABELA 8.69 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS DO SISTEMA SUBIDA DA ESTAÇÃO .....	537
TABELA 8.70 – CONSTITUINTES PRINCIPAIS NAS ÁGUAS DO SISTEMA INTERATIVO DAS LAGOAS CAPIVARA E OLHOS D'ÁGUA.....	547
TABELA 8.71 – CONSTITUINTES SECUNDÁRIOS E TRAÇOS NAS ÁGUAS DO SISTEMA SUBIDA DA ESTAÇÃO .....	551
TABELA 8.72 – CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E DE NITRATO NOS CORPOS D'ÁGUA LÊNTICOS MONITORADOS NA ÁREA DO ESTUDO .....	561
TABELA 8.73 – CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E DE NITRATO NOS CORPOS D'ÁGUA LÓTICOS NA ÁREA DO ESTUDO NÃO IMPACTADOS COM ESGOTO URBANO .....	568
TABELA 8.74 – CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E DE NITRATO NOS CORPOS D'ÁGUA LÓTICOS, NA ÁREA DO ESTUDO, IMPACTADOS COM ESGOTO URBANO .....	571
TABELA 8.75 – CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E DE NITRATO NAS CISTERNAS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	578
TABELA 8.76 – CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E DE NITRATO NAS SURGÊNCIAS MONITORADAS NA ÁREA DO ESTUDO .....	583
TABELA 8.77 – CONCENTRAÇÕES DE AMÔNIO E DE NITRATO NOS POÇOS TUBULARES MONITORADOS NA ÁREA DO ESTUDO.....	591
TABELA 8.78 – HERBICIDAS COM ATRAZINA PARA AS CULTURAS DE MILHO E SORGO .....	597
TABELA 8.79 – PRESENÇA DE ATRAZINA NAS ÁGUAS MONITORADAS .....	599

# 1 INTRODUÇÃO

O projeto de pesquisa que originou a presente tese contou com a parceria do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS da Embrapa, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais–COPASA, e com o apoio do Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM/MG.

O foco principal do projeto foi a investigação da contaminação de solos e de águas superficiais e subterrâneas por nitrato e atrazina; o primeiro, originado da aplicação de fertilizantes nitrogenados nas diversas culturas praticadas no CNPMS, e o segundo, da aplicação desse herbicida, usado no combate de plantas daninha, nas culturas de milho e sorgo.

A equipe responsável pela condução dos trabalhos de campo foi composta pelos seguintes membros: professor Celso de Oliveira Loureiro, coordenador do projeto; professor Eduardo de Castro, pesquisador, doutorando SMARH-UFMG; engenheiro agrônomo João Herbert Vianna, pesquisador CNPMS-Embrapa; química Rita de Cássia Rosado Baptista, pesquisadora, mestranda SMARH-UFMG; engenheira Ambiental Daniela de Alcântara Machado, mestranda SMARH-UFMG; e, geólogo Fernando Carneiro mestrando SMARH-UFMG.

Os trabalhos de campo que integraram este projeto foram desenvolvidos, principalmente na fazenda experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – CNPMS, em Sete Lagoas, Minas Gerais, uma das unidades de pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

Os principais acessos às instalações do CNPMS, que está situado no km 65 da rodovia estadual MG 424, a cerca de 12 km da sede municipal de Sete Lagoas e 3 km da sede municipal de Prudente de Moraes, são mostrados no mapa da Figura 1.1.

Conforme mostrado na Figura 1.1, a região é servida pela rodovia federal BR 040, Rio de Janeiro – Belo Horizonte – Brasília e pela rodovia estadual MG 424 que, partindo de Belo Horizonte, passa pelos municípios de Vespaziano, Pedro Leopoldo e Matozinhos, chegando a Prudente de Moraes, de onde se alcançam as instalações do CNPMS e da EPAMIG.

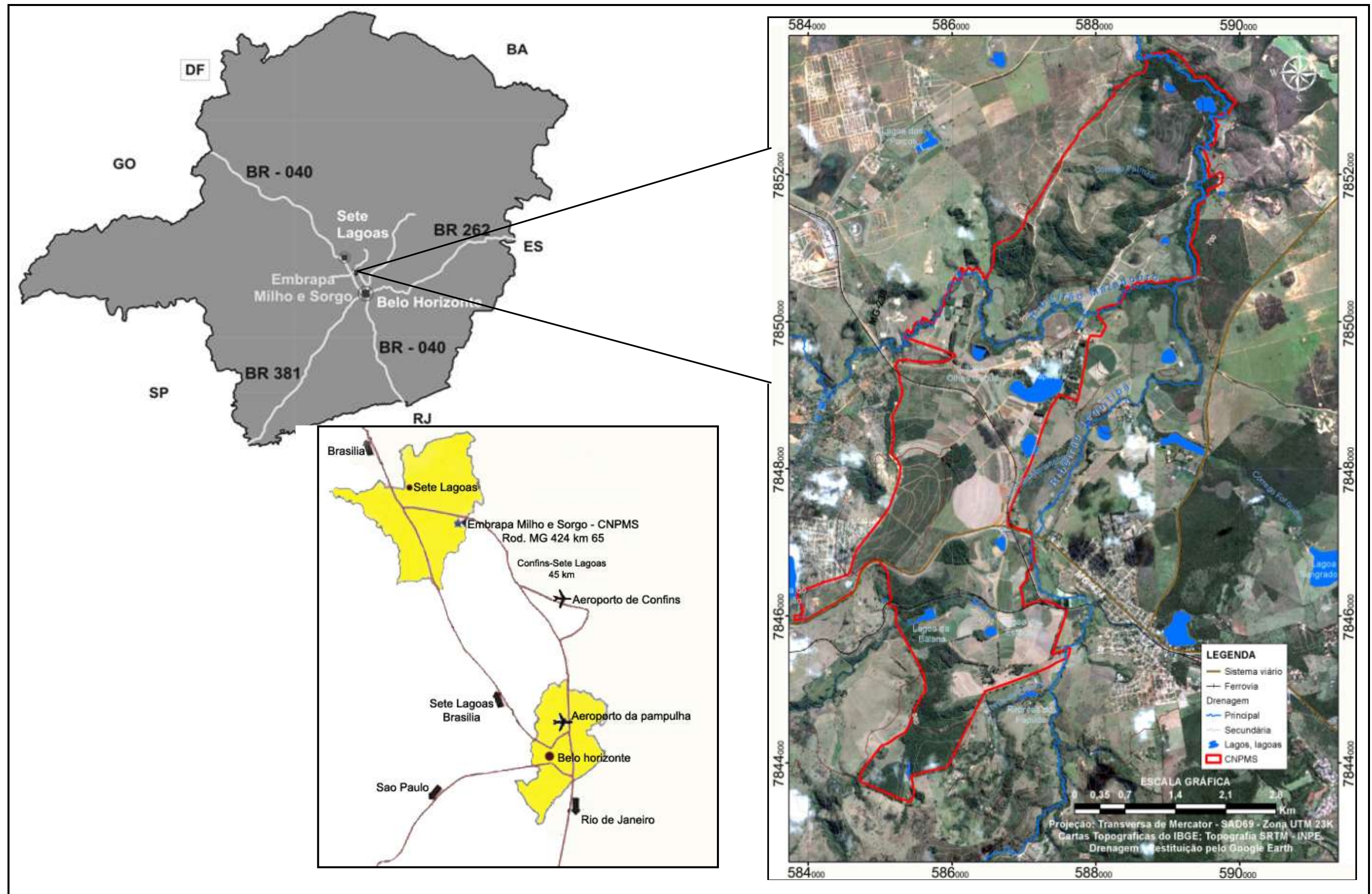


Figura 1.1 – Localização do CNPMS e área do campus experimental

Fonte: Embrapa, 2005; Google Earth, 2010. Adaptação: Santos, F. (2011)

## **1.1 Cronologia do Projeto de Pesquisa**

Em primeiro de dezembro de 2006, foi apresentado a minuta do projeto, focalizando o tema em questão, aos membros do comitê técnico-científico do CNPMS, que a aprovou em cinco de janeiro de 2007.

Em 14 de fevereiro de 2007, o projeto preliminar, já com um detalhamento necessário à condução e execução da pesquisa, foi submetido à gerência da Divisão de Recursos Hídricos – DVHD, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, para apreciação e aprovação, a fim de viabilizar o apoio técnico e financeiro, para a execução dos trabalhos propostos.

Em agosto de 2007, um subprojeto foi submetido ao apoio do Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico, através do edital universal MCT/CNPq 15/2007, contemplando parte dos trabalhos previstos. Este subprojeto foi aprovado, em dezembro do mesmo ano, conforme o termo de concessão e aceitação de apoio financeiro a projeto de pesquisa de número 939642447131816.

Em outubro de 2007, o projeto definitivo foi aprovado pelas diretorias da COPASA e do CNPMS, ainda em caráter informal, e submetido à chefia do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA e à Direção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais–UFMG, para apreciação e aprovação.

Em janeiro de 2008, foi oficializado o convênio entre as três instituições, UFMG, CNPMS e COPASA, viabilizando o apoio técnico e financeiro da COPASA, às atividades previstas no projeto de pesquisa.

A partir desta formalização, foi elaborada a estratégia de execução dos trabalhos previstos no projeto convênio, os quais tiveram início em maio de 2008.

Em abril de 2009 foi firmado um convênio entre a UFMG, representada pela Escola de Engenharia, e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas–IGAM, para licenciamento da perfuração, construção e instalação de poços de monitoramento, na área do estudo.

Em março de 2010 foi firmado um novo projeto convenio, entre os participantes DESA/UFMG, CNPMS/Embrapa e COPASA, com a finalidade de apoiar a continuidade dos trabalhos, até outubro de 2011.

## 1.2 *Sustentação da Pesquisa*

Apesar das diferenças acentuadas existentes entre as regiões ou até mesmo as microrregiões brasileiras, muitos problemas hídricos ultrapassam as fronteiras municipais e estaduais. Os maiores desafios verificados são: a diminuição da disponibilidade de água, per capita, devido ao crescimento populacional; a expansão urbana desordenada; o desmatamento; a deterioração da qualidade da água em função da falta de tratamento de esgoto; o uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos; e, a poluição industrial (United Nations Environment Programme–UNEP, 2002; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO, 2003).

Na Tabela 1.1 apresenta-se uma síntese dos principais problemas ambientais existentes nos municípios brasileiros, apontados em pesquisa de âmbito municipal realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística–IBGE, (2005), considerando a totalidade dos municípios brasileiros existentes até dezembro de 2001 (IBGE, 2005).

Tabela 1.1 – Problemas ambientais identificados por municípios brasileiros

Problema ambiental	Percentual de municípios <sup>1</sup> (%)
Assoreamento dos corpos d'água	53
Poluição da água	38
Alteração da paisagem	35
Contaminação do solo	33
Poluição do ar	22
Degradação de áreas protegidas	20

(1) Número total de municípios 5560 (100%)  
Fonte: IBGE, 2005.

Uma análise grosseira desses problemas permite pressupor, como uma de suas causas, o modelo de exploração agropecuária introduzido no país a partir dos anos 1970, cujo objetivo final era, e ainda o é, o de gerar excedentes exportáveis, com o objetivo de acumulação de divisas. Este modelo intensificou o agronegócio, envolvendo uma expansão crescente do uso dos solos do Cerrado, e o avanço da exploração agropecuária para a região amazônica.

Os solos, na região do Cerrado, em sua maioria, são profundos, com predominância dos Latossolos. Em condições naturais, esses Latossolos apresentam baixa fertilidade, acidez elevada e altos teores de alumínio. Para uso agropecuário, com produtividade satisfatória, necessitam de aplicações de calcário e de fertilizantes. Além disso, o rápido desenvolvimento da agricultura, nessa região, gerou grande aumento no consumo de agrotóxicos no Brasil (Oliveira-Filho e Lima, 2002).

Algumas das características representativas do modelo agroexportador são: a exploração agrícola intensiva em grandes extensões de terras planas, ou levemente onduladas; a substituição da mão de obra braçal por maquinário; a irrigação; e, o uso intensivo de fertilizantes e agrotóxicos.

Grosso modo, os reflexos desse modelo estão nas significativas taxas de urbanização, observadas desde o início dos anos 1990, na degradação do meio ambiente hídrico e na degradação dos solos e dos recursos florestais, particularmente no entorno das maiores regiões urbanas do país.

Neste modelo reside um paradoxo, qual seja: ao mesmo tempo em que se degrada o meio ambiente, conseqüentemente, todo um ecossistema que inclui o ser humano, em busca do progresso econômico, e na sustentação do *status* do agronegócio, difunde-se o conceito de desenvolvimento sustentável, cujo paradigma encontra-se na utilização racional dos recursos naturais, integrada a objetivos socioeconômicos, de modo a preservar esses recursos para as gerações futuras.

Em vista das diversidades naturais do Brasil, tais como, climas, relevos, solos, coberturas vegetais, ambientes geológicos, associadas a potencialidades e condições socioeconômicas e culturais diferenciadas, a questão dos recursos hídricos assume aspectos muito variáveis. Assim, no Brasil, o cenário hídrico vai desde regiões onde a água de boa qualidade é abundante, até regiões semiáridas, onde esse bem é escasso, e até mesmo ausente (Agência Nacional das Águas – ANA, 2006).

Com relação à disponibilidade de água doce, o Brasil destaca-se no cenário mundial por possuir uma das mais extensas e densas redes de rios perenes do mundo. A descarga desses rios leva a uma produção hídrica que chega a cerca de 178 000 m<sup>3</sup>/s, aos quais se somam 73 100 m<sup>3</sup>/s, originados da Amazônia internacional. Tamaña produção corresponde a 53% da produção de água doce da América Latina e a 12% do total mundial (Rebouças, 2006).

Entretanto, nas regiões hidrográficas do Amazonas, do São Francisco e do Paraná, estão concentrados cerca de 80% dos recursos hídricos do Brasil. Essas três regiões cobrem mais de 70% do território brasileiro, destacando a região hídrica da Amazonas, que compreende cerca de 45% da área do País e mais da metade dos recursos hídricos superficiais disponíveis (Rebouças, 2006).



Apesar da disponibilidade total elevada, a distribuição das águas doces superficiais no Brasil, associada à densidade populacional, se torna crítica em algumas situações. Há regiões brasileiras em que, a despeito da elevada disponibilidade de água, a intensa e desordenada ocupação tem gerado problemas de disputa por ela, devido, principalmente, a questões associadas à escassez de água com a qualidade requerida para o uso (ANA 2007).

Em escala regional, esse cenário está bem representado na Bacia Hidrográfica do São Francisco, um geoambiente onde dominam rochas pelíticas e carbonáticas, das quais se desenvolveram, em geral, Latossolos Distróficos e alumínicos que sustentam, em alguns locais, como na área do estudo, testemunhos da vegetação típica que caracteriza o cerrado, um bioma próprio do Brasil central.

Mais da metade da área da bacia do São Francisco, incluindo o norte de Minas Gerais, está em região de clima semiárido, com precipitações médias anuais de 600 mm. Esta área compreende 218 municípios. Já na parte alta e média da bacia as precipitações médias anuais, variam de 1000 a 1800 mm onde, predomina uma cobertura vegetal característica do bioma Cerrado.

Na bacia do rio São Francisco há falta de sistemas de tratamento de esgotos em quase todos os municípios. Apesar de nos anos recentes já se observar uma retomada de investimentos em saneamento básico nas grandes aglomerações urbanas, somente na Região Metropolitana de Belo Horizonte se constata o início da reversão desse quadro desfavorável. Nesta região, na época da construção das estações de tratamento de esgoto dos ribeirões Arrudas e do Onça, estimou-se que essas obras beneficiariam cerca de 4,5 milhões de habitantes (ANA, 2007).

Além do esgotamento sanitário inadequado, outros impactos ambientais negativos nesta bacia hidrográfica são: o desmatamento das matas ribeirinhas; a mineração, que altera física e quimicamente os ecossistemas aquáticos; a extinção de espécies locais e a introdução de espécies exóticas, que alteram o equilíbrio natural dos ecossistemas; o lançamento de rejeitos resultantes de atividades agrícolas e industriais; e, o uso de fertilizantes e agrotóxicos (Instituto Brasileiro de geografia e Estatística – IBGE, 2005; ANA, 2007).

A área do estudo retrata bem o panorama descrito para o vale do São Francisco, trata-se de uma área também de predomínio de rochas pelíticas e carbonáticas. Os solos predominantes são de origem das rochas pelíticas, que afloram em quase toda área, já intemperizadas em diferentes graus, com esparsos afloramentos de rochas carbonáticas, a sul e a norte da área.

Na área do estudo a atividade econômica predominante é a agropecuária, praticada em diferentes níveis tecnológicos. Na área do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo pratica-se uma agricultura intensiva, de natureza experimental, porém com uso de maquinário, fertilizantes e agrotóxicos, de diversos cultivares de milho principalmente, e de sorgo. Na área vizinha da Epamig, no limite sudeste do CNPMS, além da pesquisa agrícola, pratica-se uma pecuária leiteira intensiva. No entorno, em geral, predomina a pecuária extensiva e pequenas lavouras de milho, mandioca e pastagens artificiais.

De acordo com estimativas de campo e triangulação feita sobre imagem Google Earth (2011), o CNPMS utiliza cerca de 400 ha, para os seus cultivos experimentais, dos quais 128 ha estão sob pivôs centrais de irrigação<sup>1</sup>. As áreas de cultivo alcançam cerca de 21% da área total do CNPMS, que chega a aproximadamente 1920 ha (Panoso et al., 2002), o restante da área consiste em reservas florestais, áreas de preservação e instalações do Centro de Pesquisa.

O milho é uma cultura que remove grandes quantidades de nitrogênio do solos, e normalmente requer o usos de adubação nitrogenada para complementar a quantidade fornecida pelo solo. A recomendação de adubação nitrogenada em cobertura para a cultura do milho de sequeiro, em geral, é de 40 a 80 kg de N/ha. Em agricultura irrigada, em que prevalece o uso de alta tecnologia, para a obtenção de elevadas produtividades, a aplicação de nitrogênio varia de 100 a 150 kg/ha (Coelho et al., 2006; Cruz et al., 2010).

Admitindo que a área agricultável do CNPMS seja ocupada com uma safra de milho ao ano, com uma produtividade mínima de 3250 kg/ha, média nacional para culturas com baixa tecnologia (Cruz et al., 2010) e de 7300 kg/ha, média para lavouras tecnificadas, de acordo com dados de Coelho et al. (2006), seriam necessários para adubação de cobertura, respectivamente, cerca de 68 kg e de 150 kg de N/ha, perfazendo os totais de 27200 kg e 60000 kg de N, para produzir as quantidades médias consideradas, em uma única safra anual.

Na forma de nitrato essas quantidades correspondem a  $120,5 \times 10^3$  kg.ano e  $265,7 \times 10^3$  kg.ano, respectivamente. Admitindo que 10% dessas quantidades não sejam assimiladas pela cultura, podendo ser dissolvidas pelas águas meteóricas, e assumindo a precipitação média anual, de 1382 mm/ano, no CNPMS, de acordo com Batista, (2009), considerando o período de janeiro de 1960 a dezembro de 2006, resulta em concentrações de nitrato iguais a 2,18 mg/L no mínimo e 4,81 mg/L, nas águas meteóricas.

---

<sup>1</sup> Herbert, J. V. (jherbert@cnpms.embrapa.br)[mensagem pessoal].

Admitindo que um terço dessas quantidades possam ser lixiviadas para a zona saturada do solo e que dois terços possam alcançar as águas superficiais, ocorreriam os seguintes aportes de nitrato para essas águas: 0,73 mg/L (mínimo) e 2,6 mg/L (máximo), alcançariam as águas subterrâneas; e, 1,5 mg/L (mínimo) e 3,2 mg/L (máximo) alcançariam as águas superficiais.

Para determinar as concentrações de nitrato, mais próximas da realidade, que potencialmente podem alcançar as águas superficiais e subterrâneas locais, seria necessário um balanço de massa rigoroso, considerando as possíveis fontes de contribuição, antrópicas e naturais. No entanto, as concentrações calculadas servem como um indicador da quantidade de nitrato disponível que podem aportar nas águas superficiais e subterrâneas da área do estudo.

No caso do uso da atrazina no cultivo de milho, também considerando apenas uma safra de milho na área por ano, e assumindo a concentração média da substância ativa de 562 g/L e as taxas médias de aplicação de 4 L/ha (mínimo) e de 6 L/ha (máximo), respectivamente, de acordo com as informações de 11 marcas comerciais descritas por Karam e Melhorança, (2006), cada aplicação por safra anual totalizaria 2,1 kg/ha (mínimo) e 3,2 kg/ha (máximo), do princípio ativo. Considerando os 400 ha de área agricultável, no CNPMS, e duas aplicações por safra, uma na pré-emergência e outra na pós-emergência da lavoura, o total do aplicado do herbicida alcança as seguintes quantidades, 1680 kg (mínimo) e 2560 kg (máximo), por ano.

Admitindo que essas massas sejam incorporadas nos 400 ha de solos agrícola do CNPMS, por meio da incorporação da palhada no sistema de plantio direto, e considerando a espessura do solo agrícola de 0,60 m (Carneiro, 2010), resulta concentrações de atrazina e resíduos, de 0,07 g/m<sup>3</sup> (mínimo) e 0,11 g/m<sup>3</sup> (máximo), no solo agrícola do CNPMS.

### **1.2.1 Degradação da qualidade hídrica**

A sociedade organizada não desconhece que tem ocorrido uma redução significativa na qualidade das águas superficiais e subterrâneas devido ao aumento da demanda e negligência com relação aos problemas causados pela poluição, em especial de origem agrícola e industrial e, significativamente, devido ao lançamento esgotos urbanos sem tratamento.

O uso da terra com a remoção da cobertura vegetal e com a implantação de uma cobertura sem controle da erosão, normalmente, degrada os recursos hídricos, já que provoca o aumento do escoamento superficial, o qual carrega parte dos solos para os rios, lagos e represas. Em

especial, as atividades antrópicas associadas ao desenvolvimento industrial, à agroindústria e à urbanização, resultam na degradação dos recursos hídricos (Salati Lemos e Salati, 2006).

O excesso de fertilizantes nos solos agrícolas é um dos contribuintes ao processo de eutrofização dos corpos d'água, devido ao enriquecimento das águas superficiais em nutrientes e o conseqüente crescimento excessivo de algas. Níveis crescentes de nitrato foram observados em rios, incluindo o Amazonas e o Orinoco, bem como em fontes de água subterrânea da região sul americana (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura-UNESCO, 2003).

Segundo Rebouças, (2006), em escala global o problema da água é muito mais sério, em virtude da poluição causada por metais pesados, nitratos e micropoluentes orgânicos. O problema é mais grave nos países em desenvolvimento, como o Brasil, pela falta de sistemas adequados de monitoramento e controle, e atinge águas superficiais e subterrâneas nas proximidades dos centros urbanos, notadamente dos grandes centros.

### **1.2.2 Motivação e Foco da Pesquisa**

A motivação para a realização dos trabalhos propostos, como foi exposto, se encontra na ocupação dos cerrados pela agricultura intensiva que, grosso modo, está sintetizada nas seguintes diretrizes:

- desmatamento dos cerrados;
- cultivo intensivo de culturas comerciais;
- uso de fertilizantes e agrotóxicos; e,
- utilização e poluição dos recursos hídricos.

A essas diretrizes se soma o histórico do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo – CNPMS, em cultivos experimentais, cujas terras têm sido utilizadas para esta finalidade desde as primeiras décadas do século XX (Avellar e Silva, 2000).

Essa motivação orientou os trabalhos desenvolvidos, para a investigação e caracterização hidrogeoquímica das águas superficiais e subterrâneas, na área do CNPMS e no seu entorno, em particular na sua contaminação por nitrato, originado de fertilizantes nitrogenados e pelo herbicida atrazina de uso difundido em culturas comerciais de milho e de sorgo, objetos de pesquisa desta unidade da Embrapa.

## 2 JUSTIFICATIVA

A qualidade natural das águas continentais depende das condições geológicas, geomorfológicas e de cobertura vegetal da bacia de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces e das ações antrópicas na bacia. Dentre essas ações, as que mais podem influenciar a qualidade da água são: (a) lançamento de cargas nos sistemas hídricos; (b) alteração do uso do solo rural e urbano; e, (c) modificações no sistema fluvial (Filho, 1997; Tucci et al., 2001).

A água, considerada o solvente universal, é quimicamente muito ativa e tem facilidade em dissolver e reagir com muitas substâncias orgânicas e inorgânicas. Assim, ao se infiltrar pelos solos, pelas fissuras e fraturas das rochas, ou escoar pela superfície, é enriquecida em solutos, de natureza diversificada, como os agroquímicos e os biomateriais. Nessa trajetória, além de transportar substâncias em solução, também transporta materiais em suspensão.

Normalmente, as águas subterrâneas têm maiores concentrações de minerais dissolvidos que as águas continentais superficiais devido a sua baixa velocidade de circulação, à temperatura e pressão a que estão submetidas, e à facilidade de dissolver o CO<sub>2</sub> presente no solo não saturado (Domenico e Schwartz, 1990; Feitosa e Filho, 1997).

Além das causas naturais e da ação antrópica, a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. À qualidade existente de uma determinada água contrapõe-se a qualidade desejável, que é função dos usos previstos pela legislação (Von Sperling, 2005). Dentre esses usos destacam-se o abastecimento doméstico e a utilização agropecuária, em particular, na irrigação.

As características que delimitam o tipo de água destinada ao abastecimento doméstico, ou seja, os padrões de potabilidade compreendem critérios essenciais e complementares. Os critérios essenciais relacionam-se, principalmente, à proteção contra a poluição por substâncias tóxicas ou venenosas e à contaminação por micro-organismos patogênicos. Os complementares visam ao aperfeiçoamento da qualidade da água, naquilo que se relaciona aos aspectos desejáveis, mas não essenciais à manutenção da saúde pública, tais como aspectos estéticos, propriedades organolépticas e outros (Feitosa e Filho, 1997).

De modo geral, as águas são consideradas potáveis quando podem ser consumidas pelo ser humano sem acarretar riscos à sua saúde. De acordo com Feitosa e Filho (1997), os padrões

de qualidade ambiental das águas visam fundamentalmente à proteção da saúde pública e ao controle de substâncias e organismos potencialmente prejudiciais à saúde humana.

A legislação brasileira de controle ambiental da qualidade da água estabelece a classificação e usos das águas, e limites de aceitação de poluição ou contaminação. Atualmente, os padrões de qualidade e de potabilidade das águas, em território brasileiro, estão determinados, no caso das águas superficiais, respectivamente, pela resolução N° 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 17 de março de 2005 e portaria N.º 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, que ainda estabelece o controle e vigilância da qualidade da água para abastecimento público, e pela Resolução CONAMA N° 396 de 03 de abril de 2008, no caso das águas subterrâneas.

Os padrões da água para irrigação são mais simples que os padrões para abastecimento doméstico, pois consideram um menor número de parâmetros. De modo geral, na classificação das águas para fins agrícolas são considerados os parâmetros: sais dissolvidos; condutividade elétrica; concentração total de cátions; e, as concentrações dos íons borato, cloreto, potássio, sódio e sulfato (Feitosa e Filho, 1997).

No universo do agronegócio, a mídia tem destacado o grande avanço tecnológico, que permite obter recordes de produção, a cada nova safra. No entanto não tem destacado, com a mesma ênfase, os problemas ambientais oriundos do uso excessivo de agroquímicos, de práticas agrícolas impróprias e de agressões ao ambiente, que comprometem a qualidade dos solos, das águas superficiais e subterrâneas, e do ar atmosférico.

A pesquisa tecnológica e científica que dá suporte às atividades agropecuárias, em particular às de grande escala, tem propiciado alternativas para reduzir os impactos ambientais deletérios, especialmente no que tange ao uso excessivo e inadequado de agroquímicos, inclusive com relação ao manuseio e descarte de agrotóxicos e de suas embalagens.

De acordo com Nebel e Wright, (1998), o crescimento intensivo da população mundial acarretou a necessidade de aumentar a produção de alimentos, em vista do qual, foi desenvolvido nos países avançados, o processo tecnológico de produção agrícola denominado Revolução da Agricultura que, foi estendido a países em desenvolvimento com o nome de Revolução Verde.

No Brasil, um de seus reflexos foi a expansão desordenada da fronteira agrícola, na direção oeste-noroeste. Com efeito, grandes áreas de cerrado e de florestas foram ocupadas com a implantação de pastagens e culturas de exportação. A produção em grande escala, acompanhada de seguidos aumentos da produtividade, tem ocorrido graças ao uso intensivo de fertilizantes, corretivos, herbicidas e pesticidas, cujas quantidades aplicadas crescem ano a ano, levando o país ao topo da lista dos maiores consumidores mundiais de agroquímicos. Ora, o uso excessivo e descontrolado de agroquímicos na lavoura e na pecuária é um importante fator de contaminação ambiental, em particular dos solos e das águas superficiais e subterrâneas.

A sobrevivência humana e de muitas espécies está, intimamente, associada à qualidade e disponibilidade de água, de solo e de ar atmosférico. Assim, nos últimos anos, governantes, pesquisadores, ambientalistas e membros da sociedade organizada têm mostrado crescente preocupação com a preservação dos recursos naturais, entre eles a água, o solo e o ar atmosférico.

Entretanto, no Brasil, “são ainda escassos os trabalhos que avaliam a presença de fertilizantes e agrotóxicos em áreas de agricultura e, em especial, nas áreas de recarga, onde os aquíferos tendem a ser mais vulneráveis. Por isso, a dimensão do problema ainda não é conhecida” (ANA, 2007).

A sociedade organizada não desconhece que água de boa qualidade é um recurso natural finito e que extensas áreas, outrora agricultáveis, estão em processo de erosão intensa e mesmo de desertificação.

A preservação dos recursos hídricos e dos solos é um tema na ordem do dia, tanto na mídia nacional, quanto na internacional. Já se admite que a escassez de água, num futuro não muito distante, poderá acarretar conflitos de proporções significativas.

Tratar os mananciais que são utilizados para suprir as necessidades e atividades tanto antrópicas como naturais, de forma sustentável, deve ser uma ação rotineira vista como uma prática saudável e bem-vinda.

É certo que boa parte da poluição dos corpos d’água deve-se, ao despejo de esgotos urbanos e industriais, e outra parte, é atribuída, a práticas agropecuárias inadequadas. Dentre essas podem ser destacadas: o uso excessivo e inadequado de agroquímicos; a remoção da cobertura

vegetal dos solos; a destruição das matas ciliares e das vegetações protetoras de nascentes; o descaso com a conservação dos solos; as grandes obras de irrigação, como desvios, drenos e represamentos de água; e, a disposição inadequada de resíduos e dejetos da pecuária intensiva.

Desde tempos remotos, as populações humanas têm sofrido frustrações com as perdas de alimentos devido às pragas que acometem as lavouras e os produtos armazenados. Apesar desses reveses, a humanidade progrediu e parte deste progresso é atribuída ao controle dessas pragas, o que proporcionou maior disponibilidade de alimentos. Porém, esse controle se deve ao uso de um arsenal de herbicidas, pesticidas e repelentes. O uso dessas substâncias, muitas vezes de forma indiscriminada e abusiva tornou-se trivial. No entanto, ao seu uso estão associados riscos consideráveis ao ambiente e à saúde humana (Nebel e Wright, 1998).

Até meados dos anos 1990 entre os agrotóxicos de uso mais comum estavam as triazinas, compreendendo diversos derivados da substância base, s-triazina. São herbicidas usados na pré e pós-emergência de lavouras, para controle de ervas daninhas. Estimava-se, que cerca de 30% dos herbicidas agrícolas, comercializados naquela época, em escala global eram triazinas. O uso dessas substâncias remonta a 1952, quando foram sintetizadas e os seus primeiros derivados obtidos. A partir daí, o espectro de triazinas comerciais ampliou-se enormemente (Pacáková et al., 1996).

Em 1970 foram publicadas as primeiras discussões sobre suas propriedades e de seus resíduos, focalizando sua eficiência como herbicida e os aspectos econômicos de seu uso na agricultura; desde então as discussões ampliaram-se. Já há conhecimento dos perigos ecológicos e para a saúde, relacionados ao seu uso. Isto está refletido, no banimento de algumas triazinas de certos países. Na Alemanha, desde 1991 foi proibido o uso de terbutilazina, em áreas de proteção de mananciais, e as concentrações permitidas, em águas potáveis, são da ordem de 0,1µg/l (Pacáková et al., 1996).

De acordo com suas características físico-químicas, tanto os agroquímicos como seus metabólitos, podem ser adsorvidos no material particulado em suspensão presente na água, ou depositar nos sedimentos de fundo, ou ser absorvidos por organismos e entrar na cadeia alimentar. Esses contaminantes podem, ainda, ser transportados para longe das áreas de aplicação, pelas águas superficiais e subterrâneas, ou mesmo pelos organismos aquáticos e por deriva atmosférica. Também, podem retornar à atmosfera por volatilização. Existe uma interação contínua entre os agroquímicos, seus metabólitos e o meio em que se encontram, influenciada por agentes ambientais, tais como a biota, a temperatura, os ventos, os solos, as



chuvas e outros. Desta interação pode resultar um maior tempo de exposição da biota, ou mesmo dos seres humanos, às substâncias e seus metabólitos potencialmente perigosos (Nebel e Wright, 1998).

Os solos também têm sido contaminados com a disposição inadequada das mais diversas substâncias químicas, tais como metais pesados, substâncias químicas sintéticas de toda sorte, resíduos industriais diversos, lixo urbano, e muitos outros materiais, com potencial de contaminação. As fontes dessas substâncias são as mais diversas possíveis, desde a residência urbana, passando pela indústria, inclusive a de mineração, até a propriedade agrícola seja de pequena ou de grande produção, no mais distante rincão. Além da disposição inadequada, muitas vezes essa disposição é clandestina, ou mesmo criminosa, devido à natureza do material disposto no ambiente. Isso certamente cria sérias dificuldades para os órgãos ligados à fiscalização e preservação ambiental, tanto na identificação como na delimitação dos problemas causados.

O uso adequado do solo deve ser encarado sob uma ótica ambiental ampla. Devem ser estabelecidos limites para as atividades antrópicas, que possam interferir na capacidade do solo de funcionar como um meio de assimilação ambiental. A preocupação com a possível escassez de água tem despertado a atenção sobre o papel do solo para sua captação e purificação. Certamente, o cuidado com o solo é uma etapa importante no cuidado com a água (Raij, 2003).

A área de interesse do estudo aqui apresentado encontra-se no domínio hidrogeológico do sistema aquífero Bambuí. Ora, é fato que no caso de rochas carbonáticas, em geral, os sistemas aquíferos são desenvolvidos em fraturas, fissuras e cavidades nessas rochas, que podem se estender regionalmente, intercomunicando-se em subsuperfície, em diferentes locais. Os aquíferos cársticos, em geral, comunicam-se com a superfície.

Assim, atividades antrópicas podem influenciar a qualidade da água no aquífero, ou nos sistemas aquíferos, em grande extensão. Principalmente, as águas residuárias originadas de esgotos ou de atividades industriais, que podem conter uma diversidade de contaminantes carregados às quais se somam enxurradas e inundações, incluindo contaminantes originados de atividades agropecuárias e industriais (Pessoa, 2005).

A região de Lagoa Santa, em Minas Gerais, com um contexto hidrogeológico semelhante ao da área do estudo, segundo Pessoa (2005), é abastecida por águas subterrâneas captadas dos

mananciais aquíferos cársticos, por dezenas de poços tubulares. Esses aquíferos podem oferecer vazões elevadas de água, da ordem de  $10^5$  L/hora ou maiores, o que reflete sua condição de excelente meio condutor e mantenedor de água subterrânea.

De acordo com o cadastro de poços tubulares do Serviço Autônomo de Água e Esgoto–SAAE de Sete Lagoas, uma autarquia municipal, poços tubulares instalados no aquífero cárstico Bambuí, chegam a produzir vazões maiores que  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  (Prefeitura Municipal de Sete Lagoas, 2007).

Também, a captação de águas cársticas, por meio de poços tubulares, estende-se aos demais municípios na região, incluindo Sete Lagoas e Prudente de Moraes, portanto águas sujeitas a algum tipo de contaminação. Possibilidade que deve ser considerada, com significância, na área de influência da fazenda experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, pois está situada entre as duas cidades e já sob pressão urbana, notadamente na vizinhança com a primeira.

Neste centro de pesquisas são conduzidos cultivos experimentais, que requerem irrigação e o uso intensivo de adubos, de diversas formulações em nitrogênio, fósforo e potássio, chamados genericamente, NPK, e também de herbicidas em particular de atrazina (Comunicação Oral). Esse herbicida é classificado, como “medianamente tóxico”, de acordo com o Sistema de Informações de Agrotóxicos – SIA, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, disponível para acesso em < <http://portal.anvisa.gov.br>>.

Por um lado, os adubos de formulação NPK, em geral contêm nitrogênio, como nitrato de sódio, ou de potássio ou de amônio. Qualitativamente, sob o ponto de vista químico, os nitratos têm solubilidade elevada em água. O íon nitrato é muito móvel e não é adsorvido significativamente por partículas minerais e pela matéria orgânica do solo (McBride, 1994). Portanto, as frações de nitrato não metabolizadas por bactérias presentes no solo e, as não assimiladas pelo sistema radicular das plantas, podem migrar para horizontes mais profundos e alcançar as águas subterrâneas e os ambientes as cársticos.

Por outro lado, Ueta e colaboradores, (2001), afirmaram que a maior parte do total aplicado de herbicidas tem potencial para migrar dentre os diversos compartimentos ambientais. Contudo, segundo Crosby (1998), essa migração depende do tipo de metabólito formado na degradação ambiental da substância. Ora, pode-se pressupor que uma parte da atrazina utilizada em experimentos conduzidos no CNPMS pode migrar para os solos, e, daí, para as águas subsuperficiais e subterrâneas.

De acordo com Crosby (1998), os íons nitrato constituem uma das principais fontes de radicais hidroxila,  $\text{H}\dot{\text{O}}$ , atualmente um oxidante muito comum nas águas naturais. Esses radicais são gerados fotoquimicamente, por uma variedade de rotas naturais, que incluem a reação de Fenton e a fotólise dos íons nitrito e nitrato, conforme representado pelas Equações 1 e 2.



Apesar das concentrações de equilíbrio muito pequenas, dos radicais hidroxilas, nas águas naturais, sob ação da luz solar, a sua contínua geração e alta reatividade os tornam dominantes em muitos processos oxidativos aquáticos. Esses radicais podem ser prevalentes nas áreas agrícolas e, portanto, um fator importante na degradação de pesticidas. A ação ambiental dos resíduos de agrotóxicos em ambientes aquáticos, gerados no processo de oxidação, ainda não é bem conhecida (Crosby, 1998).

O grau de vulnerabilidade do aquífero é função do tipo da associação entre as propriedades físicas do sistema aquífero, tais como: permeabilidade das rochas; grau de fraturamento; desenvolvimento dos espaços de dissolução; direção e tipo de fluxo subterrâneo; desenvolvimento da superfície topográfica; e, espessura e porosidade do material de cobertura (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, 1994). Possivelmente, nesta função, devem ser consideradas as taxas de recarga e de exploração do aquífero. Assim, a migração de contaminantes, através do solo e do sistema aquífero poderá ocorrer, com maior ou menor intensidade.

Na região em que está inserida a área do estudo, os planaltos cársticos e os afloramentos calcários constituem importantes áreas de recarga do carste, com circulação rápida de águas de infiltração e, conseqüentemente, grande potencial de contaminação (CPRM, 1994; Pessoa, 2005).

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Hipótese**

A pesquisa realizada sustenta-se na hipótese de que a aplicação dos agroquímicos, isto é, adubos nitrogenados e do herbicida atrazina, nas culturas de milho, sorgo e soja, pode acarretar a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, por nitrato e pela própria atrazina, ou por seus metabólitos.

### **3.2 Objetivo Geral**

Caracterizar o ambiente hidrogeoquímico, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa, e no seu entorno, com um foco particular sobre o íon nitrato, originado de fertilizantes nitrogenados e o herbicida atrazina, de uso disseminado nos cultivos experimentais locais e, em geral, na agricultura de grande escala.

### **3.3 Objetivos Específicos**

- caracterizar a hidroquímica das águas superficiais e subterrâneas, a partir da coleção de resultados de análises físico-químicas das amostras de águas coletadas na área do CNPMS e no seu entorno;
- estabelecer a hidrogeoquímica das águas superficiais e subterrâneas, a partir de resultados de análises físico-químicas, de amostras de água coletadas na área do CNPMS e no seu entorno;
- desenvolver um modelo conceitual hidrogeoquímico sobre o sistema hidrogeológico local;
- caracterizar o comportamento do nitrato e da atrazina, no sistema aquífero local;
- caracterizar a qualidade das águas dos corpos d'água lóticos, na área do estudo e no seu entorno;
- caracterizar a qualidade das águas subterrâneas locais, associada à implantação e manutenção das culturas de milho, sorgo e soja e ao uso sistemático de adubos nitrogenados e atrazina.

## **4 METODOLOGIA**

As atividades realizadas no curso do presente estudo compreenderam um desenvolvimento metodológico de acordo com as seguintes etapas: 1) pesquisa e revisão bibliográfica; 2) planejamento e preparação dos trabalhos de campo; 3) atividades de campo; 4) trabalhos de laboratório; e, 5) trabalhos de escritório. Essas etapas encontram-se detalhadas a seguir.

### ***4.1 Pesquisa e Revisão Bibliográfica***

#### **4.1.1 Inventário e Obtenção de Informações de Base**

O desenvolvimento desta etapa teve início em fevereiro de 2007 com foco inicial na obtenção de uma bibliografia básica, inclusive sobre a área do estudo, com documentos disponíveis, tanto em meio físico, como digital, em instituições e órgãos públicos, para se obter o conhecimento necessário à condução e realização de atividades de campo, na área. Nesta fase, as fontes colecionadas foram:

- bibliografia sobre a geologia, geomorfologia, hidrogeologia, geoquímica e pedologia, da área;
- mapas (geológico, geomorfológico, hidrogeológico, de solos, e topográficos), aerofotos e ortofotos; e,
- documentos sobre o histórico de uso e ocupação da área do estudo.

#### **4.1.2 Inventário e Obtenção de Informações Técnicas e Científicas**

Este inventário teve como fundamento a obtenção da informação necessária para o desenvolvimento do referencial teórico-conceitual, que constituiu a base das análises, sínteses e modelagens sobre o tema desta pesquisa, privilegiando-se os seguintes aspectos:

- comportamento ambiental da atrazina e de espécies nitrogenados inorgânicas, no solo e na água;
- comportamento de espécies químicas inorgânicas no solo e na água;
- hidrogeoquímica dos ambientes cársticos;
- modelagem hidrogeoquímica e hidrodinâmica, com foco particular nos principais contaminantes detectados.

## **4.2 Planejamento e Preparação dos Trabalhos de Campo**

A partir da documentação descrita no Item anterior foi preparada, no início de 2007, uma síntese inicial das informações básicas sobre a área do estudo, organizando-se, primeiramente, as informações sobre a área e arredores, em forma cartográfica e textual, para que realização do reconhecimento da área e do inventário dos locais de amostragem de água, de solos e dos pontos notáveis. Naquele momento, foi elaborada a primeira síntese sobre a geologia da área do estudo.

### **4.2.1 Reconhecimento da Área**

Foram feitas visitas ao campo para verificação inicial, das informações de natureza hidrogeológica e geológica sobre a área do estudo, porém ainda sem a preocupação com uma descrição e detalhamento mais rigoroso. Nesta fase, ficou estabelecida, como primeira necessidade, a determinação de uma rede de locais de amostragem de água, em que fosse possível executar, tanto o monitoramento hidrogeoquímico e hidrogeológico, como o hidrométrico. As atividades desenvolvidas durante este reconhecimento incluíram:

- descrição e registro fotográfico dos pontos possíveis para amostragem de águas, incluindo nascentes, poços tubulares, cisternas, lagos, lagoas, córregos e ribeirões;
- descrição e registro de pontos de interesse geológico-geomorfológico;
- caracterização e demarcação geográfica da rede de drenagem superficial da área;
- identificação e demarcação geográfica espacial das áreas de cultivos experimentais no CNPMS;
- identificação e demarcação das áreas irrigadas; e,
- determinação dos locais para medições de vazões e instalação de réguas linimétricas.

Os pontos de interesse foram plotados, em uma base cartográfica adaptada do mapa, em escala 1:70000, da região de Sete Lagoas (Instituto de Geociências Aplicadas-IGA, 1983), utilizada para subsidiar os trabalhos de reconhecimento em campo.

### **4.2.2 Estabelecimento da Rede de Monitoramento Hidrogeoquímico Preliminar**

Durante o reconhecimento da área foram inventariados, inicialmente, 52 pontos para possível amostragem e análise mensal de qualidade de água. Desses pontos, seis foram eliminados posteriormente, devido a dificuldades de acesso e doze foram inicialmente selecionados para a instalação de equipamentos de hidrometria.

Durante o cadastramento dos pontos de amostragem foram coletadas amostras de água e medidos, *in situ*, o pH, a condutividade e o potencial de redox da amostra. Para isto foram utilizados:

- um pHmetro digital portátil Digimec modelo DM-2 equipado com eletrodo de vidro, sem reposição de KCl, modelo DME-CV2 e também com um eletrodo de platina, modelo DMR-CG1, para medidas do potencial de redox;
- um condutímetro digital portátil Digimec modelo DM-3, equipado com célula de condutividade modelo DM-010M, de uso geral;
- um balde de plástico inerte, com capacidade de 3 L, para coleta de amostras; dois béqueres de 250 mL de polietileno; um frasco plástico lavador de 250 mL; um frasco estoque de 5 L para água destilada, usada na limpeza dos eletrodos a cada medida efetuada; e, lenços de papel para secagem dos eletrodos, após sua limpeza.

No ponto de amostragem, o balde de coleta era lavado três vezes com a água a ser amostrada para realização das medidas descritas, *in situ*. Esses parâmetros só não foram medidos nas águas fortemente contaminadas por esgotos urbanos.

Para realização dessas medições, a cada saída para o campo, e no primeiro ponto de amostragem, calibravam-se os equipamentos, contra as soluções de referência, conforme indicado pelo manual do fabricante. Quando o equipamento não estava em uso, o eletrodo era mantido protegido com uma capa própria, imerso em solução de KCl 3 mol/L. As medidas de pH, potencial redox e condutividade, *in situ*, foram feitas como descrito a seguir:

- os béqueres de 250 ml eram lavados com água destilada e, em seguida, com três porções da água em questão, que eram descartadas. Em seguida, a amostra era coletada e quantidade necessária, para a medida, transferida para o béquer, de modo a manter imerso cerca da metade do comprimento do eletrodo;
- mergulhava-se o eletrodo na amostra e, assim que o valor indicado no *display* do aparelho se estabilizava, o valor era registrado em caderneta de campo; e,
- em seguida, o eletrodo era lavado com água destilada, enxugado e acondicionado na capa protetora, ficando imerso em solução de KCl, até nova medida.

Nos poços tubulares de produção as amostras foram coletadas com o poço em operação, através de torneira adaptada para essa finalidade. Tanto nos poços, como nas cisternas, foram realizadas medições do nível da água, em repouso, ou seja, do nível estático. Para isto, usou-se uma carretilha apropriada, de fabricação nacional, marca Hidrossuprimentos, com 250 m de fita de material plástico, com fio condutor, escala centimétrica e sinalizador sonoro.

As amostras coletadas foram analisadas nos laboratórios da Divisão de Pesquisa e de Controle da Qualidade da Água e Esgoto – DVQA, da Copasa, conforme metodologia própria, para quantificação dos constituintes e parâmetros descritos nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 – Substâncias químicas mais frequentes<sup>(1)</sup> nas águas subterrâneas

Constituintes principais ou maiores					
Bicarbonato	Carbonato	Magnésio	Potássio	Sulfato	
Cálcio	Cloreto	Nitrato <sup>2</sup>	Sódio		
Constituintes secundários ou menores					
Borato	Compostos fenólicos <sup>2</sup>		Fluoreto <sup>4</sup>	Manganês <sup>3</sup>	
Brometo	Ferro		Fosfato	Sílica	
Constituintes traços					
Alumínio	Bário <sup>4</sup>	Chumbo <sup>4</sup>	Cobre <sup>3</sup>	Mercúrio <sup>4</sup>	Zinco <sup>3</sup>
Arsênio <sup>4</sup>	Cádmio <sup>4</sup>	Cobalto <sup>3</sup>	Cromo <sup>4</sup>	Molibdênio <sup>4</sup>	Selênio <sup>4</sup>

1) Substâncias presentes com maior frequência na água subterrânea, que também podem estar presentes em águas superficiais.

2) Poluentes provenientes de fertilizantes, de fossas e esgotos sanitários, da oxidação de pesticidas, da degradação microbiana de herbicidas e de efluentes industriais.

3) Micronutrientes usados na agricultura, que podem estar presentes na formulação química de adubos.

4) Substâncias tóxicas.

Fonte: Domenico e Schwartz, 1990; Santos, 1997.

Tabela 4.2 – Parâmetros adicionais de caracterização da qualidade da água

Grupos de Parâmetros	Determinações
Físico-Químicos Inorgânicos	pH, Eh (pE), Condutividade elétrica, Cor, Turbidez Sólidos totais dissolvidos (STD) Oxigênio dissolvido (OD) Acidez, Dureza total Alcalinidade total, $\text{HCO}_3^-$ , $\text{CO}_3^{2-}$ e $\text{OH}^-$ Nitrito, N(amoniaco), N(orgânico) Sulfeto
Físico-Químicos Orgânicos	DBO, DQO, Óleos e Graxas
Bacteriológicos	Coliformes fecais, Coliformes totais
Especiais	Atrazina

Fonte: Santos, 1997; Von Sperling, 2005.

Para localização e orientação no campo, foi usado o mapa preliminar de campo, em escala 1:10 000, organizado a partir do mapa Sete Lagoas, produzido pelo IGA, escala original 1:70 000, e um aparelho GPS (*Global Positioning System*), de trilha, marca Garmin, modelo Etrex, para captura das coordenadas dos pontos de interesse.



Em abril de 2008, ficou definido, em reunião com técnicos da COPASA, que o plano de monitoramento de qualidade das águas contemplaria mensalmente a coleta e análise de amostras em 30 pontos, do total inventariado, devido à capacidade de recebimento e estocagem de amostras, nos laboratórios da DVQA. Isto determinou que a coleta de amostras devesse se limitar a 30 pontos localizados, predominantemente, dentro da área do CNPMS. Esses pontos encontram-se descritos, detalhadamente, no Anexo A.

#### 4.2.3 Amostragem das Águas na Área do CNPMS

A amostragem das águas no CNPMS foi iniciada em maio de 2008. Desde então, tem sido realizada mensalmente, nas três primeiras semanas de cada mês e nos dois primeiros dias úteis da semana, conforme o plano de monitoramento apresentado no Anexo A.

Os pontos de amostragem são designados por uma simbologia, de acordo com o seguinte critério: SxDy-n, em que x designa a semana do mês; y designa o dia da semana, 1 ou 2, e n o ponto de amostragem, perfazendo um total de cinco pontos de amostragem por dia, determinados pela proximidade geográfica. Na Tabela 4.3 apresenta-se, de modo sintético, como a rotina de amostragem tem sido cumprida, para o conjunto de 30 pontos de amostragem.

Tabela 4.3 – Síntese da rotina de amostragem de águas no CNPMS

Identificação do ponto de amostragem n = (1, 5)	Rotina de amostragem
S1D1-n	primeiro dia útil da primeira semana do mês
S1D2-n	segundo dia útil da primeira semana do mês
S2D1-n	primeiro dia útil da segunda semana do mês
S2D2-n	segundo dia útil da segunda semana do mês
S3D1-n	primeiro dia útil da terceira semana do mês
S3D2-n	segundo dia útil da terceira semana do mês

Nos casos em que foi necessário mudar o ponto de amostragem, ele foi designado do mesmo modo, mas com  $n > 5$ , indicando que um determinado ponto foi abandonado e substituído por um novo ponto de amostragem.

Para a amostragem em cada ponto, foi empregado um conjunto de 12 frascos, cada um deles etiquetados conforme o parâmetro a ser analisado e, numerado de acordo com o ponto de amostragem e com um código numérico do laboratório. O conjunto de frascos para as coletas de cada semana foi preparado no laboratório da DVQA, na semana que antecede a amostragem, e levado ao CNPMS no primeiro dia de coleta, pelos técnicos responsáveis pelo trabalho de amostragem.

Na Figura 4.1, mostra-se o conjunto de 12 frascos utilizados para amostragem de águas, em cada ponto de monitoramento. Assim, nos dois dias de amostragem, em cada semana, eram utilizados 120 frascos de amostras. O conjunto de frascos era armazenado em caixa de isopor, com gelo, para o transporte ao laboratório, onde era mantido sob refrigeração até o momento da análise.



Figura 4.1 – Conjunto de frascos para amostragem de água no CNPMS

Fotografia do Autor (2008)

As amostras nesses 12 frascos foram destinadas para a determinação dos parâmetros indicados na Tabela 4.4, considerando a seqüência de frascos, da esquerda para a direita, na Figura 4.1.

Para a coleta das amostras de águas superficiais não contaminadas por esgoto sanitário, e também das cisternas foi utilizado um balde de 5 litros de aço inox; um balde de chapa galvanizada, de mesma capacidade, foi utilizado para coleta de amostras de águas contaminadas com esgoto sanitário. Cada balde era amarrado a uma corda de nylon, com cerca de 10m.

Nos poços tubulares, as amostras forma coletadas com o poço em operação, por meio de uma torneira adaptada para essa finalidade.

No ponto de amostragem, o balde de coleta era lavado três vezes com a água a ser amostrada. Em seguida, a água era coletada e transferida para o conjunto de frascos do ponto de amostragem.

O conjunto de frascos era acondicionado em caixa de isopor com gelo, e enviado para o laboratório central da COPASA, após encerrar a amostragem nos cinco pontos do dia.

Tabela 4.4 – Caracterização dos 12 frascos para amostragem de água no CNPMS

Frasco	Material	Amostra	Filtração <sup>(d)</sup>	Parâmetro a ser Analisado	Preservação <sup>(e)</sup>	Validade
1	vidro	simples	-	Coliformes	2 gotas de solução a 1,8% de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24 h
2 <sup>(a)</sup>	vidro	simples	não	Oxigênio dissolvido (OD)	1 mL MnSO <sub>4</sub> e 1mL (KI+KOH e NaN <sub>3</sub> )	8 h
3	vidro âmbar	simples	não	Sulfeto	4 gotas de solução 2N de Zn(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub> /100mL; NaOH (pH>9)	28 dias
4	vidro	simples	não	Demanda química de oxigênio (DQO)	2 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado ( pH <2)	28 dias
5	vidro âmbar	simples	não	Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)	completamente cheio, sem bolhas de ar.	48 h
6	vidro âmbar	simples	não	Herbicida (Atrazina)	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (s) 100mg/L	
7	vidro	simples	não	Óleos e Graxas	2 ml de HCl concentrado, grau analítico (pH <2)	28 dias
8 <sup>(b)</sup>	vidro âmbar	simples	não	Metais (exceto Fe <sup>2+</sup> )	2 ml de HNO <sub>3</sub> concentrado grau analítico (pH <2)	6 meses
9	vidro âmbar	simples	não	Série Nitrogenada	2 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado grau analítico ( pH <2)	48 horas
10	vidro	simples	não	Fenóis	2 ml de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrado grau analítico ( pH <2)	48 horas
11	plástico opaco	simples	não	Cloreto	não tem	28 dias
			não	Sulfato	não tem	28 dias
12 <sup>(c)</sup>	plástico opaco	simples	não	Alcalinidades ( HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> OH <sup>-</sup> )		14 dias
			não	Acidez		14 dias
			não	Condutividade elétrica		28 dias
			sim	Cor		7 dias
			não	Dureza	não tem	7 dias
			não	pH		
			não	Sílica		
			não	Sólidos totais dissolvidos (STD)		
			não	Turbidez		

(a) Determinação em campo.

(b) Determinação de metais totais.

(c) Análises físico-químicas de rotina.

(d) De acordo com as normas de coleta e de análise da DVQA - Copasa.

(e) Os frascos de amostras devem ser refrigerados em caixa térmica com gelo (4°C), imediatamente após a coleta.

Na Figura 4.2 mostra-se o técnico da COPASA transferindo a água coletada em um dos pontos de monitoramento de água na área do estudo, para os frascos apropriados.



Figura 4.2– Amostragem de água na área do estudo

Coordenadas UTM 588927m E / 7854662m N  
Foto do Autor (2008)

#### 4.2.4 Estabelecimento da Rede de Monitoramento Hidrométrico

Os pontos para medições hidrométricas, em águas superficiais, foram estabelecidos, a partir de visitas a área, em épocas diferentes, realizadas com um hidrometrista e um topógrafo da DVHD. Para essa finalidade foram definidos os pontos e serviços, conforme descrito na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Pontos e serviços de hidrometria

Descrição do ponto	Coordenadas UTM (m)		Equipamento	Serviço
	oeste-leste	sul-norte		
Lagoa da Baiana	585809	7846111	Vertedouro e régua	Leitura diária
Canal de irrigação (no início do canal)			Régua linimétrica	Leitura diária
Lagoa Capivara (dolina)	586995	7848649	Régua linimétrica	Leitura diária
Lagoa do estábulo (dolina)			Régua linimétrica	Leitura diária
Córrego Marinheiro (a montante da área)	585057	7845706	Micromolinete	Medição mensal
Córrego Matadouro (ponte no bairro Areias)	588934	7854667	Micromolinete	Medição semestral
Ribeirão Jequitibá (a montante na área)			Micromolinete	Medição mensal
Ribeirão Jequitibá (a jusante da área)	585307	7849640	Micromolinete	Medição mensal

A rede de monitoramento resumida na Tabela 4.5 foi completada no primeiro trimestre de 2010, com a construção de 23 poços de monitoramento, para medições de nível d'água, potenciometria e monitoramento de qualidade da água, distribuídos em locais estratégicos dentro da área do estudo, conforme descrito na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Localização dos poços de monitoramento

Ordem	Poço	Identificação	Coordenadas UTM (m)	
			L	N
1	PC1	Montante1	586015	7848046
2	PC2	Centro Pivô 1	586694	7848060
3	PC3	Centro Pivô 3	586385	7847599
4	PC4	Stress 2	586327	7849069
5	PC5	Capivara1	586628	7848701
6	PC6	Capivara2	587063	7848938
7	PC7	Capivara3 (Piezômetro)	587063	7848938
8	PC8	Stress 3 - Olhos d'Água	586454	7849510
9	PC9	Lagoa do Trevo	586699	7847137
10	PC10	Esgoto Químico1	587636	7849437
11	PC11	Esgoto Químico2	587659	7849432
12	PC12	Stress 1	586243	7848538
13	PC13	Córrego Matadouro	587223	7849794
14	PC14	Portaria	586810	7847588
15	PC15	Cascatinha1	586865	7848200
16	PC16	Cascatinha2	587057	7848228
17	PC17	Estação Meteorológica	586762	7845385
18	PC18	Montante2	586098	7845528
19	PC19	Centro Pivô 2	587155	7845648
20	PC20	Centro Pivô 4	587256	7846033
21	PC21	Norte Pivô 4	587265	7846189
22	PC22	Oeste Pivô 4	587034	7846104
23	PC23	Lagoa Estação	586674	7845777

A descrição detalhada desses poços, incluindo os perfis construtivos e litológicos de cada poço, encontram-se no Anexo D.

A amostragem e análise das amostras de água desses poços foram iniciadas em julho de 2010, com previsão para encerrar em julho de 2011.

#### 4.2.5 Desenvolvimento de um Modelo Hidrogeológico Preliminar

O modelo hidrogeológico da área em estudo foi desenvolvido, em caráter preliminar, na fase inicial do projeto, no trabalho de mestrado de Batista (2009). Este modelo foi objeto de revisão e atualização no trabalho de mestrado de Machado (2011), utilizando-se dos dados e observação de campo, de natureza geológica e hidrogeológica e também de hidrometria, obtidos durante o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

### **4.3 Atividades de Campo**

A partir das informações obtidas durante a etapa de Planejamento e Preparação dos Trabalhos de Campo, foi elaborado o Plano Operacional e a Previsão de Atividades de Campo, apresentados em detalhe no Anexo A. Este constitui uma parte do projeto de pesquisa “Estudo Hidrogeológico Ambiental, no Entorno da Área Experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, em Sete Lagoas – Minas Gerais: Investigação do Comportamento do Nitrato e da Atrazina, no Solo e na Água Subterrânea” (Castro e Loureiro, 2007), estabelecido em convênio firmado entre o DESA–UFMG, o CNPMS–EMBRAPA e a COPASA, em fevereiro de 2008. De acordo com este plano, foram realizadas as seguintes atividades:

- detalhamento geológico-geomorfológico da área do estudo, com auxílio de ortofotos da região e da base geológica já elaborada;
- medições de permeabilidade, com permeâmetro de carga constante, tipo Guelph, com objetivo de determinar a condutividade hidráulica do solo saturado, em locais escolhidos e georreferenciados, representativos da variabilidade pedológica da área, incluindo os campos experimentais, conforme mostrado no Anexo A;
- execução de sondagens a trado manual ou mecânico, em diferentes locais na área do estudo, para descrição macroscópica do perfil do solo ou do regolito e localização do nível freático, quando possível;
- acompanhamento da perfuração e instalação da rede de poços medidores de nível d’água e piezômetros destinados ao monitoramento do nível d’água e amostragem de água subterrânea;
- amostragem do material geológico nos furos a trado e nos poços de monitoramento, para caracterização física e mineralógica posterior;
- acompanhamento e supervisionamento do levantamento Planialtimétrico dos pontos de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas e de outros pontos de interesse;
- realização de testes de bombeamento dos poços de produção instalados na área do CNPMS;
- medição do nível d’água nos furos de sondagem a trado e nos poços de monitoramento;
- amostragem das águas subterrâneas para registro fotográfico, medida de pH, condutividade elétrica e temperatura; e,

- acompanhamento, mensal, dos trabalhos de coleta de amostras realizado pelos técnicos da COPASA.

#### **4.3.1 Condução do Programa de Monitoramento**

Uma vez completada a rede de monitoramento, com a inclusão dos poços de monitoramento e dos piezômetros, as variáveis hidrogeológicas e hidrogeoquímicas ambientais, quais sejam, o nível da água nos corpos d'água superficiais, lóticos e lênticos, o nível da água nos aquíferos, a vazão dos cursos d'água locais e a qualidade das águas, foram monitoradas sistematicamente, conforme o programa de monitoramento estabelecido no Anexo A. Para cumprir este programa foi adotada a seguinte estratégia:

- medidas semanais do nível das águas superficiais e subterrâneas;
- medidas semanais do nível e da vazão nos vertedores estabelecidos;
- medida mensal da vazão, nos pontos estabelecidos nos cursos d'água locais;
- medida semestral da vazão, nos pontos estabelecidos, nos cursos d'água locais fortemente contaminados com esgotos urbanos;
- medidas mensais do pH, da condutividade elétrica e do Eh de amostras, em campo; e,
- coletas e análises mensais, para quantificação de qualidade ambiental das águas, de acordo com as Tabelas 4.1 e 4.2.

A amostragem das águas locais e a realização das análises físico-química e bacteriológicas têm sido realizadas, desde maio de 2008. As medições de vazão, em alguns dos pontos estabelecidos, foram iniciadas em setembro do mesmo ano.

Os trinta pontos de coleta de água selecionados para o primeiro plano de monitoramento, escolhidos preferencialmente na área do CNPMS, foram distribuídos em seis conjuntos de cinco pontos de coleta, considerando sua proximidade geográfica, as características fisiográficas da área de localização e do seu uso, conforme descrito no Anexo A.

Os vinte e três poços de monitoramentos, construídos em 2010, foram implantados preferencialmente nos campos experimentais, conforme descrito no Anexo A, substituindo o mesmo número de pontos de amostragem do primeiro programa de monitoramento.

No Anexo E estão apresentados os mapas de localização dos pontos de amostragem do primeiro e do segundo plano de monitoramento de águas na área do estudo.

#### **4.4 Atividades de Escritório**

Essas atividades compreenderam todo o trabalho de preparação, avaliação e análise das atividades de campo e do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas.

##### **4.4.1 Atividades Preliminares**

As atividades iniciais de preparação do projeto incluíram:

- elaboração do plano de cadastramento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- elaboração de um plano de monitoramento ambiental local;
- elaboração do plano de amostragem de águas e solos;
- elaboração da metodologia para o detalhamento geológico da área;
- elaboração da metodologia para a quantificação das vazões de corpos d'água superficiais e de poços tubulares, existentes na área e arredores;
- elaboração da metodologia para a quantificação das cargas hidráulicas de corpos d'água superficiais e subterrâneos existentes na área e arredores; e,
- elaboração de um banco de resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas, de laboratório e de campo.

##### **4.4.2 Modelagem do Sistema Hidrogeológico**

As atividades relativas à modelagem do sistema hidrogeológico local compreenderam:

- estabelecimento de um modelo hidrogeológico conceitual da área;
- caracterização hidroquímica das águas locais;
- estabelecimento de um modelo hidrogeoquímico preliminar para o sistema aquífero, com auxílio do aplicativo computacional *PHREEQC2* (Parkhurst e Appelo, 1999);
- avaliação de qualidade das águas locais; e,
- avaliação da presença de nitrato e da atrazina nas águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo.

##### **4.4.3 Atividades de Análise**

- elaboração do modelo hidrogeológico ambiental;



- definição do domínio espacial da bacia hidrográfica, de influência direta sobre o ambiente.
- hidrogeológico;
- avaliação dos resultados laboratoriais do monitoramento de águas superficiais e subterrâneas;
- caracterização hidroquímica, a partir dos resultados das análises físico-químicas das águas locais, utilizando-se do aplicativo computacional AquaChem®;
- caracterização hidrogeoquímica, a partir dos resultados das análises físico-químicas das águas locais, utilizando-se do aplicativo computacional PHREEQC2 (Parkhurst e Appelo, 1999); e,
- avaliação da contaminação das águas locais por nitrato e atrazina.

## 5 REVISÃO DA LITERATURA

No decorrer dos anos 1990 e 2000, a agropecuária brasileira despontou como um segmento de dinâmico na economia brasileira. Além das condições climáticas e de preços favoráveis para as principais *commodities* agropecuárias, os recordes de produção e de produtividade na agricultura, as exportações crescentes, principalmente de grãos e de carnes, contribuíram para a participação intensiva deste segmento econômico nos resultados do produto interno bruto e da balança comercial do país, mostrando a força das atividades ligadas ao meio rural. Entretanto, a constatação desse dinamismo econômico contrasta com a permanência e agravamento de muitos problemas no campo. Questionam-se os impactos socioambientais que acompanham o progresso da agropecuária em escala empresarial, **em particular, seus impactos sobre os recursos naturais, devido ao uso intensivo de agroquímicos (grifo nosso)**, sua capacidade de gerar empregos e sua participação nas questões agrárias (Serpa, 2004).

### 5.1 População e Recursos Naturais

Até o início do século XIX o crescimento da população mundial ocorria lentamente, alcançando em 1830 a cifra de 1 bilhão de pessoas. Cem anos depois, ou seja, em 1930, a população mundial chegou aos 2 bilhões de pessoas. Em 1960 a população mundial alcançou a cifra de 3 bilhões de pessoas, 4 bilhões em 1975 e ultrapassando 5 bilhões de pessoas em 1987 (Nebel e Wright, 1998).

A partir desses dados, verifica-se que a população mundial cresceu muito de 1960 a 1987, a saber, cerca de 70% em menos de 40 anos.

De acordo com os dados divulgados pela Divisão de População das Nações Unidas, (2007), a população mundial seria de 6,7 bilhões de pessoas em julho de 2007.

No diagrama mostrado na Figura 5.1 está representado o crescimento da população mundial a partir de 1950 e projetado até o ano 2050, conforme dados da Divisão de População das Nações Unidas, e cuja estimativa apontou uma população de 6,9 bilhões de pessoas em 2010 (United Nations, 2007).

Apesar do elevado crescimento populacional ocorrido, nas quatro últimas décadas do século XX, o crescimento populacional deverá ocorrer em um ritmo menor, nas próximas quatro décadas, de acordo com as estimativas apresentadas no diagrama da Figura 5.1.

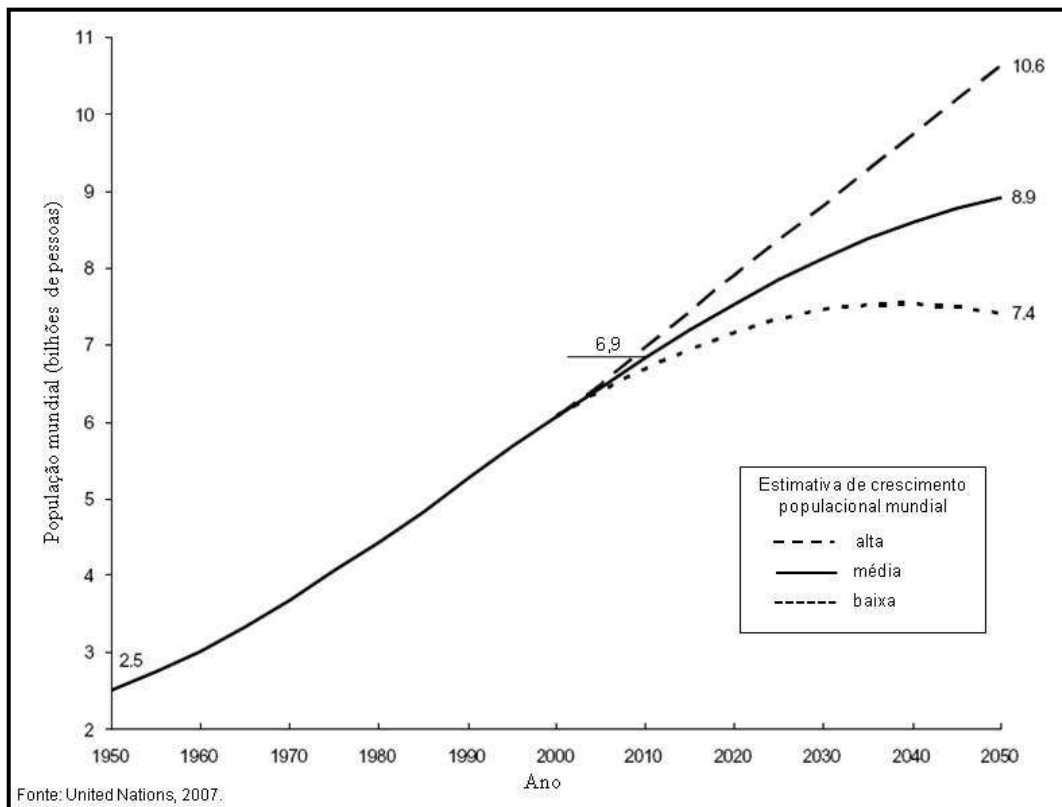


Figura 5.1– Estimativa de crescimento da população mundial de 1950 a 2050

Fonte: United Nations, 2007.

Observa-se ainda, no diagrama mostrado na Figura 5.1, que o crescimento populacional, a partir da primeira metade do século XIX, ocorreu a taxas bem elevadas, maiores que 10% a cada decênio. A partir do ano 2010, as estimativas apontam para taxas de crescimento, ainda elevadas, mas crescendo em ritmo menor.

Por um lado, abstraindo as altas taxas de natalidade verificada em certos países, em parte, atribuídas à melhoria das condições sanitárias e de saúde, à redução da taxa de mortalidade e a melhoria da alimentação de muitas populações. Por outro lado, admite-se que esse crescimento populacional poderá por em cheque a própria sobrevivência da espécie humana, devido à crescente pressão sobre os recursos naturais renováveis e não renováveis originada pelo próprio modelo de desenvolvimento imposto pelos países ricos e ainda almejado pelos demais (Martine, 1996).

Apesar do crescimento populacional não ser a única e nem a mais importante variável na equação ambiental, é fato que o crescimento descontrolado da população dificulta a produção de alimentos, limita o acesso à água, comprime a terra disponível para produzir, ou para morar e, contribui para o esgotamento dos recursos naturais (Martine, 1996).

De acordo com Nebel e Wright, (1998), as demandas das populações dos diferentes países são diferentes, de forma que um americano adulto de classe média causa uma demanda sobre os recursos naturais, 20 vezes maior que um adulto de um país pobre, devido às diferenças nos hábitos de consumo.

Considerando a variável população mundial, já ao fim da primeira metade do século XX, estava posta a questão da produção de alimentos para, se não saciar, pelo menos atenuar a fome das populações crescentes, nos países em desenvolvimento e naqueles chamados do quarto mundo, onde se observava as maiores taxas de crescimento populacional.

Em 1944, um grupo de especialistas em agricultura, dos Estados Unidos, foi enviado ao México pela Fundação Rockefeller para implantar e testar tecnologias agrícolas americanas, naquele país, pois havia ali um sério problema de produção de alimentos. O sucesso desta experiência possibilitou, após a Segunda Guerra Mundial, ao grupo de especialistas e outros cientistas agrícolas dos Estados Unidos, propor o que ficou conhecido como “Revolução Verde”, ou seja, um pacote tecnológico para produção agrícola, que além de incluir as sementes híbridas ou melhoradas, para alta produtividade de grãos, estabelecia a tecnificação da agricultura. Em síntese, essa revolução agrícola baseou-se nos seguintes aspectos (Nebel e Wright, 1998):

- substituição do trabalho animal pelo trabalho maquinário, movido a combustível fóssil;
- expansão da fronteira agrícola, pela incorporação de novas áreas;
- aumento do uso de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos;
- substituição de espécies tradicionais, por novas mais produtivas; e,
- irrigação das áreas de cultivo.

Entretanto, a questão da alimentação de boa parte da população mundial, notadamente nos países periféricos, é uma questão ainda não resolvida.

Virtualmente, todos os países industrializados experimentaram esta revolução na agricultura, e a incorporação desses progressos, na prática agrícola, levou a um significativo aumento na produção de alimentos. Entretanto, este desenvolvimento agrícola acarretou um custo ambiental, devido à degradação e perdas de solos por erosão, degradação de recursos hídricos por assoreamento e contaminação por agrotóxicos, redução da biodiversidade, colocando em risco a sustentabilidade ambiental (Nebel e Wright, 1998).

## 5.2 A Produção de Alimentos e a Agricultura nos Solos de Cerrados

Em escala mundial, as fontes de carboidratos e proteínas para a alimentação humana, são provenientes praticamente dos mesmos alimentos, sejam de origem vegetal ou animal. Estas compreendem grãos, raízes, tubérculos, oleaginosas, frutas, carne suína, bovina, aves, ovos e peixes. Os grãos mais importantes produzidos em vários países, desde tempos remotos, incluem o arroz, o trigo, o milho, o centeio, o sorgo, a cevada, o milheto e o triticale. O cultivo desses grãos ocupa uma grande área de terras agrícolas, respondendo por 66% da oferta mundial de alimentos. Dentre as raízes e tubérculos, o alimento mais importante é a mandioca, com área colhida de mais de 18 milhões de hectares. Dentre as oleaginosas, as mais importantes são a soja, o dendê, o girassol, o algodão e o coco (Scolari, 2007).

No diagrama na Figura 5.2 apresenta-se uma síntese do crescimento da área cultivada, da produção, da produtividade e populacional no período de 1965 a 2005, em escala mundial, de acordo com os dados apresentados por Scolari, (2007).

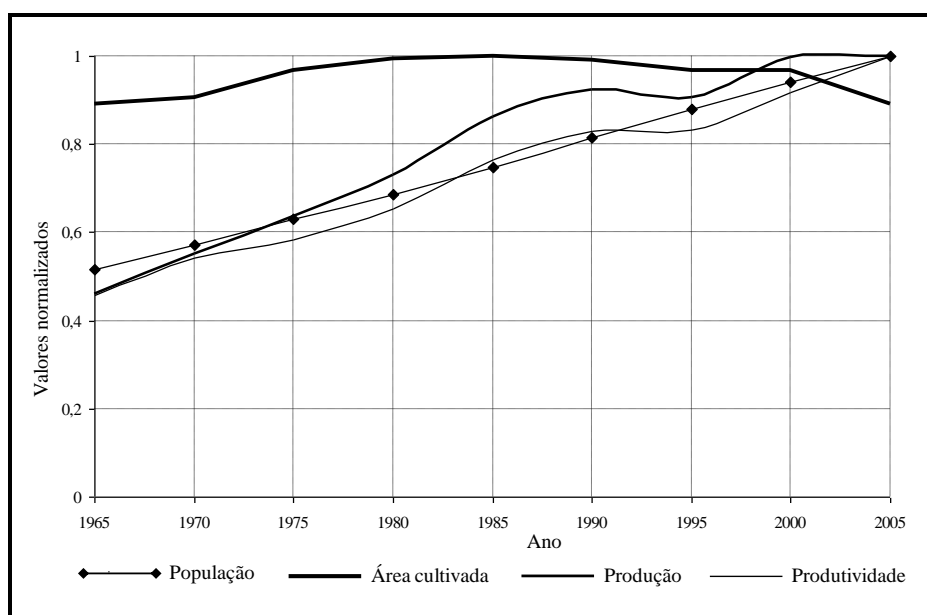


Figura 5.2– População, área cultivada, produção e produtividade

Fonte: Scolari, 2007.

As grandezas, para cada um dos itens apresentados, no diagrama na Figura 5.2 foram normalizadas em relação ao maior valor de cada uma dessas grandezas.

Conforme apresentado, no diagrama na Figura 5.2, a área cultivada apresentou tendência de redução e o crescimento populacional tendência, se não de estabilização, uma taxa menor de crescimento. Já a produtividade se apresentou ascendente; certamente esta tendência já era

fruto da incorporação de tecnologias da chamada Revolução Verde, nos países em desenvolvimento, com vocação agrícola.

No Brasil, o processo de modernização da agricultura começou a tomar forma a partir de 1964 com os governos militares.

Dentre as ações de política de modernização do setor agropecuário mineiro e brasileiro, destacam-se os programas de incorporação das terras baratas do cerrado ao processo produtivo, financiados e comandados pelo poder público durante o período 1960-1980, e a reestruturação do arcabouço institucional responsável pela condução da política agrícola, a saber: crédito rural subsidiado para aquisição de máquinas, equipamentos e fertilizantes agrícolas; preços mínimos de garantia; e, pesquisa e assistência técnica (Júnior, Baptista e Lima, 2004).

Em Minas Gerais, no ano agrícola de 1971-72, iniciou-se a incorporação de terras de cerrado do Triângulo Mineiro, do Alto Paranaíba e do Noroeste. Previa-se também o ajuste de comportamento do agricultor tradicional, pois este deveria estar predisposto a realizar as mudanças necessárias para o uso das novas tecnologias (Paulinelli, 2006).

Assim, foram elaborados e implementados os chamados projetos integrados, que agrupavam vários produtores em um só projeto, para ocupação das terras de cerrado e implantação das novas tecnologias preconizadas pela revolução agrícola ou revolução verde (Silva, 2000; Paulinelli, 2006). Desta forma, foram instituídos os seguintes projetos:

- Projeto Integrado de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba – PADAP, iniciado em 1972;
- Programa de Desenvolvimento dos Cerrados Brasileiros – POLOCENTRO, iniciado em 1975; e,
- Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER, iniciado em 1980.

Essas terras, até então consideradas impróprias para a agricultura, pois inférteis devido à baixa disponibilidade de nutrientes, acidez e concentrações elevadas de alumínio disponível, apresentavam agora dois aspectos importantes: a topografia levemente ondulada ou plana, que favorecia a mecanização; e, a disponibilidade de água, imprescindível para a irrigação.

Em 1974, o General Geisel assumia o governo do Brasil. O País encontrava-se sob o forte impacto do primeiro choque do petróleo, que passara de três dólares por barril para onze dólares por barril. Nesse contexto, foi apresentado o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados Brasileiros – POLOCENTRO, que visava em quatro anos, incorporar ao processo produtivo brasileiro três milhões de hectares (Paulinelli, 2006).

Apesar dos problemas ambientais e sociais advindos da implantação da revolução agrícola no país, Paulinelli (2006) ressalta que aqui o processo foi o inverso dos países industrializados e que o aumento da produção agropecuária foi através da ocupação e recuperação de terras, até então consideradas inférteis. Assim, essas terras foram se transformando nas mais produtivas, férteis e competitivas áreas de cultivo do globo.

Como discutido, a exploração do cerrado com atividades agrícolas intensivas, apoiada nos incentivos governamentais dos programas de desenvolvimento regional, começou efetivamente a partir dos anos 1970.

O baixo preço das terras foi um fator decisivo na ocupação do cerrado, cujas culturas pioneiras foram os reflorestamentos, respaldados pela Lei 5.106 que concedia incentivo fiscal para tal atividade (Moura, 1997).

Já nos anos 1980, e com maior intensidade a partir dos anos 1990 ocorreu a introdução da agricultura intensiva, com as culturas de soja, algodão, café, milho, feijão e ervilha.

Em síntese, o desenvolvimento da agricultura no País, especialmente nos últimos 20 anos, ou seja, de 1990 a 2010, está diretamente relacionado ao aumento da área cultivada, pela incorporação dos cerrados e pelo aumento da produtividade por unidade de área cultivada, à qual está associado, diretamente, o uso de agroquímicos, a saber: de fertilizantes e de agrotóxicos.

### **5.3 A Questão dos Agroquímicos**

Neste trabalho o termo agroquímico será usado com um sentido mais geral, conforme Aurélio (1986), a saber: designação genérica das substâncias e produtos destinados à agropecuária.

Os chamados agroquímicos incluem uma sorte de substâncias usadas nas diversas atividades agropecuárias, dentre eles podem ser destacados dois grandes grupos de materiais: os fertilizantes e os agrotóxicos.

Os fertilizantes, naturais ou sintéticos, cumprem o papel de fornecer os macro e micronutrientes às várias espécies vegetais que se desenvolvem sobre os solos, cultivadas pelo homem. Os agrotóxicos cumprem o papel de combater, ou de pelo menos tentar combater, as pragas e doenças que as atacam.

Os fertilizantes sintéticos são materiais, em geral, inorgânicos formulados de maneira tal que possam prover o solo dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio em quantidades que permitam o desenvolvimento dos vegetais cultivados, com a produtividade desejada. Além disto, podem ser acrescidos de micronutrientes, como boro, cobalto, cobre e zinco, necessários à produtividade de determinadas espécies. Além disto, podem conter impurezas provenientes das matérias-primas minerais ou sintéticas, utilizadas na sua produção.

As substâncias chamadas, de um modo geral, como agrotóxicos ou pesticidas são categorizadas de acordo com as respectivas funções no controle de pragas: inseticidas, fungicidas, raticidas, herbicidas, etc. Admite-se que estas são de grande importância para o homem e sua ecologia, sobretudo no que diz respeito à produção de alimentos e no controle de pragas transmissoras de doenças (Nebel, 1998).

Os pesticidas emergiram, em meados do século XX, como agentes de controle das doenças e pragas causadas por insetos, no homem e nos animais domésticos, bem como para combater doenças transmitidas por insetos aos cereais e a outras lavouras cultivadas e como preventivos de sua devastação por insetos, ervas daninhas e fungos (Nebel, 1998).

Como já apresentado, o desenvolvimento da agricultura no País está diretamente relacionado ao aumento da área cultivada e da produtividade. O uso de fertilizantes e agrotóxicos, na agropecuária brasileira, está associado mais diretamente ao aumento da produtividade.

### **5.3.1 Consumo de Fertilizantes no Brasil**

A expansão da área agricultável, pela ocupação dos cerrados e de parte da Amazônia, associada à incorporação de tecnologias agrícolas modernas acarretou o aumento da produtividade da agropecuária brasileira.

O grande aumento que se verificou na produtividade agrícola brasileira, notadamente a partir de 1990, tem sido creditado ao incremento no consumo de fertilizantes. Em 1990 foram comercializadas 8,2 milhões de toneladas de fertilizantes e 22,5 milhões de toneladas em 2009, o que resultou um aumento de 174% no período. Entre 2002 e 2009 o consumo de



fertilizantes, em média, permaneceu estabilizado em torno de 22 milhões de toneladas, oscilando cerca de 10% para mais ou para menos, nos anos agrícolas deste período (Fillipi, 2006; Ferreira e Gonçalves, 2007; Associação Nacional para Difusão de Adubos-Anda, 2011).

O nitrogênio, o potássio e o fósforo são os três principais macronutrientes exigidos pelas espécies cultivadas. Dados mais específicos indicam que no Brasil, a utilização deste macronutrientes por área cultivada, em 2002, foi de 33,93 kg/ha de nitrogênio, 52,50 kg/ha de fósforo, e 57,19 kg/ha de potássio, totalizando 143,62 kg/ha (IBGE, 2008).

Segundo estimativas do IBGE, o país dispunha, em 2007, de uma área cultivada de  $45,6 \times 10^6$  hectares (IBGE, 2008). Neste mesmo ano, considerando os três macronutrientes, nitrogênio, potássio e fósforo, foram comercializados cerca de 10,6 milhões de toneladas de fertilizantes, de acordo com dados da ANDA, (2011). Assim, pode-se estimar um total de fertilizantes do tipo (NPK), por unidade de área cultivada, de cerca de 232,5 quilogramas, o que resulta em um aumento de cerca de 62% em relação ao ano de 2002.

### **5.3.2 Consumo de Agrotóxicos no Brasil**

Com relação ao consumo de agrotóxicos, o Brasil está entre os maiores consumidores do mundo, ocupando as seguintes posições: o 3º lugar, segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola–SINDAG; e, o 4º lugar, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (Miranda et al., 2007).

Miranda e colaboradores (2007) estimaram que, em um período próximo de trinta anos, o consumo de agrotóxicos no país cresceu do seguinte modo:

- de 1964 a 1991, aumentou 276 %, com um aumento de 76% na área plantada; e,
- de 1991 a 2000, aumentou cerca de 400%, com um aumento de 7,5% na área plantada, movimentando em torno de US \$ 6,5 bilhões/ano, em seu comércio.

Na década de 1970, as vendas desses produtos aumentaram significativamente, o que foi devido a uma política oficial de incentivos, reforçada em 1975 pelo lançamento do Programa Nacional de Defensivos Agrícolas – PNDA. Este programa instituiu a inclusão de uma cota de agrotóxicos para cada financiamento liberado, condicionando o agricultor a comprar os produtos, com recursos do crédito rural. Tal obrigatoriedade, junto com a propaganda dos

fabricantes, induziram um enorme incremento e disseminação da utilização dos agrotóxicos no Brasil (Organização Pan-Americana da Saúde – OPAAS, 1996).

Em 2001, para 50,7 milhões de hectares de área cultivada, o Brasil utilizou 158,7 mil toneladas de agrotóxicos, com uma média de 3,13 kg/ha, ou seja, cerca de 0,313 gramas por metro quadrado (Freitas, 2007).

Os agrotóxicos mais intensamente aplicados são os herbicidas, com mais de 50% do total, usados no controle de ervas daninhas. O amplo uso de herbicidas está associado às práticas de cultivo mínimo e de plantio direto no Brasil, técnicas agrícolas que usam mais intensamente o controle químico de ervas daninhas (IBGE, 2010).

Na Tabela 5.1 são apresentadas as quantidades consumidas de agrotóxicos, em toneladas, e a quantidade dos diferentes ingredientes ativos comercializados, de 2000 a 2005, no Brasil.

Tabela 5.1– Consumo nacional de agrotóxicos e número de ingredientes ativos comercializados

Ano Item	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Consumo nacional	162 486 t	158 804 t	149850 t	169 861 t	211 827 t	208 366 t
Número de ingredientes	270	289	300	286	266	282

Fonte: Freitas, 2007.

Na Tabela 5.2 são apresentados os dados referentes aos principais ingredientes ativos comercializados no país com as suas respectivas quantidades, em toneladas, no período de 2003 a 2005.

Tabela 5.2 – Principais ingredientes ativos nos agrotóxicos comercializados no Brasil

Classificação	2003	2004	2005
1°	Glifosato (57 614t)	Glifosato (77 068t)	Glifosato (70 953t)
2°	2,4-D (DMA) (11 897t)	2,4-D (DMA) (13 043t)	Óleo mineral (14 917t)
3°	Óleo mineral (10 628t)	Óleo mineral (12 045t)	2,4-D (13 754t)
4°	Enxofre (9 882t)	Metamidofós (8 944t)	Metamidofós (10 358t)
5°	Metamidofós (7 779t)	Enxofre (8 944t)	Enxofre (10 358t)

Fonte: Freitas, 2007.

O mercado brasileiro de agrotóxicos representa 16% do mercado mundial, sendo considerado o maior do mundo. Só em 2009, foram comercializados mais de 780 mil toneladas de produtos agrotóxicos no Brasil. O país ocupa a sexta posição mundial entre os países

importadores de agrotóxicos. A entrada desses produtos em território nacional aumentou 236%, entre 2000 e 2007 (Anvisa, 2010).

Na América Latina o mercado brasileiro, consumidor de agrotóxicos, responde por 86% dos produtos comercializado. Em 2008, o mercado de agrotóxicos movimentou R\$ 7 bilhões no país, mais do dobro em relação ao ano de 2003. No ano de 2006, cinco ingredientes ativos foram responsáveis por 66,2% do total de ingredientes ativos consumidos. Dentre esses se destaca um herbicida, o glifosato, com 41,2% do total de ingredientes ativos consumidos no país (IBGE, 2010).

Segundo IBAMA (2009), os herbicidas glifosato, 2,4-D, atrazina e clomazona, representaram mais de 80% do volume total dos herbicidas comercializados, no Brasil em 2009. Considerando apenas a atrazina, os maiores volumes comercializados foram verificados nos estados de Mato Grosso, Paraná e São Paulo, com o estado de Minas Gerais ocupando a sexta posição na comercialização deste herbicida.

No diagrama da Figura 5.3 estão apresentados os dez princípios ativos herbicidas mais comercializados em 2009, no Brasil.

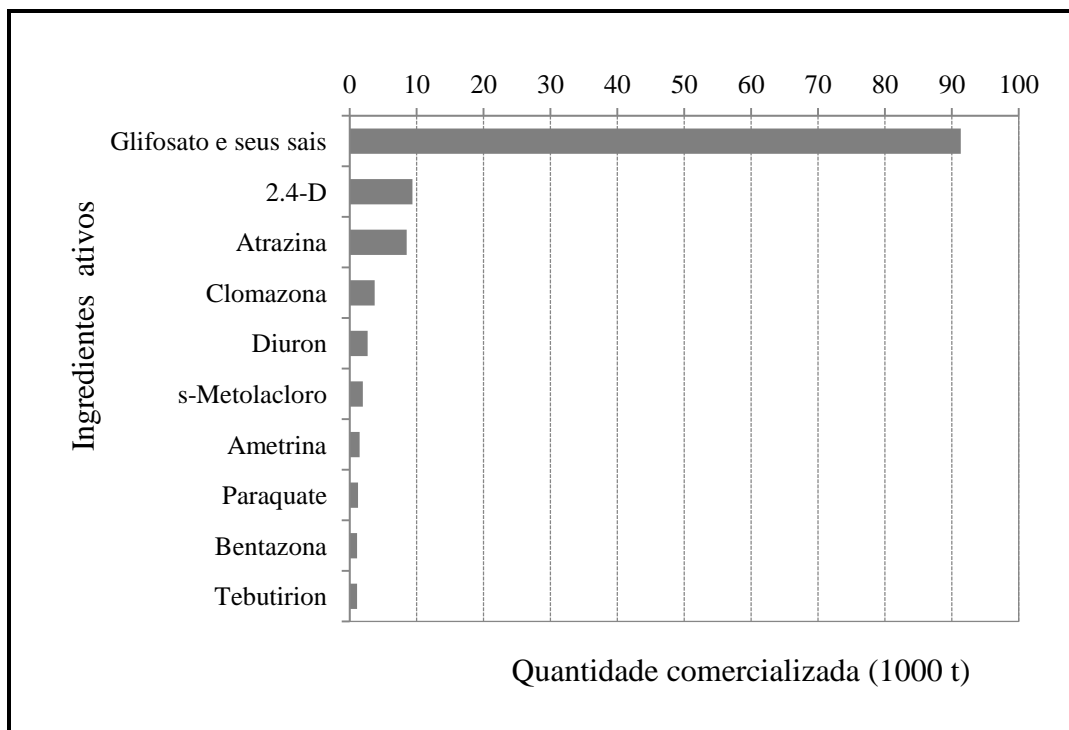


Figura 5.3– Princípios ativos herbicidas mais comercializados em 2009

Fonte: IBAMA, 2009.

Como descrito, o uso de agrotóxicos constitui um parte das tecnologias do modelo de exploração agrícola de grande escala, e está associado aos elevados índices de produtividade agrícola brasileira. Entretanto o impacto ambiental e social de sua utilização tem demandado constante preocupação por parte da sociedade organizada.

De acordo com Azevedo e Chasin, (2004), citados em Rebelo e colaboradores (2010), o artigo 41 do Decreto Nº 4.074 de 2002 estabelece que as empresas que possuem registros de produtos agrotóxicos, no Brasil, devem apresentar semestralmente, relatórios de comercialização desses produtos aos órgãos oficiais de registro, para fins de acompanhamento e fiscalização das quantidades de agrotóxicos comercializadas, importadas e exportadas e utilização desses produtos no setor produtivo (Rebelo et al., 2010).

Os agrotóxicos por serem substâncias potencialmente perigosas, tanto sob o ponto de vista ambiental e ecológico, como para a saúde humana, estão sob a regulamentação legal.

A legislação brasileira sobre os agrotóxicos, Lei nº7802, de 1989 e Decretos nº 98816, 1990 e nº 4074, de 2002, segundo Spadotto (2006) é evoluida, exigente e restritiva que além da comprovação da eficiência agrônômica dos agrotóxicos, cuida das garantias de minimização tanto da periculosidade à saúde humana, como das ameaças ao meio ambiente.

A classificação toxicológica dos agrotóxicos e produtos afins, estabelecida originalmente pelo Decreto nº 98816/1990, quanto à toxicidade da substância ativa para a saúde humana, foi estabelecida em quatro classes, a saber: classe I – extremamente tóxico; classe II – altamente tóxico; classe III – medianamente tóxico; e, classe IV – pouco tóxico (Brasil, 1990).

A obrigatoriedade da classificação do potencial de periculosidade ambiental dos agrotóxicos, seus componentes e afins foi determinada pelo Decreto nº 4074/2002. Essas substâncias são classificadas em quatro classes, a saber: classe I – produto altamente perigoso classe II – produto muito perigoso; classe III – produto perigoso; e, classe IV – produto pouco perigoso (Brasil, 2002; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2010).

Na Tabela 5.3 estão listados os principais herbicidas e pesticidas registrados na ANVISA, que podem ser usados nas culturas anuais praticadas intensivamente em solos de cerrados, com suas respectivas toxicidades. Essas culturas são as seguintes: algodão (1); café (2); cana (3); feijão (4); milho (5); pastagens implantadas (6); soja (7); e, sorgo (8).

Tabela 5.3 – Herbicidas e pesticidas registrados na ANVISA, para as culturas indicadas

Herbicidas	Culturas <sup>(a)</sup>	Classe de Toxicidade	Pesticidas	Espectro	Cultura <sup>(a)</sup>	Classe de toxicidade
Organoclorados			Inorgânicos			
Acetocloro	5, 7	III	Enxofre elementar	Acaricida, fungicida	1, 3, 4, 5, 7, 8	IV
Alacloro	1, 5, 7	III	Compostos de cobre	Fungicidas e bactericidas	Não informada	
Atrazina	5, 8	III	Cu <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Fungicida	Não informada	II
Cianazina	1, 5, 7	II	Organocúprico			
Simazina	5, 8,	III	Oxina-cobre	Fungicida		IV
Clomazona	1, 5, 7	III	Organoclorado			
Diurom <sup>(b)</sup>	1, 5, 7	III	Endossulfam <sup>(b)</sup>	Inseticida, formicida e acaricida	1, 2, 7, 5,	I
DMA (2,4-D)	5, 7, 8	I	Carbamatos			
Haloxifope-P	1, 7	III	Carbosulfano	Inseticida, nematicida e acaricida	1, 5, 4, 7 (sementes)	II
Lactofem	7	III	Benfuracarbe (OK-174)	Inseticida	1	II
Metolacloro	5, 7	III	Organofosforados			
Organofosforados			Acefato	Inseticida e acaricida	1, 4, 7	III
Glifosato <sup>(b)</sup>	1, 5, 7	IV	Diclorvós	Inseticida	Não informada	II
Outras substâncias			Clorpirifós	Inseticida, formicida e acaricida	1, 2, 5, 8, 4, 7,	II
Trifluralina	1, 5, 7	III	Malationa	Inseticida e acaricida	1, 2, 4, 7	III
Diquate	7	II	Metamidofós	Inseticida e acaricida	1, 4, 7	I
MSMA <sup>(c)</sup>	1, 2, 5, 7		Profenofós	Inseticida e acaricida	1, 2, 5, 4, 7	II
Paraquate (dicloreto)	1, 2, 4, 5, 7, 8	I	Outras substâncias			
Setoxidim	1,4, 5, 7	III	Tiofanato-metílico	Fungicida	2, 4, 7	IV
			Carbendazim	Fungicida	1, 4, 7	III

(a) Índice das culturas: (1) algodão; (2) café; (3) cana; (4) feijão; (5) milho; (6) pastagens implantadas; (7) soja; e, (8) sorgo.

(b) Uso não agrícola autorizado

(c) Arsenical (*Monosodium methanearsonate acid-MSMA*)

Fonte: ANVISA, 2008.

Cabe ressaltar que o termo agrotóxico foi adotado e definido na legislação citada, para designar as substâncias tóxicas e afins, independentemente de seu uso, empregadas no combate a pragas, a saber: inseticidas, acaricidas, nematicidas, fungicidas, raticidas, bactericidas, herbicidas, pesticidas e outras.

### **5.3.3 Aspectos da Legislação sobre os Agrotóxicos**

De acordo com o artigo segundo da Lei Federal Nº 7802, de 11 de julho de 1989, ou seja, a Lei dos Agrotóxicos consideram-se agrotóxicos e afins:

- a) Os produtos e os agentes de processos químicos, físicos e biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;
- b) Substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;
- c) Componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins.

A Lei dos Agrotóxicos, regulamentada pelo Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990, revogado pelo Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, e novamente regulamentada pelo decreto Nº 5.981, de 6 de dezembro de 2006, que dá nova redação e inclui dispositivos ao Decreto Nº 4.074 (Brasil 1989, 1990, 2002, 2004, 2006).

Esta lei regulamenta a produção, utilização, comercialização, exportação e importação de agrotóxicos ou biocidas e seus afins. Dispõe sobre a pesquisa, experimentação, embalagens, rotulagem, transporte, armazenamento, propaganda comercial, destino final dos resíduos e embalagens, seus componentes e afins.

Este último Decreto dá nova redação e inclui dispositivos ao Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989. Este dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.

O Artigo 31 do Decreto Nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, e ainda vigente, estabelece que “é proibido o registro de agrotóxicos, seus componentes e afins”:

- para os quais no Brasil não se disponha de métodos para desativação de seus componentes, de modo a impedir que os seus resíduos remanescentes provoquem riscos ao meio ambiente e à saúde pública;
- para os quais não haja antídoto ou tratamento eficaz no Brasil;
- considerados teratogênicos, que apresentem evidências suficientes nesse sentido, a partir de observações na espécie humana ou de estudos em animais de experimentação;
- considerados carcinogênicos, que apresentem evidências suficientes nesse sentido, a partir de observações na espécie humana ou de estudos em animais de experimentação;
- considerados mutagênicos, capazes de induzir mutações observadas em, no mínimo, dois testes, um deles para detectar mutações gênicas, realizado, inclusive, com uso de ativação metabólica, e o outro para detectar mutações cromossômicas;
- que provoquem distúrbios hormonais, danos ao aparelho reprodutor, de acordo com procedimentos e experiências atualizadas na comunidade científica;
- que se revelem mais perigosos para o homem do que os testes de laboratório, com animais, tenham podido demonstrar, segundo critérios técnicos e científicos atualizados; e,
- cujas características causem danos ao meio ambiente.

Ainda, o parágrafo 1º do referido Decreto estabelece: “Devem ser considerados como “desativação de seus componentes” os processos de inativação dos ingredientes ativos que minimizem os riscos ao meio ambiente e à saúde humana”.

Torna-se importante observar que a questão ambiental é citada, no referido Decreto, sem qualquer detalhamento, ou seja: “... cujas características causem danos ao meio ambiente”.

O artigo 94 do Decreto Nº 4.074 instituiu o Sistema de Informações sobre Agrotóxicos – SIA, cuja gestão foi atribuída a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Entre outras atribuições do SIA, o artigo estabelece:

- “Implementar, manter e disponibilizar dados e informações sobre as quantidades totais de produtos por categoria, importados, produzidos, exportados e comercializados no país”; e,
- "Implementar, manter e disponibilizar informações do Sistema de Informações de Componentes– SIC”.

A definição, diretrizes e atribuições do SIC são tratadas no artigo 29, que estabelece:

“Os componentes caracterizados como matérias-primas, ingredientes inertes e aditivos só poderão ser empregados em processos de fabricação de produtos técnicos agrotóxicos e afins se registrados e inscritos no Sistema de Informações de Componentes – SIC e atendidas as diretrizes e exigências estabelecidas pelos órgãos federais responsáveis pelos setores da agricultura, saúde e meio ambiente”.

O SIC, conforme dita o referido artigo, foi instituído sob a forma de banco de dados, e entre suas atribuições, de acordo com o item VIII do artigo 29, “deve implementar, manter e disponibilizar informações sobre tecnologia de aplicação e segurança no uso de agrotóxicos”.

Ainda, o artigo 95 do mesmo Decreto instituiu o Comitê Técnico de Assessoramento para Agrotóxicos, que, entre outras, detém competências para:

- “Propor critérios de diferenciação de agrotóxicos, seus componentes e afins em classes, em função de sua utilização, de seu modo de ação e de suas características toxicológicas, ecotoxicológicas ou ambientais”; e,
- “Estabelecer as diretrizes a serem observadas no SIA, acompanhar e supervisionar as suas atividades”.

No Brasil, com relação à poluição das águas superficiais, a Portaria N° 518, de 25 de março de 2004, estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas, ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e o seu padrão de potabilidade, que inclui as concentrações máximas de alguns agrotóxicos organoclorados.

Atualmente, a resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, que substituiu a Resolução N° 20, trata da classificação das águas superficiais e estabelece os limites máximos de poluentes e contaminantes, nessas águas. Os elementos e substâncias considerados incluem os agrotóxicos organoclorados, os organofosforados, os carbamatos e as triazinas, como a atrazina e a simazina. Contudo, muitos inseticidas, fungicidas, e grande parte dos herbicidas, que são utilizados rotineiramente nas áreas agricultáveis do Brasil, não foram normatizados por essas legislações (Barreto e Ribeiro, 2008).



No dia sete de abril de 2008, entrou em vigor, a resolução CONAMA Nº 396, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e estabelece outras providências.

Desde então, em similaridade com a legislação pertinente às águas superficiais, as águas subterrâneas passaram a ser classificadas de acordo com suas características hidrogeoquímicas naturais e seus graus de poluição. Entre outros fins, essa classificação busca prevenir e controlar a poluição e promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas que, uma vez contaminadas, demandam processos lentos e onerosos para sua recuperação.

De acordo com suas características hidrogeoquímicas naturais e os efeitos das ações antrópicas sobre sua qualidade, as águas subterrâneas devem ser enquadradas em um das cinco classes de qualidade, previstas na resolução CONAMA Nº 396, dependendo do grau de comprometimento do ambiente do aquífero, além de uma “classe especial”, reservada aos aquíferos destinados à preservação de ecossistemas, em unidades de conservação de proteção integral ou que alimentem corpos d’água superficiais também classificados como “especiais”.

Para garantir a qualidade da água dentro de sua classificação, os órgãos ambientais devem promover a implementação de Áreas de Proteção de Aquíferos e Perímetros de Proteção de Poços de Abastecimento. A resolução CONAMA Nº 396 também prevê a criação de Áreas de Restrição e Controle do Uso da Água Subterrânea, que serão implementadas em caráter excepcional e temporário, quando a captação em determinados corpos d’água representar um risco para a saúde humana, para ecossistemas ou para os próprios aquíferos.

#### **5.4 Contaminação dos Solos e das Águas Subterrâneas por Agroquímicos**

Tanto a experiência internacional, como a nacional, tem mostrado que são cada vez mais comuns as ocorrências de agrotóxicos e de seus resíduos nas águas subterrâneas, particularmente em áreas de intensa atividade agropecuária, quando esta é conduzida nas zonas de recargas dos aquíferos.

Muitas atividades humanas acarretam a produção de resíduos, cuja disposição inadequada tem causado problemas de contaminação ambiental, em particular dos solos e das águas.

No Brasil, ainda são poucos os estudos sistemáticos e quantificações sobre a contaminação de solos, originada de atividades humanas, incluindo sua contaminação por agrotóxicos usados na agricultura, e estudos que avaliam a presença de fertilizantes, agrotóxicos e seus resíduos

em áreas agrícolas e, em especial, nas áreas de recarga, onde os aquíferos tendem a ser mais vulneráveis. Devido a esta carência de estudos, a dimensão do problema da contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas por fertilizantes e agrotóxicos, ainda não está bem conhecida em escala nacional (Geo Brasil, 2002; ANA, 2006).

A contaminação dos solos, em especial dos solos dos cerrados, que desde os anos 1970 vêm sendo intensamente ocupados, para o estabelecimento de atividades agropecuárias, tem como uma de suas consequências a possível contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

A água subterrânea é um componente importante dos recursos hídricos do Brasil. Dois aspectos importantes estão associados a este recurso: primeiro, é um suporte para diversos ecossistemas, tais como veredas, brejos, alagados e pântanos; e, segundo, na maioria das situações é um recurso natural essencial para as atividades humanas.

Conforme ANA (2007), a exploração de águas subterrâneas registrou um aumento grande. Demandas pequenas, como as de residências e de pequenas propriedades rurais, são supridas por cacimbas, cisternas ou fontes, que captam águas subterrâneas em aquíferos freáticos, enquanto que as demandas maiores, como as de cidades, indústrias, propriedades rurais de grande porte, e hospitais, requerem poços tubulares para captação mais profunda.

No Brasil, um volume aproximado de 112.000 km<sup>3</sup> de água subterrânea tem sido explorado por cerca de 300 000 poços tubulares ativos, para abastecimento de cidades importantes. Em parte da região norte e do nordeste, o sistema aquífero Barreiras tem grande participação no abastecimento de muitas cidades, particularmente, no abastecimento das capitais São Luís (Ma), Fortaleza (Pe), Natal (RN) e Maceió (Al). Nas regiões sul e parte do sudeste, cidades importantes, como Ribeirão Preto (SP) e Uberaba (MG) são abastecidas pelo aquífero Guarani. Essas cidades dependem integral, ou parcialmente da água subterrânea para seu abastecimento. (ANA, 2007).

Em Minas Gerais, muitas cidades da região incluída no Polígono das Secas são abastecidas pela exploração de águas subterrâneas. Do mesmo modo, cidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte, situadas no ambiente hidrogeológico cárstico-carbonático, são muito dependentes desse recurso. Dentre essas, pode-se destacar a cidade de Sete Lagoas, cujo abastecimento é totalmente feito através da exploração de mananciais subterrâneos, por meio de poços tubulares.

O uso intensivo de agroquímicos na agricultura pode propiciar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas. Sob essa designação encontram-se os fertilizantes e os agrotóxicos, cada grupo cumprindo o papel que lhe cabe na produtividade da agricultura industrial.

Relatos de contaminação de águas superficiais por agrotóxicos, causando mortandade de peixes, não são raros na mídia; também, casos de intoxicação de trabalhadores por manipulação ou uso inadequado de agrotóxicos têm sido reportados. A contaminação da água subterrânea em áreas de agricultura intensiva, tais como áreas cultivadas com cana-de-açúcar, soja, milho e café também, tem sido relatada pela mídia, em muitos municípios brasileiros.

Souza e colaboradores (2004), citados em ANA (2007), relataram a detecção dos agrotóxicos atrazina, metolaclo, carbofuram, paration-metílico, imidacloprido e diuron, em águas subterrâneas, em baixas concentrações, na região algodoeira do Mato Grosso. De acordo com esses autores a ocorrência destes compostos em águas de poços tubulares, com profundidades variando de 12 a 70 m, mostra a vulnerabilidade das águas subterrâneas na região do estudo, especialmente devido ao uso continuado dos pesticidas na lavoura da região.

De acordo com Barreto e colaboradores (2000), citado em ANA (2007), os herbicidas atrazina e simazina e o inseticida metil-paration foram detectados em águas subterrâneas, no município de Tianguá-Ce, em uma região de agropecuária. Tais substâncias foram encontradas em poços, com profundidade de 4 a 102 m e, em quantidades maiores que as concentrações máximas permitidas, de 2 µg/L para os dois herbicidas e de 0,04 µg/L para o inseticida (Portaria N° 518 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA N° 396). O inseticida alfa-clordano foi detectado em um dos poços monitorados, apesar de não integrar o registro dos agrotóxicos usados no município. Segundo os autores, a água dos poços e das fontes monitoradas era utilizada, principalmente, para consumo humano e para a irrigação.

#### **5.4.1 Aspectos do Comportamento de Espécies Nitrogenadas no Solo e na Água**

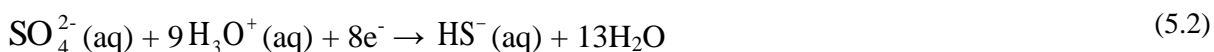
Conforme Santos e colaboradores, (2006), os solos são corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas. Constituem um meio dinâmico, formado por materiais minerais e orgânicos, ocupando boa parte da litosfera continental. Contêm matéria viva e podem ser vegetados. Nas condições de clima tropical úmido, prevalentes no Brasil, a atividade biológica e os processos pedogenéticos, nos solos, em geral, ultrapassam profundidades maiores que 2 m.

Nesse meio biótico, possivelmente existem uma diversidade de microorganismos, tanto aqueles cuja atividade requer ambientes ricos em oxigênio, ou seja, ambientes aeróbios, bem como aqueles que requerem ambientes destituídos de oxigênio molecular, anaeróbios.

A diversificação e natureza do ambiente microbiológico do solo dependem de fatores locais, como temperatura, pH, concentração de eletrólitos e suprimento de nutrientes. Os microorganismos podem ser nativos do ambiente, situação em que são chamados autóctones ou indígenas. Entretanto, se as condições ambientais se modificam, por algum motivo, as populações de bactérias se adaptam continuamente até que as condições do ambiente se ajustem a um novo e eventual equilíbrio. Nesse caso surge uma população bacteriana altamente ativa, mas flutuante que é chamada de alóctone (vanLoon e Duffy, 2000).

As bactérias são organismos capazes de se multiplicar em meio completamente inorgânico, usando como única fonte de carbono apenas espécies inorgânicas, como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ou  $\text{CO}_3^{2-}$ , são por isso denominadas autotrófica. Como fonte de energia para seu metabolismo, podem ser fototróficas, quando usam a radiação solar como suprimento de energia, ou quimiotróficas, quando obtém energia de reações de redox (vanLoon e Duffy, 2000).

No solo, bactérias aeróbias podem usar oxigênio molecular, tanto gasoso como dissolvido nas soluções do solo, como acceptor de elétrons em reações de redox, enquanto que bactérias anaeróbias usam o oxigênio de outras fontes, com o mesmo propósito, também em reações de redox. As Equações 5.1 e 5.2 representam essas duas situações.



Também, no solo não saturado, bactérias aeróbias podem usar o oxigênio molecular, tanto gasoso como dissolvido nas soluções do solo, em processos de biodegradação da matéria orgânica, para transformá-la em substâncias inorgânicas, em um processo conhecido como mineralização (vanLoon e Duffy, 2000; Crosby, 1998).

Na natureza, os microrganismos atuam em muitos processos de redox importantes, para degradar uma diversidade de materiais. Entre os processos, mediados por bactérias, estão a decomposição da matéria orgânica, tanto nos solos vegetados, quanto nos sedimentos de fundo nos corpos d'água e a fixação do nitrogênio atmosférico no solo.

As bactérias atuam na oxidação de espécies inorgânicas, tais como o íon amônio,  $\text{NH}_4^+$ , o íon  $\text{NO}_2^-$  e de metais como  $\text{Fe}^{2+}$  entre outros. Também, atuam na redução de espécies inorgânicas como no caso da redução do  $\text{NO}_3^-$  e do  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Os íons  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  podem estar presentes nos fertilizantes sintéticos, seja como ingrediente, seja como impureza na matéria-prima, portanto. Assim, quando incorporados ao solo, por meio de fertilizantes, poderão estar sujeitos à ação de bactérias.

Em todos os solos é considerável o influxo e a perda de nitrogênio no decorrer do tempo, isto é acompanhado por complexas transformações, algumas das quais podem ser mais ou menos controladas, enquanto outras não (Brady e Weil, 2008). Grosso modo, essa sucessão entrosada de processos, em grande parte biogeoquímicos, é conhecida como ciclo do nitrogênio, representado, qualitativamente, na Figura 5.4.

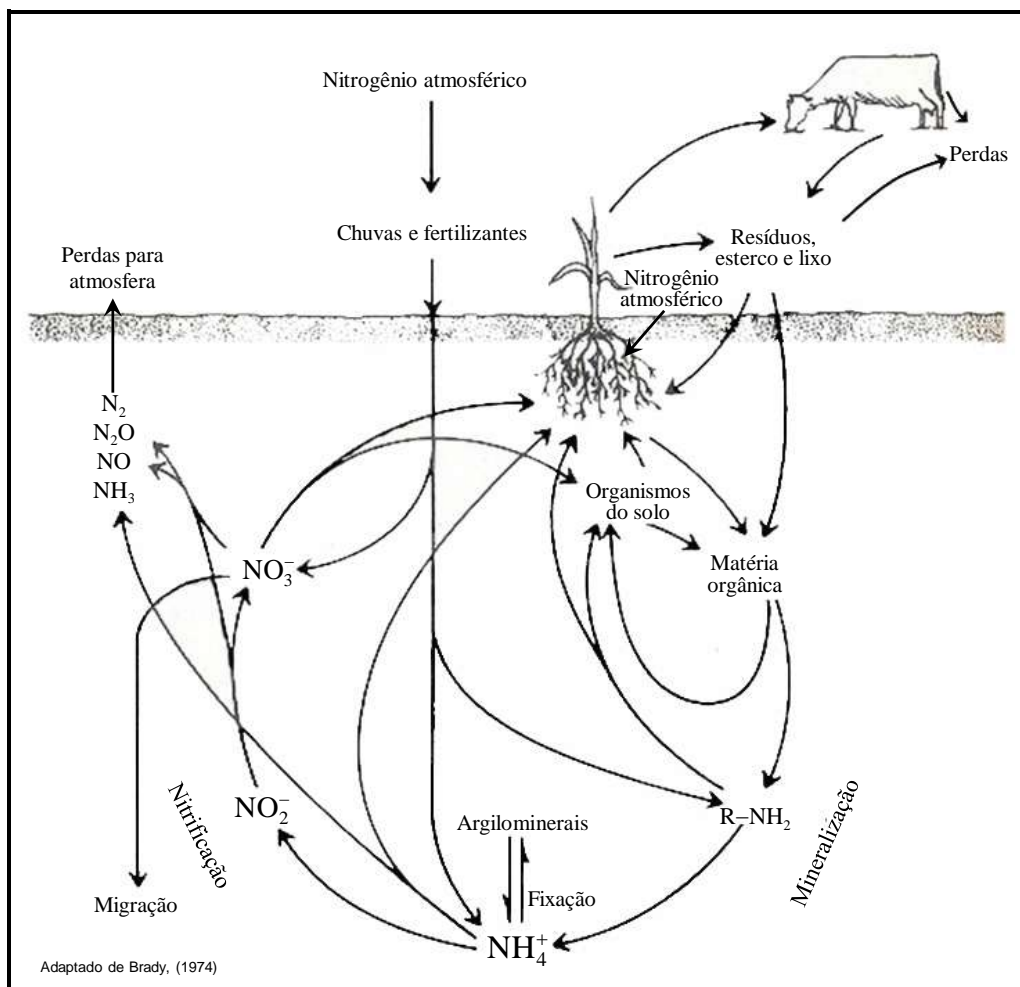


Figura 5.4 – Representação simplificada do ciclo do nitrogênio

Fonte: Brady, 1974.

Entre os macronutrientes usados na agricultura, o nitrogênio é o que apresenta maior impacto sobre a água subterrânea, ocorrendo principalmente na forma de nitrato. Este íon apresenta alta mobilidade, tanto no solo, como na água subterrânea, podendo contaminar extensas áreas.

Parte do nitrogênio nos solos agrícolas é derivado de materiais tais como fertilizantes comerciais genericamente denominados NPK; resíduos vegetais de plantas cultivadas e esterco verde ou já estabilizado. O amônio e o nitrato, também podem ser introduzidos pela precipitação atmosférica (Brady e Weil, 2008;).

A depleção do nitrogênio ocorre através da remoção pelos vegetais, drenagem, erosão, lixiviação, e perda por evaporação. Conforme mostrado na Figura 5.4, parte do nitrogênio adicionado ao solo sofre transformações. O nitrogênio orgânico, em particular, está sujeito a modificações complexas, até ser mineralizado.

Na Figura 5.5 está apresentada uma síntese simplificada das transformações no ciclo do N, em função do estado de oxidação do nitrogênio e do potencial de redox, que no ambiente são devidas, em geral, a processos de oxidação-redução biologicamente mediados.

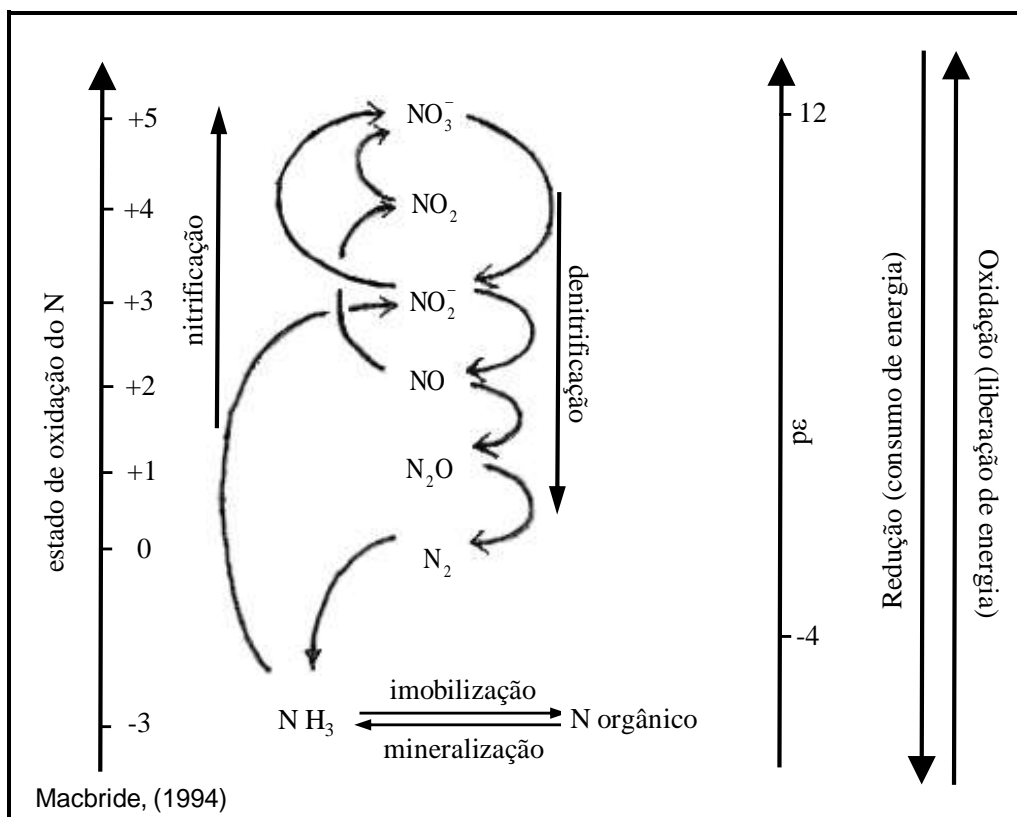


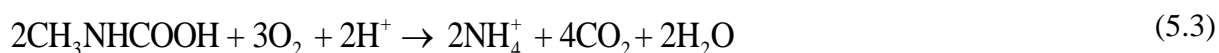
Figura 5.5 – Síntese das transformações do nitrogênio no solo

Fonte: MacBride, 1994.

Os microrganismos presentes no solo ao mediar os processos representados, no diagrama da Figura 5.5, deles extraem a energia necessária ao seu metabolismo.

Os processos, sintetizados na Figura 5.5, responsáveis pela estabilização de matéria orgânica nitrogenada por bactérias aeróbias, ocorrem por meio de reações químicas que dependem das condições prevalentes no solo.

A etapa inicial do processo é a amonificação, seguida da nitrificação. As Equações 5.3 a 5.5 representam reações desses dois processos.



De acordo com as Equações 5.3 a 5.5, o processo requer oxigênio livre, tanto na etapa inorgânica como na etapa biomediada então, se trata de um processo aeróbio. Assim, pode ocorrer em ambientes óxicos, tais como nos solos não saturados e nas águas não poluídas por matéria orgânica. A etapa intermediária do processo libera íons  $\text{H}^+$  portanto, podendo contribuir para a acidificação do solo e das águas.

As espécies aeróbicas requerem um suprimento pleno de oxigênio para sua atividade. Quando esse suprimento é limitado ou torna-se deficiente, as bactérias estritamente aeróbicas tornam-se incapazes de exercer sua função. Porém, as reações de redox podem continuar ocorrendo, mediadas por bactérias anaeróbicas, que são capazes de efetuar essas reações sem a necessidade de oxigênio molecular.

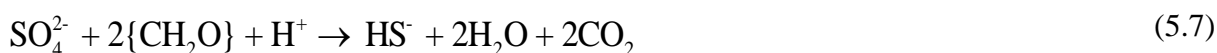
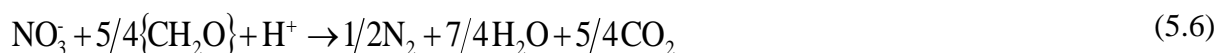
A forma mais estável do nitrogênio nas soluções do solo não saturado, aerado, é o nitrato, ainda que o nitrogênio molecular gasoso seja prevalente no ar contido nos poros do solo. Em solos aerados a oxidação do nitrogênio a nitrato é uma reação termodinamicamente favorável. Entretanto, a quebra da tripla ligação da molécula de nitrogênio requer energia elevada, cerca de 225 kcal/mol, o que não favorece as reações enzimáticas, por meio de microorganismos, nesta oxidação (MacBride, 1994).

Em condições moderadamente redutoras,  $-4 < pE < 12$ , a redução do nitrato a nitrogênio, é favorecida. Esta reação, chamada denitrificação, ocorre por um caminho indireto, através de

espécies intermediárias, sendo responsável por significativas perdas de nitrogênio nos solos úmidos, não inundados (McBride, 1994).

Sob condições fortemente redutoras,  $pE < -4$ , a redução do nitrogênio molecular a amônio é termodinamicamente possível. Esse processo pode ocorrer como um processo enzimático-catalizado, em plantas e algas, neste caso sendo denominado fixação do nitrogênio. A Equação 5.6 sintetiza essa reação de acordo com Stumm e Morgan, (1996).

Um dos processos de biodegradação anóxica da matéria orgânica, aqui representada como  $\{CH_2O\}$ , em presença do oxidante nitrato,  $NO_3^-$  é representado pela Equação 5.6. Enquanto a Equação 5.7 representa a biodegradação anaeróbia da matéria orgânica, em presença do oxidante sulfato,  $SO_4^{2-}$ .



A reação representada pela Equação 5.6 é mediada por uma gama de bactérias, incluindo espécies de Pseudomonas e Achromobactérias, e a reação representada pela Equação 5.7 é mediada pelas bactérias *Desulfovibrio desulfuricans*, estritamente anaeróbias, que crescem em meio com pH em torno de 5,5.

Os íons hidrogenossulfeto,  $HS^-$ , formados no processo são tóxicos para a vida aquática. Esses íons podem reagir com metais de transição, como o  $Fe^{2+}$  e formar sulfetos insolúveis, conforme representado pela Equação 5.8 (McBride, 1994; vanLoon e Duffy, 2000).

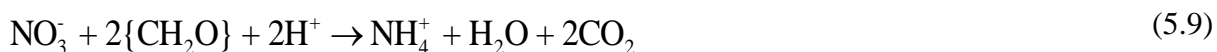


A formação de sulfetos insolúveis também pode ocorrer com os íons metálicos  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , que podem estar presentes como micronutrientes, nos fertilizantes ou como impurezas nas matérias-primas utilizadas na sua fabricação.

A eficiência desse processo pode estar na dependência de fatores, tais como, disponibilidade de matéria orgânica, umidade, temperatura e pH do solo.



Um outro tipo de denitrificação ocorre na ausência de oxigênio, como é o caso dos solos alagados. Esta reação, representada pela Equação 5.9 também é mediada por bactérias, entre as quais, as bactérias *Bacterium denitrificans* (vanLoon e Duffy, 2000).



Conforme Brady (1974), as formas principais do nitrogênio no solo são o nitrogênio orgânico contido no húmus, o nitrogênio amoniacal fixado por certos argilo minerais e compostos solúveis de amônio e de nitrato, em geral, adicionados como fertilizantes sintéticos.

A maior parte do nitrogênio no solo está associada com a matéria orgânica. Nesta forma, ele está protegido de se perder pela rápida ação microbiana. Em países de clima temperado, sob condições normais, cerca de 1,5 a 3,5% é mineralizado por ano. Estima-se que metade do nitrogênio no solo esteja presente como amino compostos (Brady, 1974; Brady e Weil, 2008).

Também, alguns argilo-minerais têm a capacidade de fixar o íon amônio na sua estrutura. A quantidade fixada depende da natureza e da fração desses minerais no solo. Cerca de 8% do total de nitrogênio no solo superficial e de 40% no subsolo têm sido encontrados fixados em argilo minerais. Em muitos casos, essas quantidades podem ser consideravelmente menores. Todavia, o nitrogênio fixado desta forma só é disponibilizado lentamente para as plantas e microrganismos (Brady, 1974; Brady e Weil, 2008).

A maior fixação do íon amônio no subsolo deve-se ao teor de argilominerais presentes. Também, o maior teor de argilominerais com estrutura tipo 2:1 intensifica a fixação do amônio, devido à possível troca iônica com cátions da camada intermediária. Em solos altamente intemperizados a fixação do amônio é menor devido ao baixo teor de argilominerais (MacBride, 1994; Brady e Weil, 2008).

A quantidade de nitrogênio presente no solo na forma de compostos solúveis de amônio e de nitrato, raramente é maior que 1 a 2% do total pré-existente, exceto quando grandes aplicações de fertilizantes inorgânicos nitrogenados são feitas. Porém, o nitrogênio inorgânico perde-se do solo por lixiviação e volatilização (Brady, 1974).

A perda de amônio, no solo, pode ocorrer devido à volatilização da amônia, conforme a Equação 5.10.



De acordo com a Equação 5.10 a perda de amônio por volatilização, devido ao escapamento da fase gasosa, é mais pronunciada em solos com pH elevado. Já a perda de nitrato, em geral, ocorre pela lixiviação devida ao fluxo de águas meteóricas infiltradas, para os horizontes mais profundos do solo (Brady e Weil, 2008).

Um outro fator relacionado à presença do nitrato no ambiente, é a formação do radical hidroxila, que tem sido reconhecido como o oxidante mais comum nas águas naturais. Esses radicais são formados fotoquimicamente, através de várias reações, conforme sintetizado na Tabela 5.4, que incluem a reação de Fenton (Crosby, 1998).

Tabela 5.4 – Reações ambientais de formação do radical hidroxila	
$\text{H}_2\text{O}_2$	$\xrightarrow{<300\text{nm}} 2\text{HO}^\bullet$
$\text{NO}_3^-$	$\xrightarrow{<350\text{nm}} \text{NO}_2 + \text{HO}^\bullet$
$\text{NO}_2^-$	$\xrightarrow{<350\text{nm}} \text{NO} + \text{HO}^\bullet$
ácidos húmicos + $\text{O}_2$	$\xrightarrow{<350\text{nm}} \text{ácido húmicos oxidados} + \text{HO}^\bullet$
$\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	$\xrightarrow{\text{UV}} \text{Cu}^+ + \text{H}^+ + \text{HO}^\bullet$
$\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2$	$\longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- + \text{HO}^\bullet$

Fonte: Crosby, 1998.

A fotólise do  $\text{H}_2\text{O}_2$  e do íon  $\text{NO}_3^-$  tem sido considerada como a principal fonte do radical hidroxila,  $\text{HO}^\bullet$ , nas águas. Apesar de sua concentração nas águas superficiais, sob ação da luz solar ser extremamente pequena, sua geração contínua e alta reatividade acarreta sua participação na maioria das oxidações em meio aquático. A absorção de energia UV pelo nitrato é alta e suas concentrações podem exceder a  $500 \mu\text{mol/L}$  nas áreas tratadas com fertilizantes nitrogenados. Consequentemente, o radical hidroxila é proeminente em ambientes agrícolas e um importante fator na degradação de muitos pesticidas (Crosby, 1998).

O conteúdo de nitrato presente no solo e nas soluções do solo pode variar em função da sazonalidade. Variáveis ambientais tais como a temperatura, a precipitação, o teor de matéria orgânica, o tipo do solo e a cobertura vegetal, acabam influenciando os processos de assimilação, consumo e armazenamento desse íon pelas plantas e, consequentemente, sua concentração nos solos e nas soluções do solo (Brady e Weil, 2008).

A concentração de nitrato na água lixiviada é largamente dependente do tamanho do conjunto das fontes de nitrato no solo, durante o período de lixiviação. O nitrato presente, por sua vez, reflete o balanço entre a remoção de nitrogênio deste conjunto, pelas plantas ou por imobilização e a entrada de nitrogênio no conjunto por mineralização, fertilização e deposição atmosférica (Brady e Weil, 2008).

Florestas maduras mantêm um equilíbrio entre a quantidade removida de nitrogênio pelas árvores e a quantidade repostada na forma de matéria orgânica vegetal. A água que percola nesse ambiente, em geral, contém cerca de 0,1 mg/L de nitrato, como nitrogênio, e a perda anual, por meio da água subterrânea, varia de 1 a 2 kg/ha de nitrogênio. Entretanto, a deposição atmosférica pode acarretar um aumento da concentração na água percolada para 2 ou 3 mg/L de nitrato, como nitrogênio e uma perda anual maior que 25 kg de N por hectare (Brady e Weil, 2008).

Em áreas de agricultura intensiva comumente a concentração de nitrato na água subterrânea e superficial é muito maior que na água drenada de regiões florestadas, ou seja, maior que 3 mg/L de nitrato, como nitrogênio. A fertilização intensa com nitrato em plantações, em particular, para alguns grãos se apresenta como a principal fonte de nitrato em excesso na água subterrânea, pois os vegetais utilizam apenas uma fração do nitrato aplicado (Brady e Weil, 2008).

Para uso humano a legislação brasileira estabelece como padrão de potabilidade a concentração máxima de 10 mg de nitrato-N/L. Este também é o limite máximo estabelecido como padrão ambiental e para uso humano das águas superficiais e subterrâneas de classe 2 (Brasil, Ministério da Saúde, 2004; Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Conama 2005, 2008).

#### **5.4.2 Contaminação de Solos e de Águas Subterrâneas por Atrazina**

As triazinas compreendem diversos derivados da substância base, s-triazina, e são um dos agroquímicos de uso mais comum. Herbicidas desse grupo de substâncias são usados na pré e pós-emergência de lavouras, para controle de ervas daninhas. Cerca de 30% dos herbicidas agrícolas, comercializados em escala global, são triazinas. O uso dessas substâncias remonta aos anos 1950, quando foram sintetizados e seus primeiros derivados obtidos. A síntese da atrazina foi registrada pela empresa *Geigy Company*, e sua comercialização teve início em 1956. A partir daí, o espectro de triazinas comerciais ampliou-se enormemente.

No início dos anos 1970, dois herbicidas usados nas lavouras de milho e trigo, o 2,4-D e a atrazina, (nomes comuns para as substâncias ácido 2,4-diclorofenoxiacético e 2-cloro-4-etilamino-6-isopropil-amino-s-triazina, respectivamente), respondiam por cerca de 55% do mercado mundial, com uma participação de 40% e de 15%, do mercado, respectivamente (Allinger et al. 1976).

No Brasil, a atrazina está registrada na Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA para as culturas de abacaxi, cana-de-açúcar, milho, pinus, seringueira, sisal e sorgo. Trata-se de um herbicida pré e pós-emergente, para controle de plantas daninhas em diversas culturas.

Os nomes comuns para as substâncias derivadas da triazina são: atrazina, cyanazina, ametryna, prometryna e simazina. Enquanto os principais nomes comerciais registrados são: Ametrina, Agripec, Gesapax, Herbipak, Metrimex, Atranex, Atrazina Nortox, Atrazinax, Coyote, Gesaprim, Herbitrin, Siptran, Stauzina Gesagard Herbazin, Sipazina (Oliveira Jr., s.d.).

### **Mecanismo de Ação**

O mecanismo da ação herbicida da atrazina compreende a formação de ligações com proteínas nos cloroplastos das células vegetais, conduzindo ao bloqueio da transferência de elétrons em reações da fotossíntese (Hill e Kolb, 1998). As plantas sensíveis à atrazina sofrem uma clorose, ou seja, o amarelecimento das folhas, que conduz à necrose dos tecidos. Nas espécies tolerantes à atrazina, como é o caso do milho, o herbicida é eficientemente metabolizado em formas não tóxicas (Oliveira Jr., s.d.).

O potencial herbicida da atrazina deve-se à sua ação na inibição da fotossíntese pela interrupção da reação de Hill, conforme Equação 5.10 (Crosby, 1998).



### **Propriedades Físicas, Químicas e Ambientais da Atrazina**

A atrazina é um sólido cristalino branco pouco solúvel em água, 30 mg/L a 25°C, com ponto de fusão na faixa de 172 a 176°C, densidade de 0,35 g/mL e pouco volátil, pressão de vapor de  $4 \times 10^{-5}$  Pa a 20°C (US EPA, 2006).

Sua mobilidade nos solos varia de moderada a alta em solos com baixo teor de argila ou de matéria orgânica. Pelo fato de não ser fortemente adsorvida nas partículas do solo e pela meia-vida muito variável, de dias a mais 100 dias, a atrazina possui um alto potencial para contaminação das águas, apesar de sua solubilidade em água (Australian Pesticides & Veterinary Medicines Authority–APVMA, 2008).

Do ponto de vista ambiental a atrazina é altamente persistente e relativamente à ecotoxicidade a atrazina é fortemente tóxica para aves e abelhas e muito tóxica para organismos aquáticos. Tanto a atrazina, como os produtos técnicos à base de atrazina são enquadrados na classe ambiental II, ou seja, são considerados muito perigosos para o meio ambiente (IBAMA, 2010).

A atrazina é um herbicida da família das *s*-triazinas, na qual se incluem os compostos que apresentam na sua estrutura química um anel heterocíclico com seis membros, constituído por três átomos de carbono e três átomos de nitrogênio em posições alternadas e simetricamente localizados (Pákacová, Stulik e Jiskra, 1996).

Os herbicidas desta família são classificados em três grupos: clorotriazinas; metiltiotriazinas e metoxitriazinas. Esta classificação é feita de acordo com o grupo substituinte na posição 2 do anel, se for um átomo de cloro, resultam as clorotriazinas, um grupo SCH<sub>3</sub>, dá origem às metiltiotriazinas e, um grupo OCH<sub>3</sub> resultando as metoxitriazinas (Coutinho et al., 2005).

Na Figura 5.6 (a) está apresentada a fórmula estrutural da *s*-triazina (triazina simétrica), a substância que dá origem aos derivados comercializados, na Figura 5.6 (b) está apresentada a fórmula estrutural geral, para os derivados da *s*-triazina, onde os grupos R podem ser substituintes diferentes e, na Figura 5.6 (c) está a fórmula estrutural do herbicida atrazina.

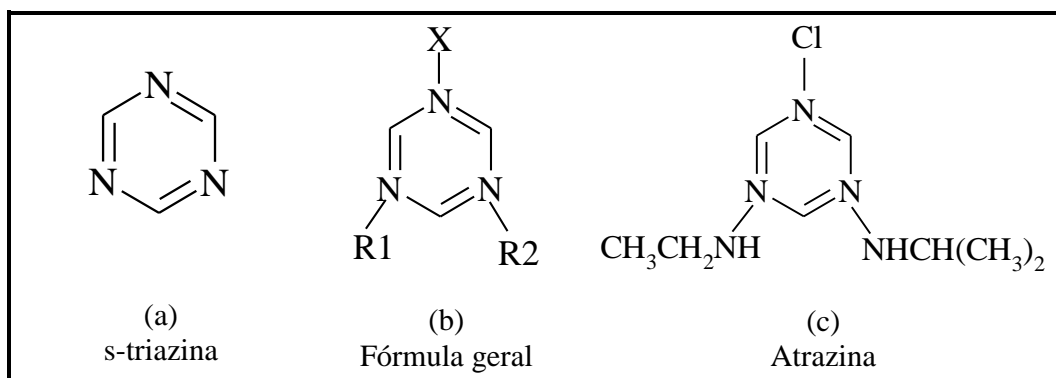


Figura 5.6 – Fórmulas estruturais da triazina e derivados

Devido ao seu amplo uso nas culturas de milho, sorgo, cana-de-açúcar e pinus, sua baixa reatividade e solubilidade, e sua persistência ambiental, a atrazina tem sido detectada em solos, águas superficiais e subterrâneas. Concentrações na faixa de 0,030 a 2,5 µg/L foram medidas em águas superficiais e de 0,010 a 0,855 µg/L em águas subterrâneas por Garmouma e colaboradores (1997).

Concentrações de atrazina até 2 µg/g de solo agrícola, tem sido encontrada, porém concentrações maiores, na faixa de 0,4 a 30mg já foram reportadas, admitindo-se que tenham sido originadas por derrames acidentais e por descartes de embalagens. Mesmo depois de longo tempo da aplicação restos de atrazina e, também seus metabólitos têm sido encontrados no solo, nas águas superficiais e nas águas subterrâneas, pois seu tempo de vida médio é variável, podendo chegar a mais de 200 dias (Garmouma, et al., 1997; Javaroni et al., 1999; Silva et al., 2004).

A aplicação intensiva da atrazina, notadamente em cultivos de milho e sorgo, persistência e mobilidade nos solos tem contribuído para que esta seja um dos herbicidas mais freqüentemente detectados em águas superficiais e subterrâneas, com concentrações máximas de até 17,5 µg/L em países da Comunidade Européia, e de 10 µg/L nos Estados Unidos (Dörflerr et al., 1997; Horswell et al., 1997).

Muitos estudos sobre o comportamento ambiental da atrazina têm sido conduzidos em diversos países, inclusive no Brasil. Na Figura 5.7 estão representadas algumas das possíveis rotas para o transporte de herbicidas no ambiente agrícola, conforme Javaroni e colaboradores (1999).

Sua biodisponibilidade em solos é governada essencialmente pelo equilíbrio dinâmico que se estabelece entre a solubilidade na fase aquosa e a capacidade adsortiva da substância no sistema coloidal do solo. Vários fatores direcionam a eficácia e reatividade da atrazina, entretanto, muito pouco é conhecido sobre as interações e transformações que ocorrem nesse meio (Javaroni, et al., 1999).

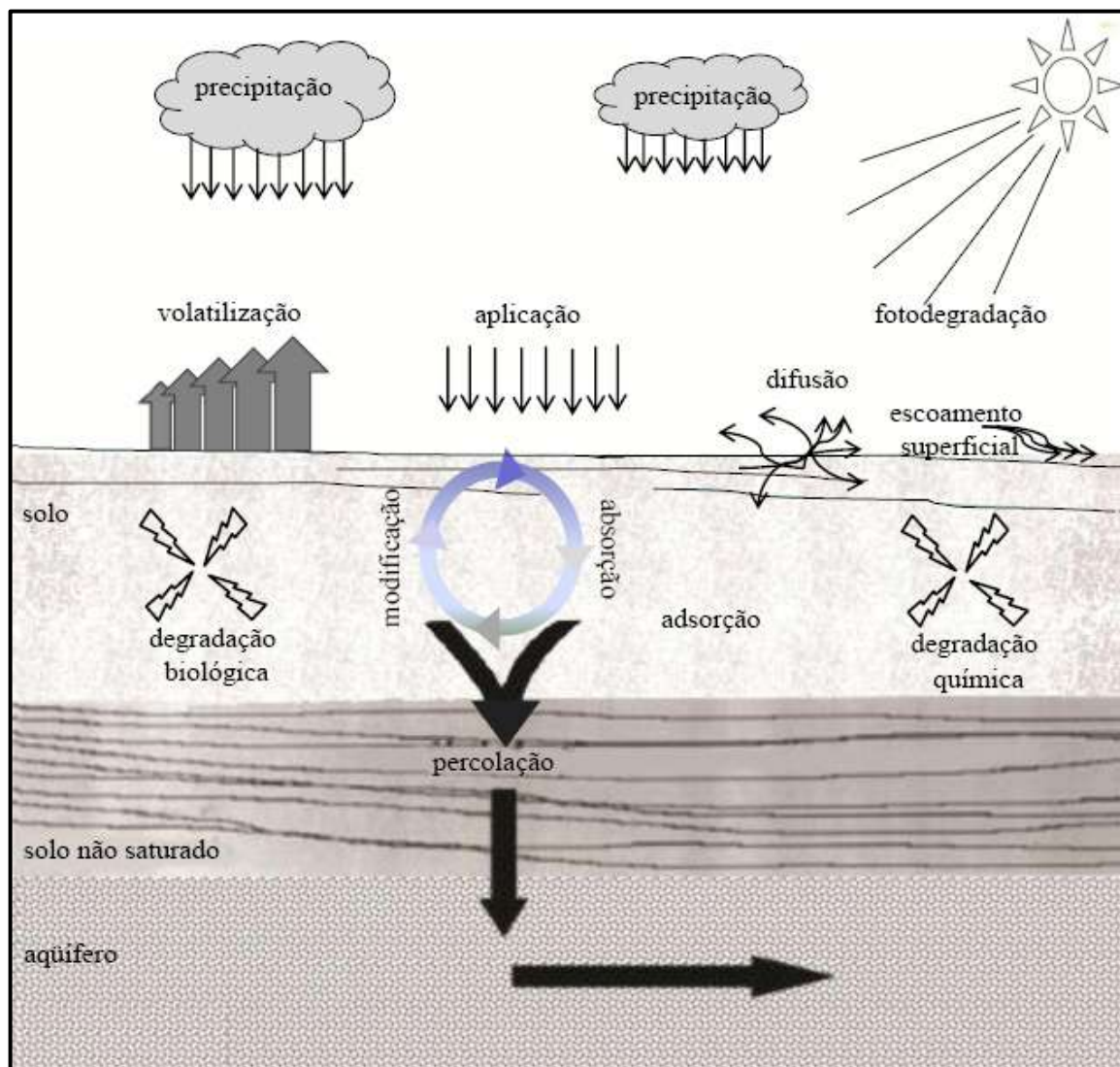


Figura 5.7 – Possíveis rotas de herbicidas no meio ambiente agrícola

Fonte: Javaroni et al.,1999.

A taxa de lixiviação da atrazina no solo é dependente de uma combinação de fatores como pluviosidade, porosidade, preparação e composição do solo (Sigua et al., 1995).

Lakshminarayan e colaboradores, (1996), apontam que a atrazina é um dos mais efetivos e baratos herbicidas, usados na produção de milho e sorgo. Também, a substância química mais freqüentemente detectada nos mananciais e sistemas de tratamento de água em concentrações maiores que o limite máximo permitido de  $3\mu\text{g/L}$ , estabelecido pela agência ambiental dos Estados Unidos, *USEPA*. Conforme os autores, naquela época, discutia-se a proibição de seu uso em território americano, para os autores a proibição do uso e o banimento do herbicida não produziria reflexo econômico ou ambiental significativo e não haveria ganho mensurável na qualidade da água.

Para Lakshminarayan e colaboradores (1996), se os produtores de milho e sorgo nos Estados Unidos substituíssem os herbicidas triazínicos, inclusive a atrazina, por outros herbicidas no combate de plantas daninhas, poderia resultar em maior degradação da qualidade da água. Segundo esses autores, o banimento de todos herbicidas triazínicos poderia melhorar a qualidade da água, porém acarretando um custo estimado muito alto, cerca de US \$740 milhões. Em vista disto e de acordo com as simulações realizadas por esses autores seria mais eficaz, para garantir a qualidade da água, manter uma política de uso baseada em restrições, ou seja, com o limite máximo de 3 ppb (*Maximum Contaminant Level*) para contaminação de longo prazo, e um limite máximo de 100 ppb (*Health Advisory Level*) para contaminação aguda, com prazo de 10 dias.

A frequência com que a atrazina e alguns de seus metabólitos têm sido detectados nas águas superficiais e subterrâneas, na Europa, nos Estados Unidos e no Brasil, conduziu a atenção de muitos pesquisadores para o seu comportamento ambiental. Assim, muitos estudos focalizaram a degradação ambiental da atrazina e de seus metabólitos, tanto *in situ* como *in vitro*, mas, no entanto ainda não elucidaram completamente os possíveis mecanismos de degradação dessas substâncias.

### **Lixiviação e Degradação da Atrazina**

Segundo Sigua e colaboradores, (1995), a lixiviação de herbicidas é dependente de uma combinação de fatores, que incluem a precipitação, a natureza e macroporosidade do solo, e o tipo de cultura. A pluviosidade e a forma de cultivar o solo afetam, significativamente, a taxa de lixiviação e a quantidade de atrazina lixiviada. Esses autores verificaram que a quantidade e a taxa de lixiviação da atrazina manteve-se consistentemente, maior em solo colonizado com anelídeos e outros organismos, do que nos solos virgens e em solos cultivados, mas sem a presença desses organismos. O incremento na lixiviação da atrazina foi atribuído ao aumento da macroporosidade, causada pela biota residente no solo. De acordo com os autores, pode ocorrer o transporte preferencial, através dos macroporos dos solos, onde as soluções movem-se mais rapidamente.

Em experimentos realizados em lisímetros, foi observado que, a contaminação da água subterrânea resultou de processos de adsorção-dessorção no solo, transformação e transporte dos herbicidas. Foi estabelecido, que a contaminação é fortemente dependente das propriedades físico-químicas do herbicida e das condições hidrogeológicas prevalentes no solo. Experimentalmente, foi observada a seguinte ordem de mobilidade: (1) desetilatraxina –



(2) dietilsimazina > (3) atrazina – (4) simazina – (5) desetilterbutilazina > (6) terbutilazina. Os metabólitos apresentaram maior mobilidade no solo que as substâncias originais (Dörflerr et al. 1997).

Segundo Garmouma e colaboradores, (1997), o metabólito desetilatrazina é o principal produto da degradação da atrazina. Foi verificado, pelos autores, que a biotransformação por microorganismos do solo acarretou degradação mais rápida da atrazina. A partir da razão das concentrações da desetilatrazina e da atrazina, RDA, foi estimado o tempo de permanência da atrazina no solo, antes de alcançar a água superficial ou subterrânea. Conforme os autores, a razão, RDA, seria uma alternativa como indicador, para distinguir uma fonte de contaminação pontual de uma fonte difusa.

Em experimentos realizados, durante três anos, na bacia da represa Marlarchez, na França, Garmouma e colaboradores, (1997), detectaram o metabólito desetilatrazina, cuja concentração atingiu um máximo alguns dias após a aplicação do herbicida atrazina. A razão, RDA, mostrou que o impacto na água subterrânea e na camada superficial do solo foi significativo e contínuo durante todo o experimento, porém não ultrapassando 0,3% das quantidades aplicadas e, variando conforme essas quantidades e as condições ambientais. O transporte do herbicida, para o corpo d'água principal, ocorreu por escoamento superficial, ou epidérmico. A razão, RDA, permitiu mostrar que o impacto na água subterrânea, na camada superficial do solo e na água superficial, foi importante e contínua durante os três anos.

A aplicação de atrazina de acordo com a dose padrão recomendada, em função do uso agrícola, resultou em relativamente baixa contaminação do solo conforme observado por Silva e colabores, (2004). Entretanto, constataram concentrações muito altas, em solos, acarretadas por derrames acidentais, ou pela disposição intencional de restos das embalagens e das próprias embalagens, ou ainda durante a preparação da solução do pesticida. Concentrações da ordem de 400-29000 µg/g de solo foram reportadas, nos casos de derrames acidentais ou disposição deliberada. Os autores admitiram a contaminação pontual como responsável por boa parte dos casos de contaminação da água subterrânea, que originaram concentrações de até 1500 µg/L. Assim, propuseram a descontaminação rápida desses solos, para minimizar a dispersão da atrazina para os corpos d'água (Silva et al., 2004).

Na Figura 5.8 estão representadas as rotas de degradação da atrazina de acordo com Ueta et al., (1999, 2001).

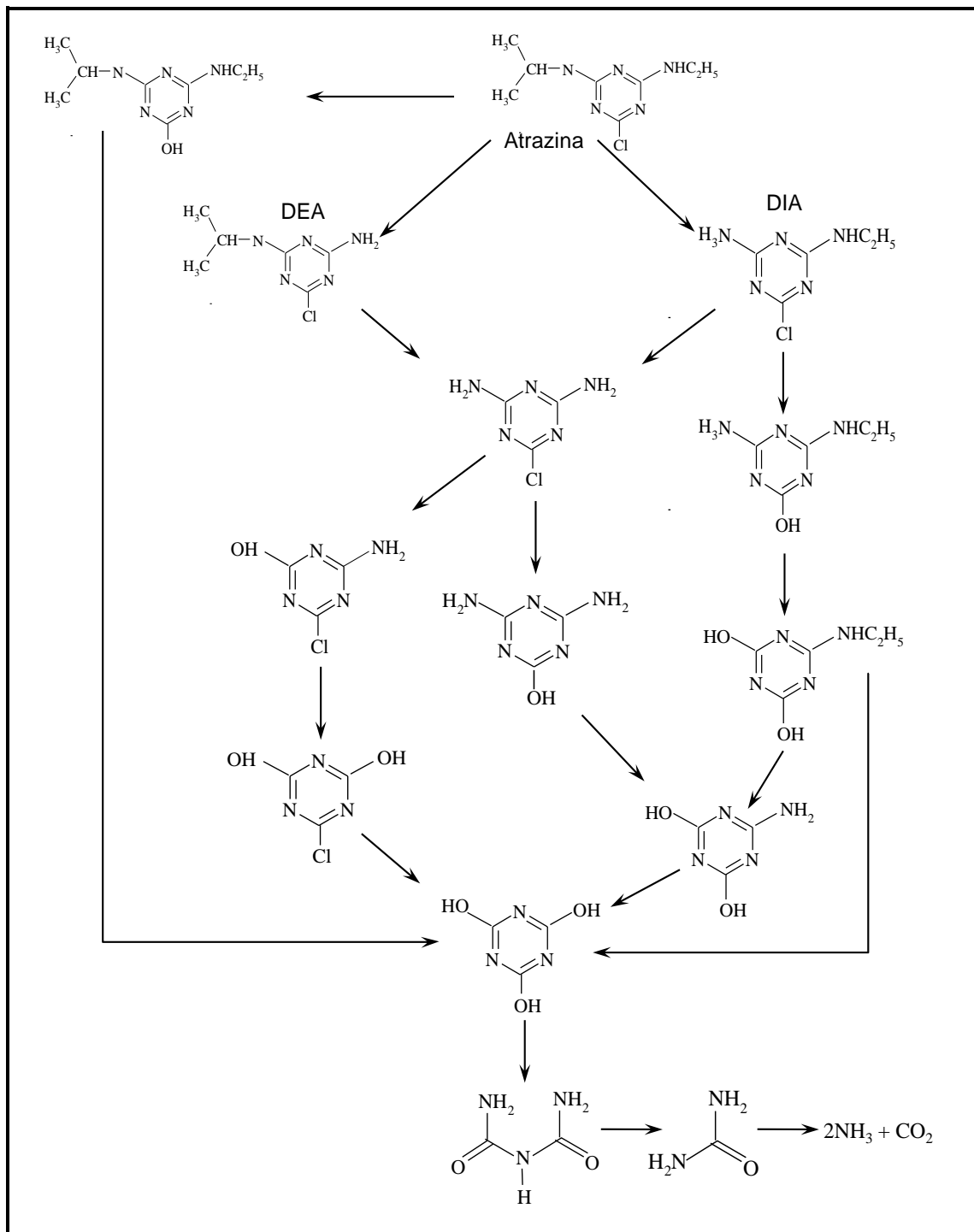


Figura 5.7 – Possíveis rotas de degradação da atrazina<sup>2</sup>

Fonte: Ueta, 1999; 2001.

Na Figura 5.8 estão apresentados os principais metabólitos provenientes da degradação da atrazina, encontrados nos solos, nas águas superficiais e nas águas subterrâneas conforme Krutz et al., (2003) e Solomons et. al., 2008.

<sup>2</sup> Elaborado com o aplicativo computacional MTLTM/Draw 2.5. MDL Information Systems, 2002.

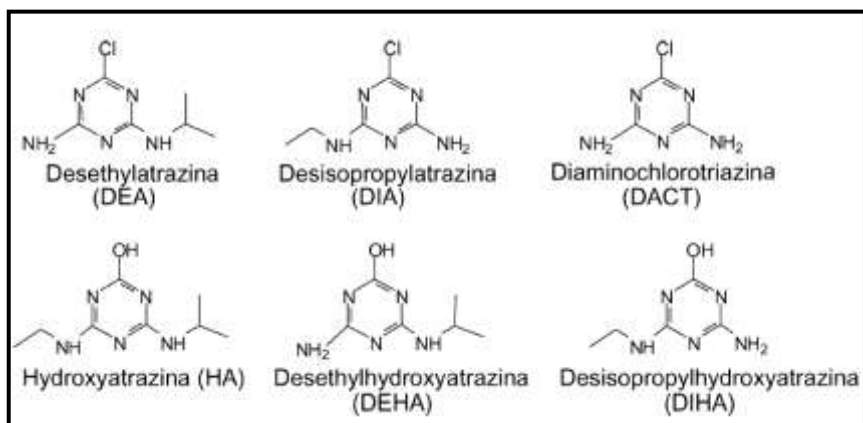


Figura 5.8 – Principais metabólitos da degradação da atrazina

Fonte: Krutz et al., 2003; Solomons et al., 2008.

Horswell e colaboradores (1997) investigaram a degradação e mineralização de agrotóxicos no solo. Observaram a ocorrência de uma fase estável, de vários dias, antecedendo o início do processo de degradação de muitos xenobióticos, antes de ocorrer qualquer redução da quantidade aplicada. No caso da atrazina, verificaram taxas apreciáveis de mineralização da hidroxiatrazina, em solo de controle, porém não observando nenhum tempo de estabilidade, mesmo para solo não exposto à atrazina, por um período de 15 anos.

A mineralização da hidroxiatrazina foi medida, por meio da liberação de  $\text{CO}_2$ , em experimentos de laboratório por Horswell e colaboradores (1997). Os autores verificaram que a primeira etapa da mineralização ocorreu por hidroxilação devido a hidrólise, seguida da quebra das cadeias metílicas laterais e, ou de grupos amino ligados à estrutura anelar da substância. De acordo com os autores, essas reações são rápidas devido ao ataque de microorganismos. Verificaram ainda que os metabólitos formados pela remoção das cadeias laterais da hidroxiatrazina, também são tóxicos para plantas.

Horswell e colaboradores (1997) observaram que a matéria orgânica, apesar de alterar a dinâmica da mineralização da hidroxiatrazina, no solo, não produzia nenhum ganho adicional na sua remoção ou acumulação. Também, verificaram que o tamanho e atividade da biomassa microbiana presente não era o fator principal na quebra da atrazina, sugerindo que fatores físico-químicos e ambientais, tais como solubilização, acidez, adsorção e temperatura poderiam regular a mineralização de um herbicida pouco solúvel como a atrazina. Segundo os autores, maiores concentrações de matéria orgânica, no solo, tornavam o herbicida menos biodisponível para a população microbiana degradadora, já adaptada ao solo e ao herbicida.

De acordo com Javaroni e colaboradores (1999), a degradação dos herbicidas, no solo, ocorre por modificações de natureza química, física e biológica. Segundo os autores, a adsorção, pela matéria orgânica presente no solo, parece ser o principal mecanismo que determina a persistência, a degradação, a biodisponibilidade, a lixiviação e a volatilização dos herbicidas. Fenômeno que também reduz a concentração, o potencial de ação e retarda a lixiviação dos herbicidas. Conforme esses autores, esses efeitos estão diretamente relacionados com a natureza do adsorbato e da superfície adsorvente, com o ambiente físico-químico e com o modo de ação da biota do solo.

A avaliação do papel da matéria orgânica nessas interações deve ser feita a partir de dois aspectos principais: (1) a adsorção, cuja extensão depende da natureza e propriedades do herbicida, do tipo e quantidade de matéria orgânica presente e do ambiente característico do solo e (2) da degradação abiótica (Javaroni et al. 1999).

Abelhard e colaboradores (2000) verificaram que, no solo, a degradação da atrazina é afetada pela disponibilidade de carbono e nitrogênio e pela adaptação dos microorganismos ao herbicida. Observaram que a mineralização ocorreu mais rapidamente, no solo em que o cultivo de milho foi freqüente e que já havia recebido aplicações repetidas de atrazina, ou seja, um solo já adaptado. A mineralização do herbicida foi lenta em solo de controle, que nunca havia recebido a atrazina, ou seja, um solo não adaptado. Esses autores verificaram que a fertilização do solo, com nitrogênio orgânico ou mineral, reduziu a mineralização do herbicida. No solo não adaptado, menos de 1% da atrazina original foi mineralizada. Conforme os autores nos extratos obtidos a partir de solos tratados com fertilizantes nitrogenados, a atrazina foi a substância dominante, recuperada nesses extratos.

O efeito da disponibilidade de carbono e de nitrogênio na degradação da atrazina, no solo, é dependente da microflora ativa na sua degradação. No solo adaptado o carbono orgânico tem pequeno efeito sobre a degradação do herbicida. No solo não adaptado, a adição de carbono orgânico estimula a mineralização da atrazina, mas a mineralização é menor que no solo adaptado. Nesses dois tipos de solos, tratados com fertilizante nitrogenado mineral, intensa dealquilação da atrazina foi observada (Abdelhard et al., 2000).

No solo não adaptado, a matéria orgânica promove a dealquilação, mas não a mineralização do herbicida. Nos dois solos, o nitrogênio mineral diminui a mineralização da atrazina. O efeito negativo de compostos orgânicos nitrogenados aumenta com a taxa de mineralização. A

mineralização do anel triazínico e a dealquilação ou hidroxilação da atrazina foram inibidas pela adição de compostos nitrogenados (Abdelhard et al., 2000).

A atrazina é relativamente persistente no solo, onde pode sofrer uma lenta hidrólise abiótica, formando a hidroxiatrazina. Entretanto, a biodegradação é o principal processo que controla a formação desse metabólito, cuja meia-vida pode alcançar centenas de dias. A mineralização rápida e quase completa do anel da atrazina tem sido observada em solos que receberam repetidas aplicações do herbicida. Não obstante, a atrazina ainda é o herbicida mais comumente detectado em águas subterrâneas na Europa e nos Estados Unidos (Silva et al., 2004).

Do exposto, pode-se admitir que os metabólitos da degradação da atrazina constituem fração menor quando encontrados nas águas e no solo, prevalecendo a substância original, o que atesta a persistência ambiental do herbicida. O processo de degradação pode ter ou não uma contribuição de microorganismos, sendo afetado, em certa extensão, pela disponibilidade de carbono e nitrogênio, tanto mineral quanto orgânico. Também, condições geoambientais afetam os processos de degradação e transporte desses contaminantes. Primeiramente, prevalecendo o escoamento superficial e epidérmico na lixiviação.

Na Europa e nos Estados Unidos a atrazina está regulamentada como herbicida sintético desde os anos 1990, com os seguintes limites máximos para a sua presença em águas de abastecimento: 3 µg/L, nos Estados Unidos (*United States Environmental Protection Agency* – USEPA, 2002); e, 0,1 µg/L, em países membros da União Européia–UE (Hildebrandt et al., 2008). No Brasil, a regulamentação do uso de agrotóxicos data de 1989 atualmente o limite máximo permitido em águas superficiais e subterrâneas de classe 2 e, também o limite para potabilidade da água é de 2 µg/L, para a atrazina e a simazina (Brasil, Ministério da Saúde, 2004; Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Conama 2005, 2008).

Em 1970 foram publicadas as primeiras discussões sobre as propriedades das triazinas, focalizando sua eficiência como herbicida e os aspectos econômicos de seu uso na agricultura, desde então as discussões ampliaram-se. Riscos ecológicos e para a saúde relacionados ao seu uso têm sido estabelecidos, o que refletiu no banimento de algumas triazinas de certos países. Na Alemanha, desde 1991 foi proibido o uso de terbutilazina, em áreas de proteção de mananciais, e as concentrações permitidas, em águas potáveis, são da ordem de 0,1µg/l. Em muitos países existe grande demanda pelo monitoramento sistemático de pesticidas e de seus metabólitos (Pacáková et al., 1996).

Como consequência de uma reavaliação dos riscos ecotoxicológicos referentes à atrazina, o Conselho da UE revogou, em 10 de março de 2004, a autorização de comercialização das formulações que continham atrazina. Esta decisão foi devida ao fato de existir um risco de contaminação das águas subterrâneas com atrazina, e produtos da sua degradação, em concentrações acima do limite estabelecido, de 0,1 µg/l, nos países membros da União Européia–UE (Jornal Oficial da União Européia–JOUE, 2004).

Na Europa a detecção de atrazina tanto em águas de abastecimento, superficiais e subterrâneas, como nos solos, em concentrações superiores ao limite máximo de 0,1µg/L estipulado pelo Conselho da UE, levou à proibição de sua utilização em alguns países da comunidade européia, como é o caso da França, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Áustria e Itália (Grupo de Ciências Biológicas do Instituto Superior Técnico–GCB-IST, 2005).

Em Portugal, Espanha, Reino Unido e Irlanda, o uso de atrazina e da simazina estava autorizado até 31 de dezembro de 2007. A partir desta data a atrazina e a simazina deveriam ser banida do mercado da EU. Em Portugal, a comercialização da atrazina e da simazina foi proibida, tanto na forma simples, como em mistura com outros herbicidas, sob as várias designações comerciais para aplicação em culturas de milho e outras, a partir de 30 de julho de 2007 (Jornal Oficial da União Européia, 2004). Também em Portugal a atrazina é um dos pesticidas frequentemente detectados em águas superficiais e subterrâneas de regiões agrícolas (GCB-IST, 2005).

### **5.5 Impactos Antrópicos em Aquíferos Cársticos**

A filtração pelos solos, adsorção nas partículas minerais, diluição em grandes volumes de água, e o longo tempo de residência podem assegurar usualmente, uma relativa limpeza para a água subterrânea (White, 1988).

Entretanto, apesar da característica intrinsecamente depuradora dos solos, verifica-se a significativa contaminação de águas superficiais e subterrâneas, por atividades agrícolas praticadas intensivamente, em escala comercial, em muitos países com tradição agrícola, quer sejam industrializados, ou não.

Em relação às ações humanas deletérias, e aos efeitos destas sobre os recursos hídricos, pode-se admitir que os sistemas aquíferos subterrâneos, à primeira vista, estão em vantagem com relação ao sistema hídrico superficial, pelo fato de que, para alcançar a zona saturada, os poluentes precisam atravessar o solo (Filho, 1997). Os solos no bioma Cerrado, são

caracterizados predominantemente por Latossolos, em geral são espessos e bem desenvolvidos (Santos et al., 2006). Nas partes baixas da área do estudo, ou seja, nos terrenos de sopé e de meia encosta os solos são bem desenvolvidos, predominando Latossolos Vermelhos (Sans, 1973). A área do estudo assemelha-se ao cenário investigado por Pessoa (2005), ou seja, um geoambiente em que o sistema aquífero cárstico, em princípio, pode estar coberto por um “espesso capeamento de solos”, e situado semelhantemente, “em uma faixa representativa da borda da plataforma sedimentar Bambuí”.

Assim, conforme expõem Fritzens e colaboradores, (2001), a remoção de poluentes e a purificação da água subterrânea podem ocorrer durante a percolação no solo, devido aos processos de precipitação, retenção por filtração, troca iônica, adsorção e decomposição aeróbica, tanto na zona saturada quanto não saturada.

Os aquíferos cársticos são particularmente vulneráveis à contaminação, devido ao capeamento de solos pouco espessos, fluxos no epicarste, e pontos de recarga através de sumidouros e dolinas, facilitando o alcance da água subterrânea pelos contaminantes, quando poderiam ser transportados rapidamente, nos condutos cársticos, a grandes distâncias. Assim, no solo, o tempo de residência dos contaminantes deve ser curto e os processos de atenuação natural, da contaminação, não se efetivariam no sistema cárstico, acarretando a necessidade de proteção especial desses sistemas (Andreo et al., 2006).

Como em aquíferos cársticos a água pode mover-se, por grandes extensões, em canais e condutos, que se comunicam com a superfície, as águas cársticas podem ser tão susceptíveis à poluição quanto as águas superficiais.

Esta questão pode parecer um tanto paradoxal, pois ao mesmo tempo em que solos bem desenvolvidos podem proteger as águas subterrâneas, em particular dos ambientes aquíferos cársticos que ocorrem no domínio hidrogeológico do Bambuí (região onde predominam solos bem desenvolvidos), estes podem estar sujeitos à contaminação nas áreas de exposição do aquífero, como sumidouros, dolinas, afloramentos, e outras feições, que de alguma forma os colocam em comunicação com a superfície.

Logo, a zona não saturada do solo pode constituir a primeira linha de defesa do aquífero, portanto é importante o seu monitoramento (Falkenmark e Allard, 1991). Assim, deve-se estabelecer uma rede de monitoramento a fim de se acompanhar a evolução da qualidade do aquífero ao longo do tempo, como reflexo da ocupação da bacia e uso do solo, necessária para

definir possíveis medidas de prevenção, mitigação, proteção ou controle. Neste contexto, aspectos pedológicos, geológicos e de ocupação da bacia precisam ser considerados, para se avaliar a vulnerabilidade do manancial subterrâneo (Benetti e Bidone, 1993).

Os solos diferem significativamente em relação ao seu poder depurador, Cadillon e Portier, (1977), em trabalho realizado com diferentes tipos de solos, consideraram que a espessura, a textura e a estrutura influenciam diretamente no poder de filtração, na capacidade de retenção de água e na permeabilidade.

Ora, é fato que no caso de calcários, em geral, os sistemas aquíferos são devidos a um conjunto de fraturas, fissuras e cavidades nas rochas carbonáticas, que podem se estender regionalmente, intercomunicando-se em subsuperfície, em diferentes locais e por grandes extensões. Na Figura 5.9 está representado, esquematicamente, um sistema aquífero em carste, na qual estão apontadas algumas estruturas que ocorrem no carste calcário.

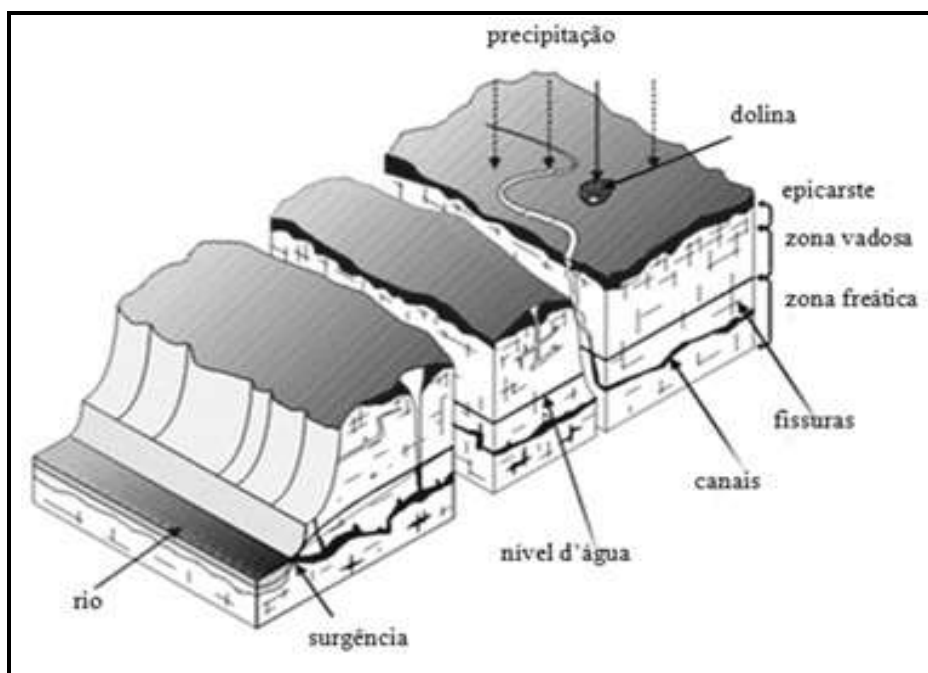


Figura 5.9 – Representação esquemática do ambiente cárstico

Fonte: Kaufmann, G. 2011.

Para Silva, (2003), muitas atividades humanas podem afetar os sistemas aquíferos cársticos em grande extensão, especialmente, quando considerado um conjunto de atividades como mineração de calcário; indústria siderúrgica e frigorífica; e, em particular, a exploração agropecuária em região de influência de calcários. Soma-se a isso o fato de que as águas de



infiltração podem conter uma diversidade de contaminantes carregados por enxurradas e inundações.

Evidências de contaminação de águas superficiais, em região de agricultura intensiva, no domínio hidrogeológico do sistema aquífero Paracatú-Areado por contaminantes originados de reflorestamentos de eucaliptos e de pastagens artificiais foram apontados como as principais fontes de degradação da qualidade da água superficial na região, por Viana (2006).

Viana (2006) observou que no verão, intensificava-se o uso de agroquímicos, devido ao odor nas águas das veredas, também detectou presença de cobre e de zinco, nas proximidades das plantações de grãos e dos reflorestamentos, e degradação mais intensa das veredas nas áreas cultivadas, nas pastagens e nas áreas de reflorestamento. De acordo com o autor, as veredas constituem um geocossistema de particular importância, no domínio hidrogeológico do Bambuí, nas áreas do Cerrado ao norte e noroeste de Minas Gerais.

Na Tabela 5.5 apresenta-se uma matriz que relaciona diversos poluentes com suas fontes, alguns dos quais podem afetar mais os aquíferos cársticos, conforme White (1988).

Tabela 5.5 – Fontes de poluentes da água subterrânea

Fonte de Poluição	DBO	Nitrogênio e Fosfatos	Cloretos	Metais	Hidrocarbonetos e Orgânicos	Bactérias e Vírus
Resíduos domésticos e urbanos						
- fossas sépticas	XXX	XX				XXX
- sanitários	XXX	XX				XXX
- redes de esgotos	XX	X	X			X
- aterros sanitários	XXX	X	X	XX	XX	XX
Atividades agrícolas						
- resíduos da pecuária	XXX	XXX				XX
- fertilizantes		XXX				
- Inseticidas e herbicidas					XXX	
Construção civil e mineração						
- enxurrada de rodovias e estacionamentos				X XX	X	
- pilhas de estêreis e de minério						
Atividades industriais				XXX XXX	XXX	
- refinarias, armazenamento e distribuição de combustíveis						
- aterros e botas-fora industriais			X	XXX		
- aterros químicos, barragens de rejeitos				XXX		

X = importância para a contaminação

Fonte: White, 1988.

Conforme reportado na Tabela 5.5 nas atividades agrícolas estão situadas importantes fontes, em potencial, de contaminação dos aquíferos cársticos. Assim, a exploração agropecuária pode acarretar nos sistemas aquíferos cársticos, a presença de substâncias como potássio,

nitrato e sulfato, originados de corretivos agrícolas e fertilizantes, de agrotóxicos e de seus resíduos.

### 5.5.1 Espécies constituintes de águas cársticas

A paisagem desenvolvida nos terrenos calcários, através do processo de intemperismo químico, é bem peculiar. Conforme White (1988), ela está relacionada ao equilíbrio heterogêneo (ou desequilíbrio) entre os pequenos conjuntos minerais na fase sólida, ou seja, os minerais das rochas calcárias, a água, que é uma solução contendo uma variedade de espécies dissolvidas, e a fase gasosa, isto é, a atmosfera, cujo principal componente ativo é o dióxido de carbono. As espécies acessórias presentes são: o íon sulfato, originado dos veios de gesso ou de sulfetos minerais intemperizados; o íon cloreto proveniente de águas de circulação profunda, ou mesmo do mar; além dos íons sódio e potássio, de fontes semelhantes.

Organismos aquáticos que podem habitar as águas subterrâneas dos ambientes cársticos podem acarretar maior variedade e quantidade de espécies dissolvidas e em suspensão, nessas águas. Se sobre os terrenos cársticos estão assentadas populações humanas, a variedade e quantidade de espécies dissolvidas e em suspensão podem aumentar ainda mais, nessas águas, podendo ser acrescida de poluentes originados da exploração agropecuária, dos resíduos e efluentes industriais, de esgotos sanitários e de fossas, além de outras fontes (White, 1998).

Na Tabela 5.6 estão sumarizadas as espécies naturais governantes das reações químicas que podem ocorrer no ambiente cárstico.

Tabela 5.6 – Substâncias inorgânicas em reações químicas no ambiente cárstico

Espécies	Fase sólida	Fase aquosa		Fase gasosa
Essenciais	CaCO <sub>3</sub>	Ca <sup>2+</sup>	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
	CaCO <sub>3</sub> .MgCO <sub>3</sub>	Mg <sup>2+</sup> H <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub> H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> e CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> OH <sup>-</sup>	
Acessórias	Ca SO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> S
	SiO <sub>2</sub>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> O <sub>2</sub> (aq) H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>
Contaminantes		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>
		Metais	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CH <sub>4</sub>

Fonte: White 1988

## 5.6 Aspectos da Modelagem Hidrogeoquímica

Para descrever um sistema aquático natural, em que há muitos componentes e em diversas fases, no qual ocorrem reações químicas de diferentes naturezas, os cálculos manuais podem ser muito demorados e às vezes até impossíveis de se resolver.

Em vista da dificuldade operacional, foram desenvolvidos métodos computacionais para realizar esta tarefa, inclusive para simular as condições presentes e futuras, desses sistemas, inicialmente, para máquinas de grande porte.

Para realização desses cálculos existem duas abordagens, quais sejam: o método de minimização da energia livre de Gibbs; e, a resolução das relações de equilíbrio químico. Ambos são baseados nos potenciais químicos das espécies envolvidas, em condições padrão, e nas condições prevalente no sistema em estudo. Na abordagem de equilíbrio, a partir das concentrações das espécies envolvidas, as equações não lineares do balanço de massa são resolvidas. Também, o balanço de massa total para o sistema é verificado (Stumm e Morgan, 1996; Appello e Postma, 2006).

Um segundo método de resolução numérica, menos exigente em capacidade computacional, foi desenvolvido e inicialmente, implementado com uma configuração espacial unidimensional e mais recentemente em uma configuração tridimensional; trata-se do aplicativo computacional *PHREEQC* (Parkhurst e Appello, 1999; Parkhurst et al. 2004), disponibilizado gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos.

O aplicativo computacional *PHREEQC* foi desenvolvido para auxiliar a solução de questões relacionadas ao estado de equilíbrio em soluções aquosas. Tendo sido expandido para solução de problemas ambientais, que envolvem processos químicos sob diferentes condições, tais como: distribuição e complexação de espécies químicas; processos de redox; cálculo do índice de saturação de minerais; dissolução e precipitação de minerais; diluição e mistura de soluções; fenômenos de sorção; troca iônica e, também para solução de questões de transporte de massa unidimensional (Parkhurst e Appello, 1999).

O *PHREEQC* tem sido usado para simular uma variedade de reações e processos, tanto em águas naturais, como em experimentos de laboratório. O problema a investigar é especificado através de comandos designados por palavras chave, “*KEYWORDS*”, no arquivo de entrada de

dado, sendo associado a blocos de dados residentes na biblioteca interna do aplicativo. A partir da formulação elaborada no arquivo de entrada, o aplicativo apresenta resultados que estimam o comportamento hidrogeoquímico de determinado sistema, possibilitando realizar sua conexão com uma situação concreta (Appelo e Postma, 2006).

Uma representação simplificada da estruturação do aplicativo PHREEQC está mostrada na Figura 5.10.

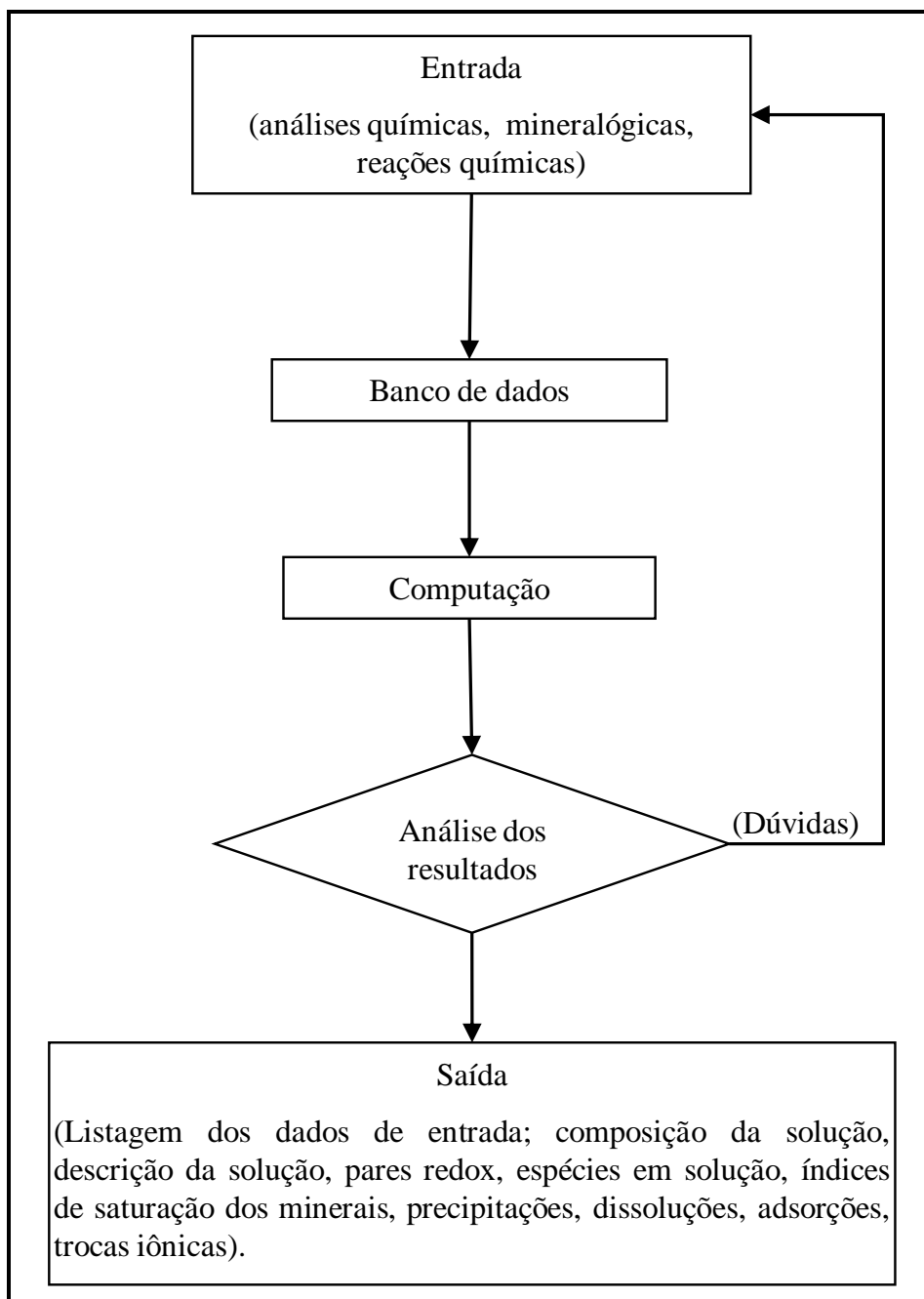


Figura 5.10 – Fluxograma simplificado da modelagem geoquímica

Fonte: Parkhurst e Appelo, 1999.

No aplicativo a entrada de dados é feita editando diretamente em um arquivo de entrada, no qual o problema é especificado, através dos comandos apropriados, ou seja, as *KEYWORDS*, ou por meio de uma planilha eletrônica. Uma vez escolhido o banco de dados a usar, este é associado aos dados de entrada (Parkhurst e Appelo, 1999).

Uma descrição completa das alternativas para entrada de dados e as formulações matemáticas do aplicativo computacional estão apresentadas em Parkhurst e Appelo (1999).

O aplicativo é de domínio público, seus arquivos de entrada podem ser editados em qualquer editor de texto, e um número de operações simples podem ser associadas por meio de comandos seqüenciais, para produzir as simulações em passos também, seqüenciais. A estrutura do aplicativo é tal que exige pouco tempo de computação, da ordem de minutos para simulações complexas. Os arquivos de entrada podem ser editados para incluir novas espécies, ou então, de preferência pode-se modificar o banco de dados utilizado (Parkhurst e Appelo, 1999).

Um aspecto facilitador do aplicativo é que permite escolher um entre os nove bancos de dados, existentes em sua biblioteca interna.

A lei de ação de massas é fundamental para a descrição do equilíbrio químico das reações em um sistema aquoso. Para uma reação química hipotética entre as substâncias A e B formando os produtos C e D, representada pela seguinte equação química (Appelo e Postma, 2006):



Em que os coeficientes estequiométricos a e b representam as quantidades de matéria das substâncias A e B, ou seja, dos reagentes, enquanto os coeficientes c e d representam as quantidades de matéria das substâncias C e D, ou seja dos produtos, envolvidos na reação definida pela Equação 5.11.

A lei de ação de massas para a distribuição das substâncias A, B C e D no equilíbrio é dada pela seguinte expressão:

$$K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \quad (5.12)$$

Na qual  $K$  é a constante de equilíbrio, para a reação dada pela Equação 5.11, e os colchetes designam a concentração de cada espécie é dada em mol/L.

No aplicativo computacional PHREEQC as concentrações das espécies, em um sistema reacional, são estabelecidas em termos de atividades, desta forma a Equação 5.12, considerando as atividades de cada uma das substâncias A, B, C e D é dada pela expressão:

$$K = \frac{(a_C)^c (a_D)^d}{(a_A)^a (a_B)^b} \quad (5.12)$$

Na qual a letra  $a$  designa a atividade ou “concentração efetiva” de cada uma das substâncias envolvidas na reação dada pela Equação 5.11

A atividade de cada componente dissolvido, em um sistema multicomponente, é relacionada com o coeficiente de atividade, de acordo com a Equação 5.13 (Appelo e Postma, 2006).

$$a_i = \gamma_i m_i \quad (5.13)$$

Em que  $\gamma_i$  é o coeficiente de atividade do componente  $i$  e  $m_i$  sua concentração molal (mol/kg de água). Os coeficientes de atividade são calculados de acordo com a teoria de Debye-Hückel.

Na formulação computacional, as espécies dissolvidas na fase aquosa são consideradas em equilíbrio termodinâmico, exceto no cálculo inicial quando um desequilíbrio entre as espécies com diferentes estados de oxidação é assumido. Para cada espécie aquosa,  $i$ , dissolvida, as variáveis consideradas são: a atividade,  $a_i$ ; o coeficiente de atividade,  $\gamma_i$ ; a concentração molal,  $m_i$ ; e, a quantidade de matéria em solução,  $n_i$ . As variáveis principais da fase aquosa são: a atividade da água,  $a_{H_2O}$ ; a força iônica da solução,  $\mu$ ; e, a massa de água,  $W_{aq}$ , dadas como logaritmos naturais (Parkhurst e Appelo, 1999).

O aplicativo computacional PHREEQC utiliza o método numérico de Newton-Raphson, para execução interna dos cálculos, definidos pelo comandos (*Keywords*) no arquivo de entrada de dados.

Trata-se de um método de derivação numérica, usado na resolução da equação diferencial que define a quantidade de matéria total da solução, em função da lei de ação de massa para o

sistema. Este método converge rapidamente, não necessita de premissas iniciais, não é exigente em capacidade computacional e é de utilização genérica (Parkhurst e Appelo, 1999).

## **5.7 Parâmetros Importantes no Monitoramento de Águas Naturais**

O monitoramento de águas naturais, em geral, é baseado no acompanhamento da evolução temporal e espacial da concentração de indicadores hidroquímicos, tais como pH, Eh, oxigênio dissolvido, temperatura, metais e outros.

Os resultados desse monitoramento podem ser usados para estabelecer a qualidade dessas águas, para caracterizar sua natureza, para identificar fatores que controlam a taxa de autodepuração, bem como identificar o processo de degradação de matéria orgânica, ou seja, se o processo é aeróbico ou anaeróbico.

Os parâmetros pH, condutividade elétrica, alcalinidade, oxigênio dissolvido e potencial de redox são parâmetros importantes para a modelagem hidrogeoquímica. Esses parâmetros podem ser medidos rapidamente, *in situ*, e usados para uma primeira caracterização da qualidade das águas.

### **5.7.1 O Potencial Hidrogeniônico**

O potencial hidrogeniônico, designado pelo termo pH, é usado universalmente para definir o caráter ácido, neutro ou básico de uma solução aquosa. Mais precisamente, expressa a atividade dos íons hidrogênio na solução.

Do ponto de vista ambiental, o pH pode caracterizar, *a priori*, a qualidade de uma água natural. Em águas não poluídas o seu valor varia, em geral, de 6,0 a 8,3 comumente situando-se em torno de 7, nessas águas. Acidez ou alcalinidade elevada de águas naturais não poluídas não é a regra, mas uma exceção. Logo este parâmetro pode indicar alguma anomalia ou poluição no meio.

O valor do pH também determina a mobilidade de muitas substâncias na água, visto que em muitos casos, a solubilidade das substâncias depende do pH. Possivelmente, águas mais ácidas terão maior concentração de solutos, portanto maior poder de transporte, em solução. Já as águas mais alcalinas poderão ter menor concentração de solutos, devido à formação de substâncias pouco solúveis, tais como hidróxidos e carbonatos de metais alcalinos terrosos e de transição, em pH elevado.

A medição do pH é um dos testes mais importantes e mais usadas na avaliação da qualidade da água. O pH é um fator importante na determinação das propriedades químicas e biológicas da água, ele afeta as formas químicas e os impactos ambientais de muitas substâncias químicas presentes na água e também a biota aquática(Weiner, 2008; Stumm e Morgam, 1996).

O pH influencia o grau de ionização, a volatilidade e a toxicidade para a vida aquática de muitas substâncias dissolvidas, como a amônia, o sulfeto de hidrogênio e o cianeto de hidrogênio. A forma ionizada da amônia, ou seja, o íon amônio,  $\text{NH}_4^+$ , que predomina em pH baixo, é menos tóxico que a forma não ionizada, a amônia,  $\text{NH}_3$ , que predomina em pH mais elevado. O amônio se transforma na forma mais tóxica, não ionizada, ou seja, a amônia,  $\text{NH}_3$ , em pH mais alto.

O valor do pH da água é um indicador do estado químico no qual muitas substâncias podem ser encontradas e deve ser considerado na avaliação da qualidade da água (Weiner, 2008; Stumm e Morgam, 1996).

### **5.7.2 A Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica de uma solução é uma medida de sua habilidade de transportar corrente elétrica, e varia de acordo com a concentração e com a natureza dos íons contidos na solução.

Atualmente, para a medição de condutividade elétrica de soluções aquosas são utilizados instrumentos de leitura direta, munidos de uma célula padrão comumente, de aço inoxidável utilizada para medições em monitoramento contínuo e estudos de campo, que é mergulhada na solução a medir. O arranjo eletrônico do instrumento permite medir a resistência elétrica na célula, equilibrando-a automaticamente com a resistência do circuito de detecção do medidor. Quando esse estado de equilíbrio é atingido, a resistência medida é convertida em condutância específica, de acordo com a Equação

$$\kappa = \frac{1}{\rho} \tag{5.14}$$

Na qual,  $\rho$  é a resistência específica e  $\kappa$  é a condutância específica, tendo unidade de 1/ohm.cm, denominada Siemens, S.



A condutância específica é considerada como a condutância apresentada por 1 cm<sup>3</sup> de uma solução de eletrólito. Na prática, uma célula de condutividade é calibrada a partir da determinação da resistência,  $R_s$ , de uma solução padrão, em geral, KCl 0,100 mol/L e então, estabelecendo a constante  $C$  da célula de condutividade conforme a Equação

$$C = \kappa_s R_s \quad (5.15)$$

Em que,  $\kappa_s$  é a condutância específica da solução de KCl e vale 0,0014118 S a 25° C, ou, 1411,8  $\mu$ S em uma unidade mais conveniente.

A condutância específica de uma amostra de água,  $C_s$ , é determinada medindo sua resistência  $R$  com a célula padrão, e em seguida, derivando-a por meio da Equação 5.16, o que é feito automaticamente pelo instrumento.

$$C_s = \frac{C}{R} \quad (5-16)$$

Na qual  $C$  é a constante da célula padrão

O valor da condutância específica é dependente da temperatura, os instrumentos atuais fazem a correção da temperatura da amostra, automaticamente, para a temperatura padrão de 25°C.

As medidas de condutância específica são utilizadas em análises de água para se obter uma estimativa da concentração de sólidos totais dissolvidos, em uma amostra de água. Esta concentração é estimada pelo produto da condutância específica  $\mu$ S por um fator empírico que varia de 0,55 a 0,9. O valor apropriado a ser usado depende da composição eletrolítica da amostra (Sayer et al.,1994).

### 5.7.3 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. Durante a estabilização da matéria orgânica bactérias aeróbias fazem uso do oxigênio nos seus processos metabólicos, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio.

A degradação da matéria orgânica pela ação do oxigênio dissolvido, é um processo mediado por bactérias, produzindo dióxido de carbono conforme a seguinte equação química:



Na Equação 5.17 a fórmula  $\text{CH}_2\text{O}$  representa um carboidrato simples, ou seja uma material orgânico simples. O processo de oxidação, representado por esta reação, pode ocorrer nos solos, mas também em aquíferos em que ocorre matéria orgânica fossilizada como turfa e lignita. Se o oxigênio for exaurido, no meio reacional, outros aceptores de elétrons como nitrato, sulfato e óxidos de ferro (III) podem substituí-lo no processo de oxidação da matéria orgânica, que se torna um processo anaeróbico (Appelo e Postma, 2006).

Como mostrado pela Equação 5.17, a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água e o aumento da concentração de dióxido de carbono são indicativos de um processo aeróbio de biodegradação. Já, o aumento da concentração de espécies reduzidas, no corpo d'água, como íons  $\text{Fe}^{2+}$  ou a diminuição da concentração de espécies oxidadas como os íons nitrato podem indicar a ocorrência de processos anaeróbios (Appelo e Postma, 2006).

O dióxido de carbono resultante da oxidação da matéria orgânica pode contribuir para aumentar a intensidade do intemperismo de minerais carbonáticos e de silicatos, devido ao aumento da acidez que acarreta no corpo d'água.

Através da medição do teor de oxigênio dissolvido, a presença de matéria orgânica oxidável nos corpos d'água e os seus efeitos podem ser avaliados. O teor de oxigênio dissolvido também indica a capacidade de um corpo de água natural manter a vida aquática.

#### 5.7.4 Potencial de Redox, Eh

O potencial de redox determina a capacidade de um ambiente natural em promover um processo de redox.

O fluxo de elétrons no meio é estimado pelo potencial de redox, definido por analogia com o potencial hidrogenionico, ou seja, pelo potencial de elétrons,  $pe$ , definido como o logaritmo negativo da concentração de elétrons.

A medição do potencial de redox em amostras de sistemas naturais, como em amostras de água, em geral dá resultados discrepantes dos valores calculados a partir dos potenciais padrões e de resultados de laboratório, para muitos pares redox. Tais discrepâncias devem-se à composição complexa das amostras naturais, à ausência de um estado de equilíbrio entre os diferentes pares redox presentes e às dificuldades analíticas em se fazer a medida com o eletrodo de platina, que incluem falta de eletroatividade na superfície do metal, envenenamento do eletrodo, surgimento de potenciais espúrios. De modo que, em geral, a medida do potencial redox tem um caráter qualitativo ou semiquantitativo (Anderson e Crerar, 1993; Stumm e Morgan, 1996; Appelo e Postma 2006).

A medição do potencial de redox, Eh, normalmente é feita com um eletrodo inerte de platina, conectado a um eletrodo de referência, cujo potencial padrão é conhecido, ou seja um eletrodo combinado. Comumente, para uso em campo, o eletrodo de referência é constituído pelo par Ag/AgCl(s) imerso em uma solução de KCl que mantém uma concentração elevada de íons  $Cl^-$ .

Em vista do aspecto qualitativo ou semiquantitativo a medida do potencial de redox, no monitoramento de águas naturais, é usada, em geral, de forma empírica para indicar se o sistema aquático é aeróbico e oxidante ou anaeróbico e redutor (Sayer et al., 1994; Appelo e Postma, 2006).

Água de ambientes oxidantes têm valores de Eh, ou seja, dos potenciais de redox maiores que águas de ambientes redutores. O decréscimo do potencial redox, Eh, de valores positivos para valores negativos reflete a mudança de condições oxidantes, favoráveis aos processos aeróbicos para condições redutoras, próprias aos processos anaeróbicos (Sayer et al, 1994; Appelo e Postma, 2006).

### 5.7.5 Acidez e Alcalinidade

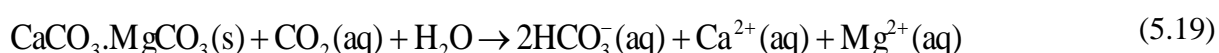
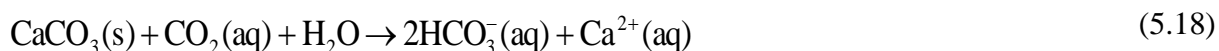
Nas águas naturais não poluídas, as espécies que determinam a concentração dos parâmetros, acidez e alcalinidade são, em geral: o  $\text{CO}_2$ , que pode ter origem na atmosfera e na degradação da matéria orgânica; e os íons carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , e hidrogenocarbonato,  $\text{HCO}_3^-$ , comumente designado como bicarbonato.

A acidez devida à dissolução do  $\text{CO}_2$  na água, em geral, é caracterizada pela reação representada pela Equação 5.14.



Além da acidez devida à reação química de dissolução do  $\text{CO}_2$ , também pode haver alguma contribuição de ácidos húmicos derivados da degradação da matéria orgânica, assim como de reações de hidrólise de metais e de processos redox (Stumm e Morgan, 1996).

A alcalinidade natural da água é proveniente em geral da dissolução de carbonatos minerais presentes no solo e, em especial, das rochas carbonáticas, de acordo com as Equações 5.15 e 5.16, que expressão a dissolução dos minerais calcita e dolomita que podem estar na constituição dessas rochas.



A alcalinidade das águas naturais está associada à concentração de íons hidróxido, carbonato e bicarbonato presentes. Em geral, a concentração dessas espécies na água determina o seu pH, assim águas com pH maior que 8,3 podem ter alcalinidade devida aos íons hidróxido e carbonato.

Como em muitos corpos d'água o pH da água, em geral se apresenta entre 7,0 e 8,3 o íon bicarbonato normalmente é espécie determinante da alcalinidade dessas águas.

### 5.7.6 Metais

Em geral, os metais presentes em concentrações maiores nas águas subterrâneas e superficiais de ambientes geológicos constituídos por rochas sedimentares e ígneas são o cálcio, magnésio, potássio e sódio, em concentrações menores ocorrem o alumínio, bário, ferro, manganês e zinco (O'Neil, 1998).

Na Tabela 5.7 estão sumarizadas concentrações médias dos metais cálcio, magnésio, potássio e sódio, em águas superficiais e subterrâneas não poluídas, de acordo com Langmuir (1997).

Tabela 5.7 – Concentração dos metais principais nas águas naturais

Concentração média (mg/L)									
Águas Superficiais					Águas Subterrâneas				
Ca	Fe	Mg	K	Na	Ca	Fe	Mg	K	Na
15	0,1	4,1	2,3	6,3	50	0,1	7,0	3,0	30

Fonte: Langmuir, (1997).

Na Tabela 5.8 estão sumarizadas concentrações médias dos metais secundários e traços mais comuns nas águas naturais, de acordo com Domenico e Schwartz, (1990). As concentrações reportadas na Tabela 5.8 são valores médios de águas superficiais e subterrâneas não poluídas, conforme Langmuir (1997).

Tabela 5.8 – Metais secundários e traços nas águas naturais

Concentração média (µg/L)										
Mn	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Pb	Zn	Se
15	10	20	0,03	0,1	1	3	0,07	3	20	0,4

Fonte: Langmuir, 1997.

Conforme sumarizado nas Tabelas 5.7 e 5.8, em geral, as concentrações de metais, nas águas naturais continentais, não poluídas, são pequenas. Em ambientes cártiscos-carbonáticos, as concentrações de cálcio e magnésio podem ser maiores que os valores reportados na Tabela 5.8.

Em ambientes geológico, de climas áridos, as águas naturais superficiais e subterrâneas podem se apresentar mais salinizadas, o que também pode ocorrer em alguns ambientes extremos, tais como lagos de vulcões extintos e outro ambientes particulares, portanto com maiores concentrações de metais.

Os comportamentos dos metais nas águas naturais podem ser descritos em termos de sua distribuição entre as fases dissolvidas e sólidas. Os metais sofrem mudanças contínuas passando por fases dissolvidas, precipitadas e sorvidas em sedimentos e matéria orgânica. As

taxas de adsorção, dessorção e de precipitação dependem do pH, do potencial redox, da composição química da água e da composição dos sedimentos de fundo e em suspensão.

A adsorção de espécies dissolvidas nos sedimentos remove o metal da massa de água e o armazena nos sedimentos, onde se tornam menos biologicamente disponíveis. A dessorção retorna o metal para a coluna de água, onde novamente se torna biologicamente disponível e onde o fluxo d'água pode transportar o metal para um novo local, em que a sorção e a precipitação podem, de novo, ocorrer. Metais podem ser dessorvidos dos sedimentos quando a salinidade da água aumenta, o potencial redox diminui, ou ocorre uma diminuição do pH.

No ambiente aquático, os metais não radioativos causam preocupação ambiental e sanitária quando presentes em formas dissolvidas, embora a ingestão e inalação de material particulado contendo metais, também pode ser um sério risco à saúde. Metais radioativos são perigosos por causa de suas emissões ionizantes, bem como sua toxicidade química e podem ser prejudiciais tanto na forma dissolvida quanto particulada, mesmo quando não entram nos organismos ou quando não são ingeridos.

## **6 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **6.1 O Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo**

Trata-se de uma fazenda experimental, na qual são desenvolvidas pesquisas relacionadas, principalmente, ao cultivo de milho, sorgo, milheto e soja, no que tange à produtividade, ao uso do solo, à irrigação, ao manejo de pragas e doenças, e ao desenvolvimento de tecnologias associadas (Embrapa, 2005).

Destaca-se também a qualificação e treinamento de pessoal, através da oferta de cursos e atividades de campo. “O CNPMS possui como carro-chefe de suas atribuições o treinamento, por meio de pesquisas e o repasse de informação tecnológica para o agronegócio realizado por empresas privadas, além de extensionistas, formando para tal uma rede de informações cujo alvo principal é o usuário” (Nogueira, 2003).

### **6.2 Características Fisiográficas**

#### **6.2.1 Localização**

A sede do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo – CNPMS, da EMBRAPA, situa-se no município de Sete Lagoas. Suas terras estendem-se por quase 2000 ha, com parte no município de Prudente de Moraes, na área de influência de Sete Lagoas.

Apesar da proximidade de Belo Horizonte, que é a metrópole regional, Sete Lagoas manteve sua identidade e tornou-se um polo local, centralizando dentro do município, uma série de atividades de importância para os municípios vizinhos, tais como serviços médicos, hospitalares e educacionais, rede bancária, comércio varejista e atacadista e um segmento industrial importante, em que se destacam as indústrias mínero-metalúrgica e automobilística.

Os principais acessos de Belo Horizonte às instalações do CNPMS, são a rodovia estadual MG 424, em que está situado no km 65, a cerca de 12 km da sede municipal de Sete Lagoas e 3 km da sede municipal de Prudente de Moraes, e a rodovia federal BR 040, que liga o Rio de Janeiro a Brasília.

A rodovia estadual MG 424 passa pelos municípios de Vespaziano, Pedro Leopoldo e Matozinhos, chegando a Prudente de Moraes, de onde se alcançam as instalações do CNPMS e da EPAMIG.

Na Figura 6.1 esta apresentada a situação geográfica da área do estudo, em relação aos municípios vizinhos, que integram a microrregião de Sete Lagoas, e ao rio das Velhas.

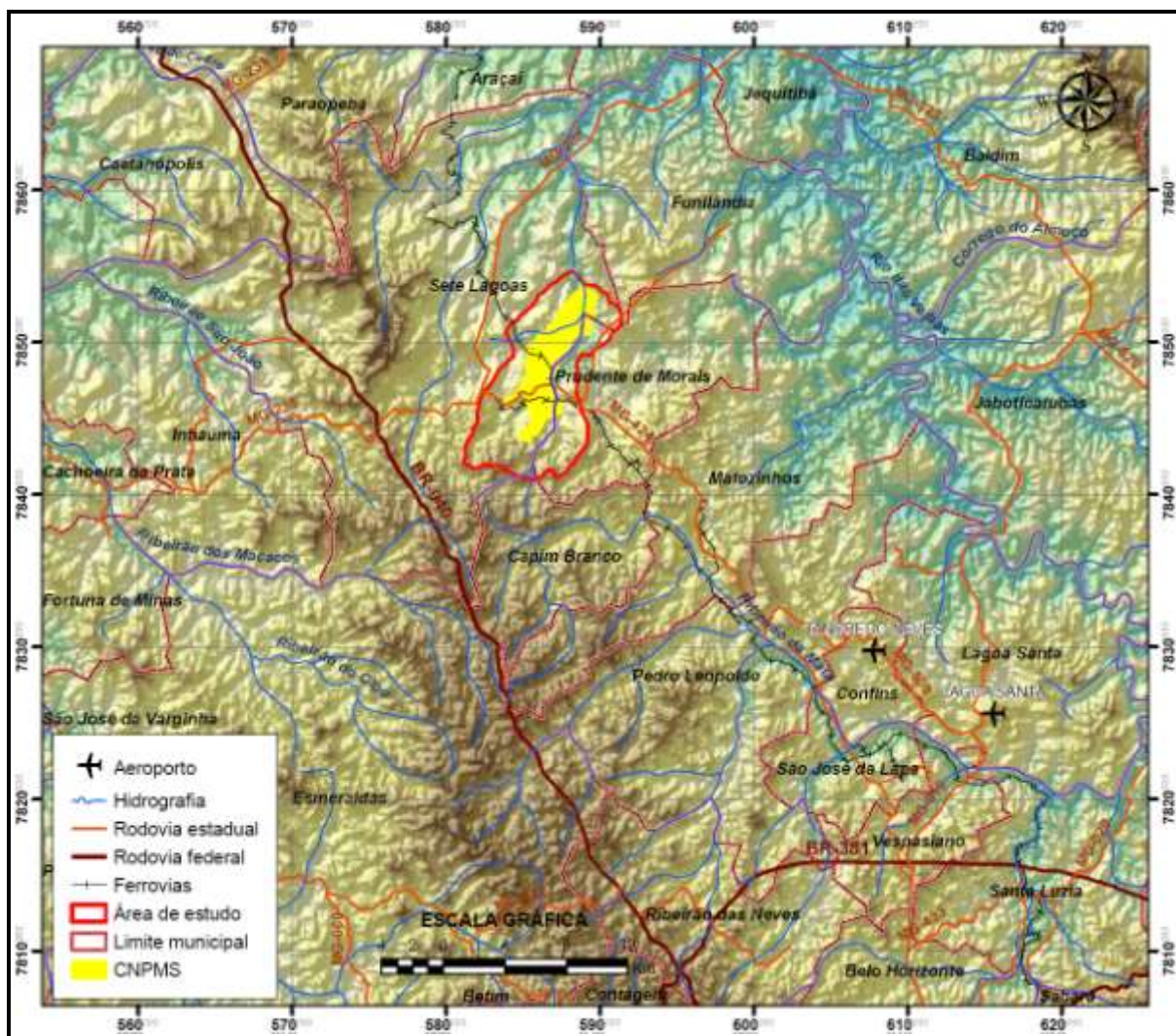


Figura 6.1 – Localização da área do estudo

Fonte: IBGE, 2011; INPE, 2011. Adaptação: Santos, F., 2011.

Além das áreas urbanas vizinhas ao CNPMS, a área é cortada pelos córregos Matadouro e Jequitibá, que constituem suas principais drenagens.

Os dois municípios, nos quais está situada a área do estudo, encontram-se a noroeste da capital mineira, limítrofes com a região metropolitana de Belo Horizonte, distando da capital, respectivamente, 65 e 97 km pelas rodovias MG 424 e Br 040.

A cidade de Prudente de Moraes está na área de influência de Sete Lagoas. Grosso modo, pode-se dizer que sua situação é a de um bairro de Sete Lagoas, visto sua dependência dos serviços daquela cidade.

Inúmeras estradas vicinais e intermunicipais, com piso em terra batida, em geral de qualidade razoável, a menos durante a estação de chuvas, cortam a região.



Também é servida por um ramal, em bitola larga, da extinta Rede Ferroviária Federal – RFFSA, hoje pertencente a uma subsidiária da companhia Vale do Rio Doce, a Ferrovia Centro Atlântica – FCA.

As terras do Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo – CNPMS, da EMBRAPA, se estendem por quase 2.000 ha, encontrando-se distribuídas entre os municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais, a uma menor distância da sede municipal de Prudente de Morais. Essas terras são limitadas a sudeste pelas terras da fazenda experimental da EPAMIG, cuja área compreende mais de 500 ha.

Parte dos trabalhos e investigações propostos no projeto de pesquisa vem sendo realizados nas instalações do nessas duas áreas e em seus arredores.

### **6.2.2 Clima**

Grosso modo, as características climáticas, edáficas e florísticas da microrregião de Sete Lagoas estão no contexto dos cerrados, na porção central Minas Gerais.

O clima é tropical de altitude, com verões quentes e chuvosos e invernos secos. A estação chuvosa de outubro a março e estiagem de maio a agosto. O índice médio pluviométrico anual é de 1403 mm.

A estação chuvosa é predominantemente no período de verão, com média pluviométrica de 1000 a 1500 mm/ano. O clima da microrregião de Sete Lagoas é marcado por duas estações bem definidas: uma estação seca, de abril a setembro, com média pluviométrica de 282 mm/a e temperatura média de 18 °C, que inclui um inverno em que se registram temperaturas mais amenas e uma estiagem mais intensa; uma estação de chuvas, de outubro a março, com média pluviométrica de 1482 mm/a e temperatura média de 21°C. A temperatura média anual é de 19,9 °C. As temperaturas mínimas e máximas absolutas registradas foram de -6°C e de 31,7°C, respectivamente. A umidade relativa média é de 79%, com de cerca de 190 dias de chuva. Os ventos são moderados e predominantes na direção geral NE e com velocidade de 10 a 15 km/h.

Na classificação de Köppen, o clima, nos municípios de Sete Lagoas e Prudente de Morais, corresponde ao tipo Cwa, clima temperado úmido com inverno seco e verão brando. Esse tipo de clima caracteriza-se por: temperaturas no mês mais frio maiores que -3 °C e menores que 18 °C, com média maior que 10 °C; estação seca no inverno; e temperatura média no mês

mais quente maior que 22 °C. A não ser possíveis particularidades locais, essas características climáticas podem ser atribuídas a toda microrregião.

Medições pluviométricas na estação do 5º distrito meteorológico, localizada no CNPMS, no local chamado de “Campos de Algodão”, a cerca de 4 km da sede e já no município de Prudente de Morais, resultaram em uma média de 1724 mm para os anos hidrológicos no período 1990 – 2010, com máximo de 2128 mm no ano hidrológico 1995–96 e mínimo de 1448 mm em 1989–90, de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia–INMET, 2011.

Na Figura 6.2 está apresentado o diagrama da pluviometria, para o período de trinta anos compreendido de 1980 a 2010, registrada na estação meteorológica do Ministério da Agricultura localizada no CNPMS.

Conforme pode ser observado no diagrama da Figura 6.3 as precipitações anuais foram crescentes nos anos hidrológicos de 2007 a 2010.

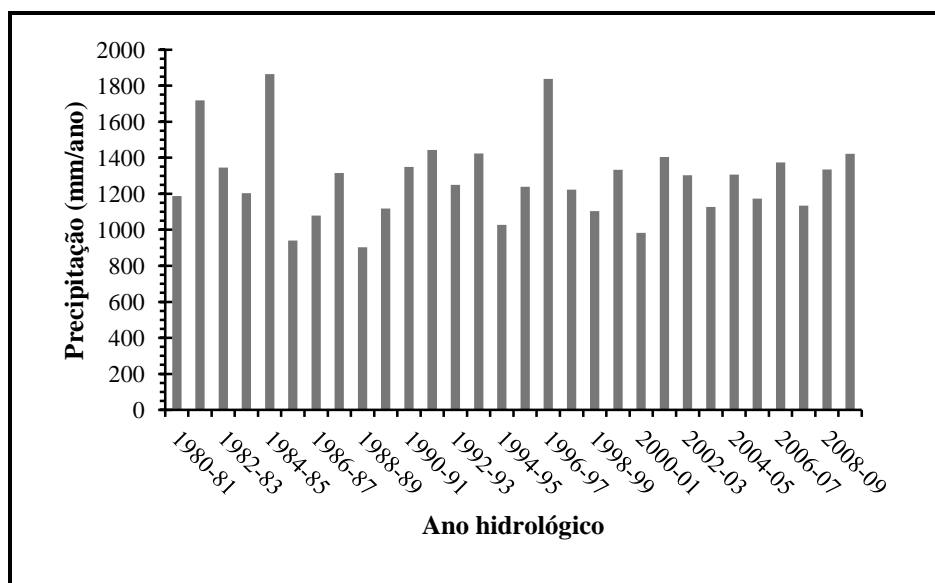


Figura 6.2 – Pluviometria medida na área do CNPMS

Fonte: INMET – CNPMS, 2011.

No período de 2006 a 2010, quando foram executadas, no CNPMS, as diversas atividades de campo, previstas no projeto de pesquisa, o menor volume de chuvas ocorreu no ano hidrológico 2007-2008, com uma precipitação anual de 1134 mm, e o maior foi verificado no ano hidrológico 2009-2010, com uma precipitação anual de 1423 mm, de acordo com os dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET-CNPMS, 2011).

### 6.2.3 Vegetação

A diversidade de formas de relevo no Brasil, associadas aos solos e climas predominantes, propiciaram o surgimento de uma grande variedade de formações vegetais. Dentre essas, o cerrado, que ocupa boa parte de sua porção central (Tucci et al., 2001).

O cerrado, no qual está inserida a área do estudo, é um importante bioma, que alcança cerca de 24% do território do brasileiro. Em Minas Gerais chega a cerca de 57% do território do estado.

Na Figura 6.3 estão representados os dois grandes domínios da vegetação no estado de Minas Gerais (Scolforo e Carvalho, 2006). A área do estudo está localizada na microbacia do ribeirão Jequitibá, no domínio do Cerrado.

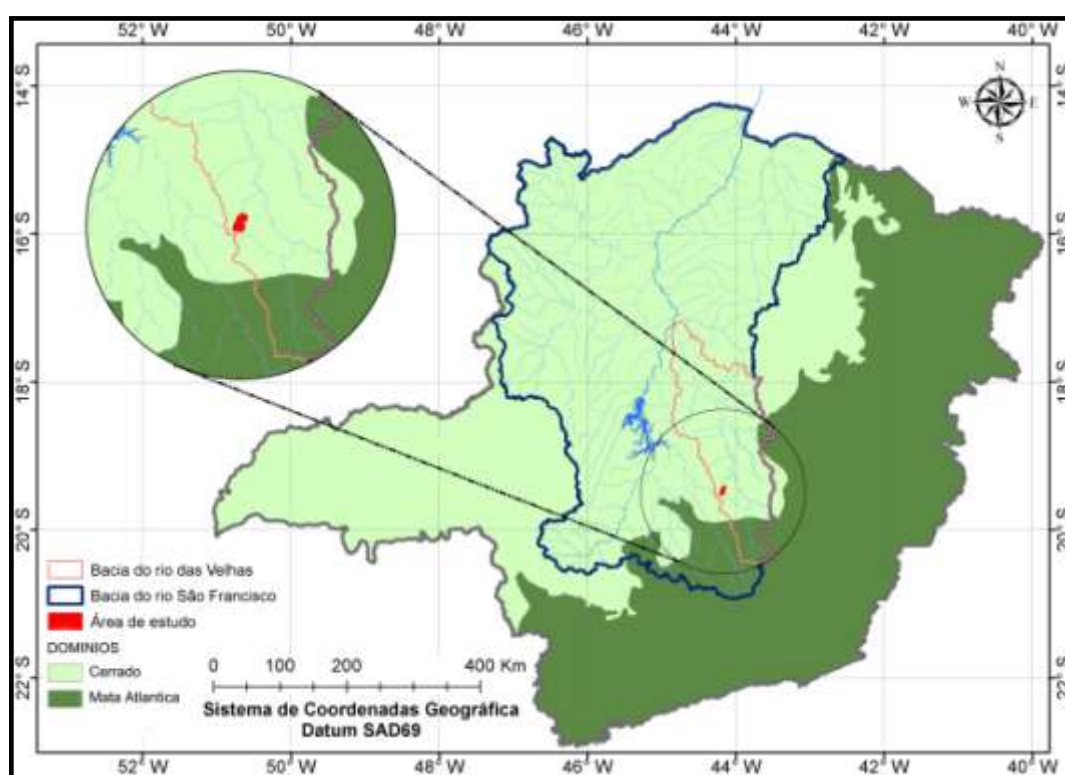


Figura 6.3 – Localização da área do estudo no bioma cerrado

Fonte: Instituto Estadual de Florestas, 2008. Adaptação: Santos, F., 2011.

De acordo com Branco, 1961, a vegetação de cerrado é típica do Grupo Bambuí. Que constitui a vegetação nativa predominante, em mais de 30% da área do estudo.

A bacia do ribeirão Jequitibá, na qual está a área do estudo, se estende por cerca de 621,1 km<sup>2</sup>. A área se encontra antropizada e, atualmente, com grandes extensões de culturas. Considerando apenas a vegetação nativa, cerca de 27,9% da área da bacia é coberta por

vegetação de cerrado, 10,7% são cobertos por campos e 5,3% por florestas semidecíduas (Scolforo e Carvalho, 2006; Chaves, 2005).

O panorama da bacia do ribeirão Jequitibá, grosso modo, se repete na área do CNPMS, que já se encontra bastante antropizada, sujeita à ação de queimadas periódicas, a extração ilegal de madeira e a coleta de minhoca. Uma parte da área do CNPMS não tem tido outro uso que o de reserva legal de vegetação nativa e, até onde foi possível averiguar, inclusive por meio de aerofotos antigas, não sofreu desmatamento, uso agrícola ou perturbações maiores conforme descrito em Viana, (2005).

Além da litologia, o clima e o relevo condicionam o solo e a vegetação. Assim, no entorno da área do CNPMS, observa-se uma transição entre tipos de vegetação. De acordo com CPRM, (1994), observa-se: “Nas áreas areno-pelíticas a vegetação predominante é de cerrado, passando a campo com o aumento da declividade do terreno; ocorre um adensamento da vegetação, tipo “mata de galeria”, nas drenagens onde a umidade do solo aumenta; e, nos locais onde predominam as rochas pelítico-carbonáticas, há uma transição da vegetação para cerradão e por vezes floresta aberta, até alcançar as rochas carbonáticas, onde essas características são bem pronunciadas”.

#### **6.2.4 Solos**

Um dos trabalhos pioneiros na investigação de solos de cerrados foi conduzido por Sans (1973), na região de Sete Lagoas e Prudente de Moraes, nas vizinhanças da área do estudo, pelo fato de ser uma região representativa “de uma área considerável do Brasil Centro-Oeste”.

Panoso, Ramos e Brandão (2002) admitem que, embora o calcário seja uma das principais rochas da região, poucas são as evidências de sua participação na formação da maioria dos solos identificados que são pertencentes à ordem dos latossolos, subordens Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos-Amarelos.

Grosso modo, em levantamento de cerca de 90% da área do CNPMS, Panoso, Ramos e Brandão (2002) constataram que os Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos-Amarelos, distróficos e, ou distroféricos prevalecem em cerca de 55% da área levantada, quase todas com caráter álico, ou seja, com teor de alumínio extraível superior a 0,5 cmol/kg de solo e saturação por alumínio superior a 50%. Este fato comprova que mais de sessenta por cento

das terras trabalhadas apresentam solos de muito pouca ou mesmo nenhuma influência de materiais de origem ricos em minerais de natureza básica, como o calcário.

Além destas duas grandes classes de solos latossólicos, outras classes pertencentes a esta ordem foram descritas e mapeadas na região, por esses autores.

Assim, em importância geográfica, ocorrendo em cerca de 21% da área, estão os solos com teores mais elevados de óxidos de ferro, que no Sistema Brasileiro de Classificação pertencem às classes de Latossolos Vermelhos distroféricos e Latossolos Vermelhos Amarelos distroféricos (Panoso, Ramos e Brandão, 2002).

Ocorrem ainda solos com horizonte B textural, com dominância de argilas de média atividade sobre os óxidos e, portanto geneticamente menos intemperizados que os Latossolos. Taxonomicamente, foram e classificados como Argissolos Vermelhos Eutróficos típicos, e correspondem aos solos anteriormente designados como Podzólicos Vermelhos Amarelos. Ainda, solos com horizonte B incipiente foram mapeados na região de estudos. Esses pertencentes à classe dos Cambissolos Háplicos Distróficos típicos (Panoso, Ramos e Brandão, 2002).

As demais classes de solos identificadas e mapeadas no CNPMS localizam-se nas partes planas e baixas da região. São pertencentes aos solos desenvolvidos de sedimentos quaternários aluvionares e ou coluvionares, com maior ou menor influência do lençol freático, este grupamento que inclui os Neossolos e os Gleissolos (Panoso, Ramos e Brandão, 2002).

Neossolos Flúvicos Eutróficos ocorrem em 9,2% da área, assim tendo representatividade geográfica. Por fim, faz-se presente ainda na região de estudo solos de muito pequeno desenvolvimento genético e também da classe dos Neossolos, mas com relevo muito movimentado forte ondulado e montanhoso e que correspondem aos anteriormente denominados como Litossolos e por Afloramentos Rochosos, principalmente de calcários. Dos antigos Litossolos, com pequena expressão areal, na área do estudo, cujo horizonte R é constituído nas duas unidades mapeadas, de folhelhos ardósianos. Estes solos são classificados como Neossolos Regolíticos (Panoso, Ramos e Brandão, 2002).

Viana (2005) estudou aspectos relacionados à gênese e mineralogia de alguns dos solos na área do estudo. Em mapeamento detalhado, de parte da área do CNPMS, classificou seu solo como Latossolo Vermelho-Amarelo, com uma inclusão de Latossolo Amarelo representando

21% da área estudada. As análises mineralógicas indicaram que o modelo de gênese deste solo deve incluir a possibilidade de contribuições de materiais alóctones ao Grupo Bambuí.

De acordo com Panoso, Ramos e Brandão, (2002) e Viana (2005), as classes de solos dominantes na área do estudo pertencem à ordem dos Latossolos, subordens, Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos Amarelos.

Na Figura 6.4 está apresentado um mapa de solos, no qual se encontram sumarizadas as principais classes de solos na área do CNPMS, adaptado de Panoso, Ramos e Brandão, (2002).

Conforme pode ser observado no mapa na Figura 6.4 cerca de 50% da área do CNPMS é capeada por Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos Amarelos. nesses solos, estão concentradas as áreas das culturas experimentais, praticadas no centro.

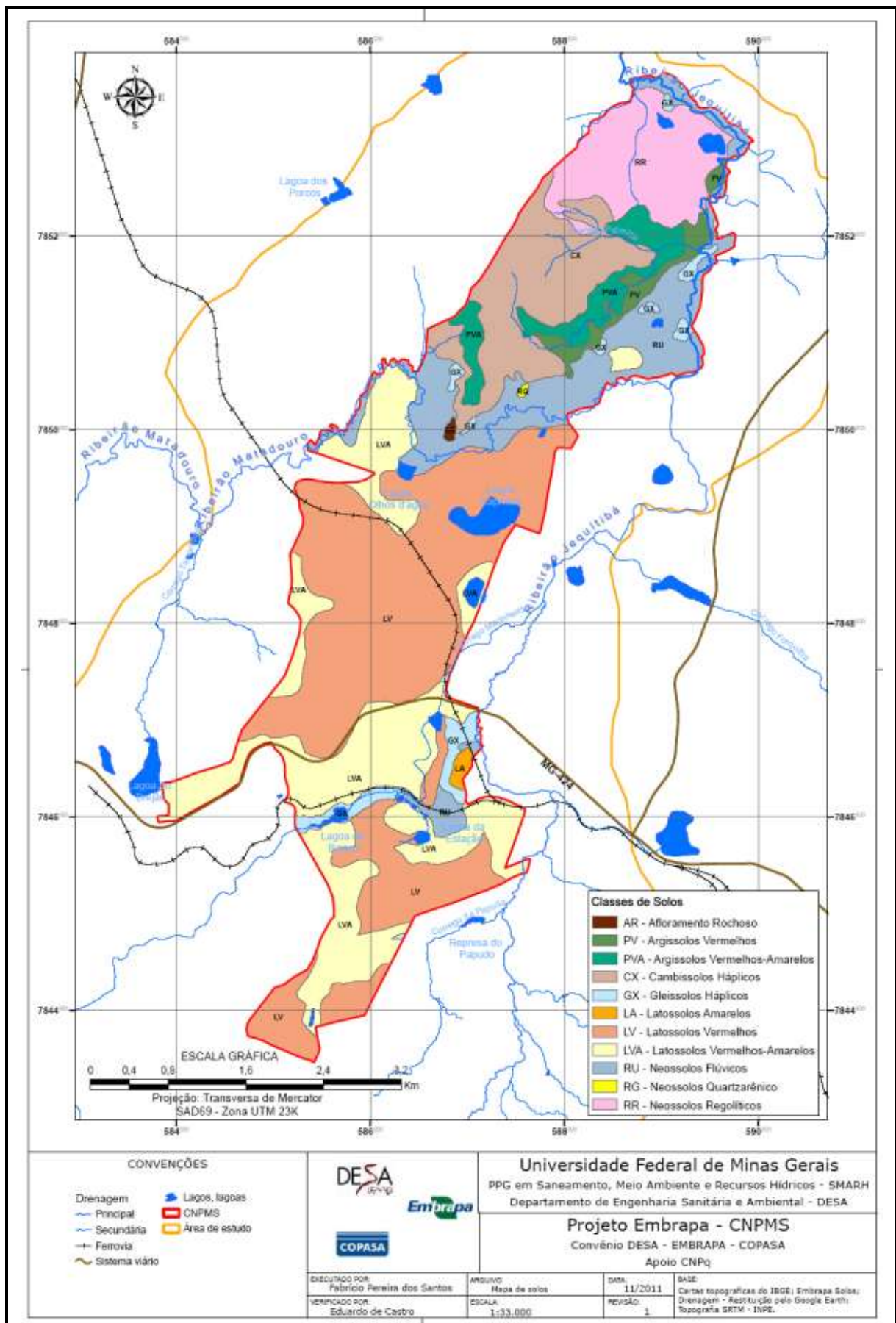


Figura 6.4 – Principais classes de solos na área do CNPMS

Fonte: Panoso et al., 2002. Adaptação: Santos, F., 2011.

### **6.3 Características Sócio-Econômicas**

O município de Sete Lagoas conta com um parque industrial diversificado, que produz desde alimentos e tecidos até produtos siderúrgicos e veículos de carga. Conta com mais de 100 indústrias, de pequeno a grande porte, que compreendem cerca de 25 diferentes tipologias.

Entretanto, a produção de ferro-gusa contínua como carro chefe da indústria local. O município é um polo de produção de ferro gusa, com 29 siderúrgicas em funcionamento.

#### **6.3.1 Recursos Minerais**

Sete Lagoas e municípios vizinhos contam com expressivas jazidas de calcário, que suprem importantes indústrias de cal e cimento (Nogueira, 2003). Também, conta com significativas reservas de rochas destinadas à construção civil, entre as quais se destaca a reserva de ardósia, que é a maior do estado, com um total medido de 650 000 m<sup>3</sup>.

O calcário industrial, incluindo o calcítico, magnesiano e dolomítico, entre reservas medidas e indicadas, alcança 440 milhões de toneladas, que corresponde a cerca de 7% das reservas estaduais, medidas e indicadas. O calcário calcítico e o magnesiano destinam-se à indústria siderúrgica, cimenteira e de cal, enquanto o dolomítico destina-se à agricultura e a indústria de pedras para mosaico.

#### **6.3.2 Uso e Ocupação do Solo na Região de Sete Lagoas**

Com relação à agricultura e à pecuária, Sete Lagoas e municípios satélites respondiam por 18% do total de hortifrutigrangeiros comercializados na Ceasa. Dentre as culturas mais expressivas encontram-se o milho, o feijão e o arroz, com uma área agrícola de cerca de 3100 ha. Destacam-se ainda as culturas de mandioca e cana-de-açúcar, a primeira ocupando cerca de 250 ha. A segunda, com área não informada, oito alambiques existentes na região, usados para produção de aguardente e rapadura (SEBRAE, 2002)

Devido à urbanização da área rural limítrofe com a cidade de Sete Lagoas, a produção olerícola teve sua área de ocupação bastante reduzida, restringindo-se a menos de 100 ha, mas com boa produção de tomates, quiabo, pimentão, cebola, alho e folhosas que abastecem o mercado interno e produzem excedentes que são comercializados no Ceasa-MG.



A pecuária de corte é pouco expressiva no município, sendo suficiente para o mercado do local. Já a pecuária leiteira é significativa, sendo o município uma das mais expressivas bacias leiteiras de Minas Gerais, com uma produção anual de em torno de 29 milhões de litros de leite. A indústria de laticínios, instalada no município, embala cerca 50 000 litros de leite por dia e industrializa outros 8000 litros, cujos produtos principais são queijos diversos e doces de leite, que se destinam principalmente aos mercados de Sete Lagoas e Belo Horizonte, que consome a maior parte da produção local.

Também há no município expressiva suinocultura, com poucas granjas de alta tecnologia, que produzem em torno de 4 000 toneladas anuais de carcaças de suínos.

A maioria das propriedades rurais do município tem área de até 50 ha, e são exploradas pelo proprietário que têm, em média, cinco trabalhadores permanentes, dos quais um é residente na propriedade. Com relação à adequação agropecuária dos solos, segundo SEBRAE (2002), distinguem-se, no universo de propriedades cadastradas:

- 73,3% possuem solos apropriados para lavoura;
- 65,8 % possuem adequados solos para pastos implantados;
- 63,4% terras de campo ou pasto nativo;
- 50,8% solos de florestas; e,
- 37,9 % terras inaproveitáveis.

Neste cenário estão dois importantes centros de pesquisa agrícola, o Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo – CNPMS, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA e a Estação de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, cujas principais práticas encontram-se no desenvolvimento de experimentos agrícolas conduzidos de forma intensiva. Admite-se, que nesses experimentos são utilizados uma diversidade de agroquímicos, entre eles adubos nitrogenados e o pesticida a atrazina. Neste contexto, parte das atividades do presente estudo foi desenvolvida.

#### **6.4 Geologia**

A área do estudo situa-se no extremo sudeste da bacia sedimentar do São Francisco, considerada como a porção sul do cráton homônimo, cuja área alcança cerca de 500 000 km<sup>2</sup> cobrindo, principalmente, os estados de Minas Gerais e Bahia (Alkmim e Martins-Neto, 2001).

A bacia do São Francisco encerra as seguintes unidades litoestratigráficas maiores: o Supergrupo Espinhaço e unidades correlativas, o Supergrupo São Francisco e os Grupos Santa-Fé, Areado, mata da Corda e Urucuia (Alkmim e Martins-Neto, 2001).

O Supergrupo São Francisco compreende uma extensa cobertura sedimentar, constituída de rochas clásticas e carbonáticas, de idade neoproterozóica. Integram este Supergrupo, uma unidade glacial basal, o conglomerado Carrancas, compreendendo o Grupo Macaúbas e a Formação Jequitáí, capeados por uma espessa sucessão de rochas carbonáticas e clásticas, que constituem o Grupo Bambuí (Dardenne, 1978; Uhlein et al., 1999; Martins-Neto et al., 2001).

#### 6.4.1 Geologia Regional

Grande parte da bacia sedimentar do São Francisco está em território mineiro (onde se localiza a nascente do rio São Francisco) e baiano, estendo-se por uma estreita faixa dos territórios dos estados de Goiás e Tocantins, conforme mostrado na Figura 6.5.

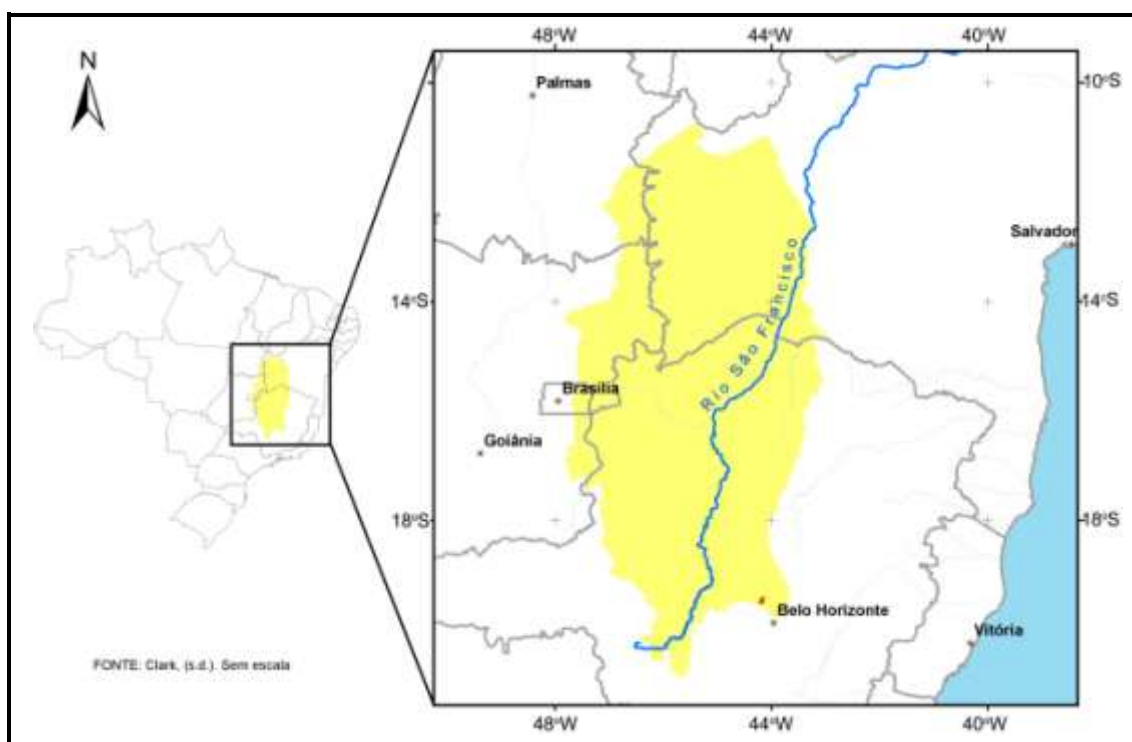


Figura 6.5 – Localização da Bacia do São Francisco

Fonte: Clark, (s.d.).

Segundo Alkmim e Martins-Neto, (2001), marcam os limites da bacia as seguintes feições:

- sul — contato entre as rochas do Supergrupo São Francisco e o substrato cratônico, constituído por rochas mais antigas que 1,8 Ga;

- leste — pela Faixa Araçuaí, cuja expressão local é a cordilheira do Espinhaço Meridional;
- oeste e norte — pelas Faixas Brasília e Rio Preto; e,
- nordeste — pelo corredor intracratônico de deformação do Paramirim, localmente representado pelas serras do Espinhaço Setentrional e do Boqueirão.

Desta forma, os limites leste, oeste e norte da bacia coincidem com os limites do cráton. O limite sul é de caráter erosional e o limite nordeste é um elemento da estrutura intracratônica, ou seja, o corredor de deformação do Paramirim (Alkimim e Martins-Neto, 2001).

Almeida (1977) admitiu que ao final do Evento Transamazônico o processo de cratonização chegou ao término. De acordo com esta concepção, foi estimado que o embasamento do cráton fosse constituído pelas rochas mais velhas que o Supergrupo Espinhaço, devido a “pronunciada discordância que separa tais unidades”.

Conforme Alkimim e Martins-Neto (2001) uma vez conhecida a idade das rochas basais deste Supergrupo, o embasamento da bacia intracratônica seria constituído por todo o conjunto de rochas mais velhas que 1,8 Ga. Assim, as unidades de preenchimento seriam constituídas pelas rochas mais jovens que esta idade. Essas unidades estão sintetizadas na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Unidades de preenchimento da bacia intracratônica do São Francisco

Idade			
paleo/mesoproterozóica	neoproterozóica	permo-carbonífera	cretácica
Supergrupo		Grupo	
Espinhaço	São Francisco	Santa Fé	Areado Mata da Corda Urucuia

Fonte: Alkimim e Martins-Neto, 2001.

Na Figura 6.6 apresenta-se um mapa geológico simplificado da bacia intracratônica do São Francisco segundo Alkimim e Martins-Neto (2001), no qual se mostra a distribuição areal das grandes unidades litoestratigráficas e as feições estruturais regionais.

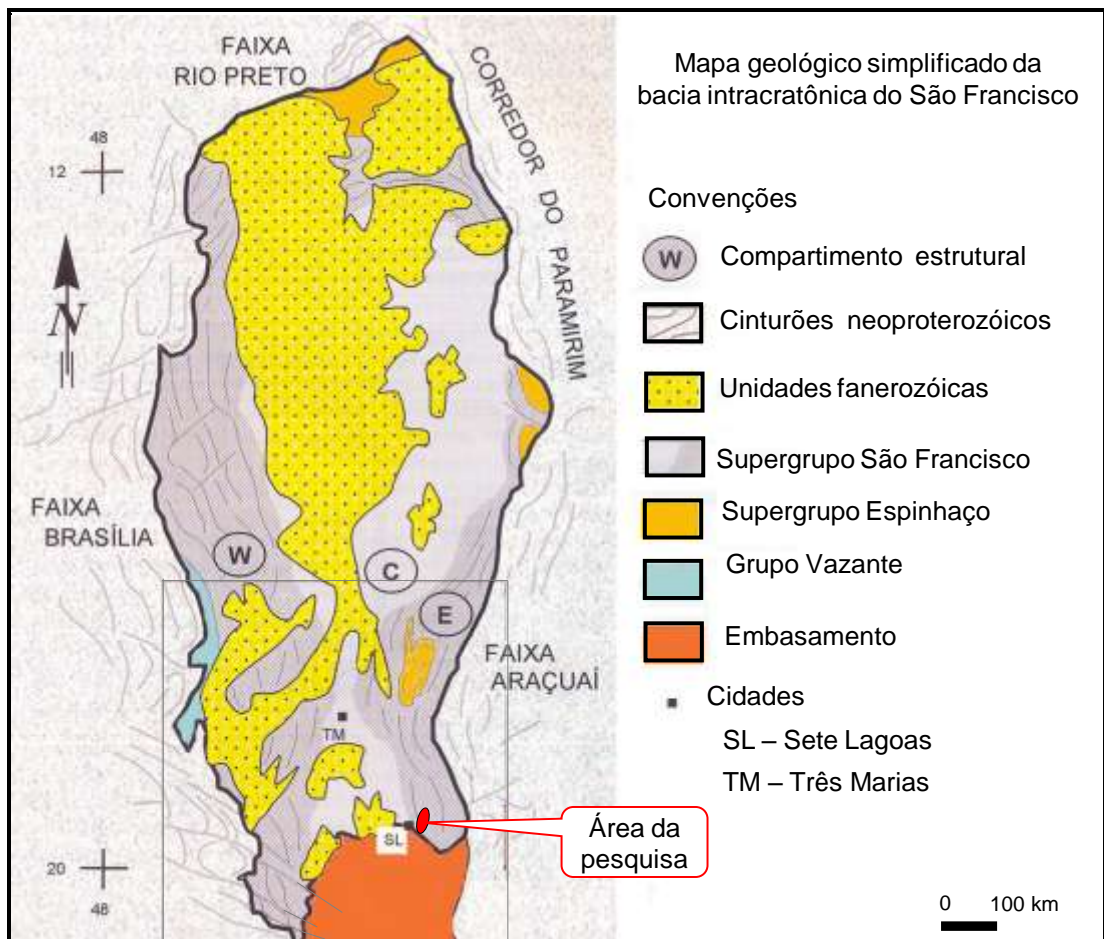


Figura 6.6 – Mapa geológico simplificado bacia intracratônica do São Francisco

Fonte: Pinto e Martins-Neto, 2001.

O Cráton do São Francisco serviu de embasamento para a deposição dos sedimentos neoproterozóicos depositados sob a influência de glaciação. A Formação Jequitai é a unidade glaciogênica depositada no domínio cratônico, com pouca ou quase total ausência dos efeitos da deformação Brasiliana, enquanto que o Grupo Macaúbas inclui uma espessa seqüência de depósitos glaciogênicos e gravitacionais de borda cratônica e que sofreu os efeitos da deformação Brasiliana, fazendo parte da Faixa Araçuaí, conforme Karfunkel e Hope (1988), Uhlein (1991), Uhlein et al., (1999), citados em Alkimim e Martins-Neto (2001).

Para a bacia intracratônica do São Francisco, o empilhamento de suas unidades de preenchimento é representado pela coluna estratigráfica mostrada na Figura 6.7.

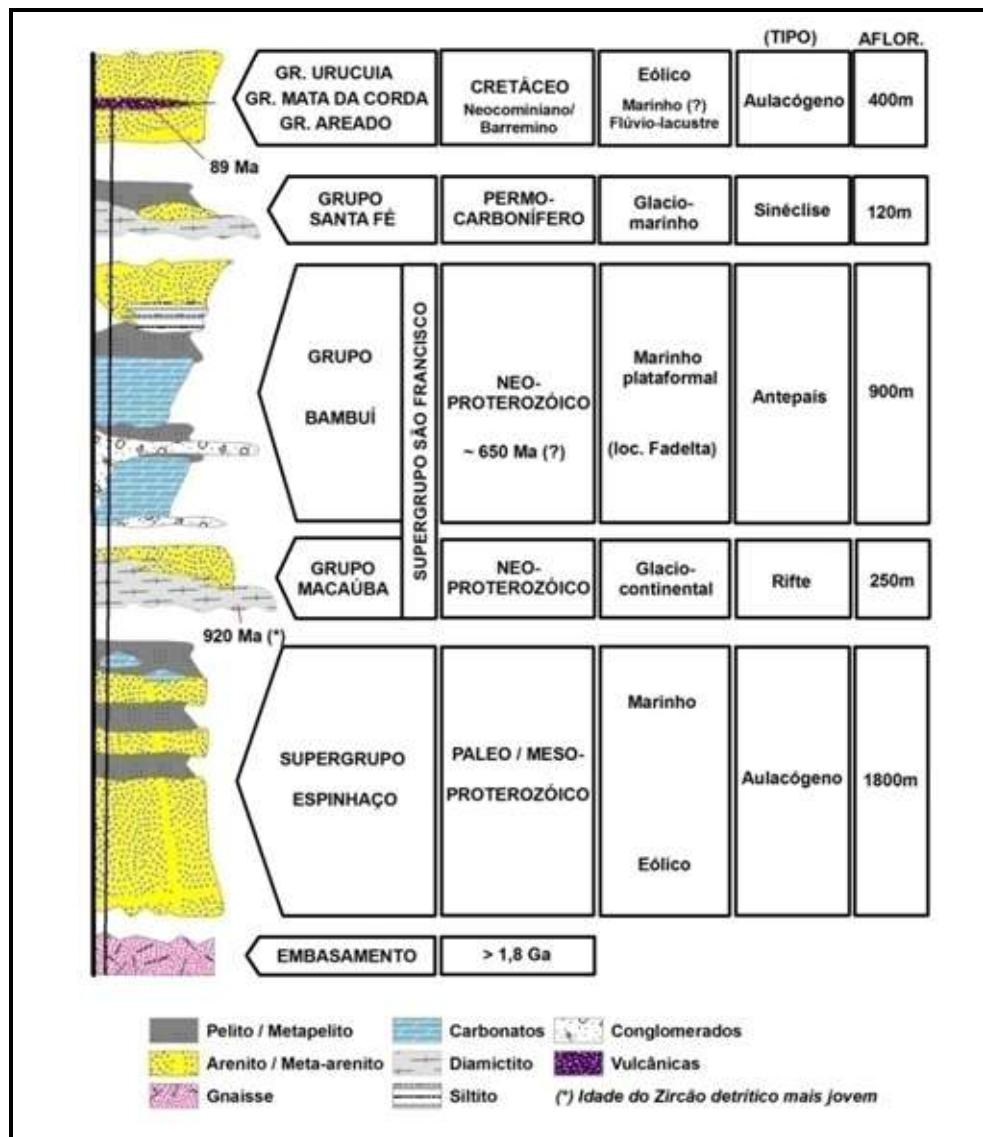


Figura 6.7 – Coluna estratigráfica da bacia intracratônica do São Francisco

Fonte: Alkimim e Martins-Neto, 2001.

A unidade característica desta bacia intracratônica é constituída pelo Grupo Bambuí, que exibe a maior área de afloramento entre todas as suas unidades. Este grupo compõem-se de um pacote de rochas carbonáticas, alternadas com material terrígeno, constituindo uma sequência plataformal, que marca uma transgressão marinha generalizada sobre o Cráton do São Francisco, e uma total mudança no comportamento geológico de sua região sul. Assim, tornou-se um sítio de deposição de sedimentos originados de áreas soerguidas no seu entorno, isto é, uma bacia de antepaís (Alkimim e Martins-Neto, 2001).

A partir de perfurações exploratórias realizadas pela Petrobrás, na região do médio São Francisco, incluindo os municípios de Montalvânia e Urucuiá em Minas Gerais, nos anos

1980 até ao final dos anos 1990, Fugita e Clark Filho (2001), resumiram o empilhamento das unidades de preenchimento da bacia homônima conforme a coluna estratigráfica mostrada na Figura 6.8, originalmente, proposta por Braun et al. (1990) tendo sido adotada pela Petrobrás, para a bacia do São Francisco.

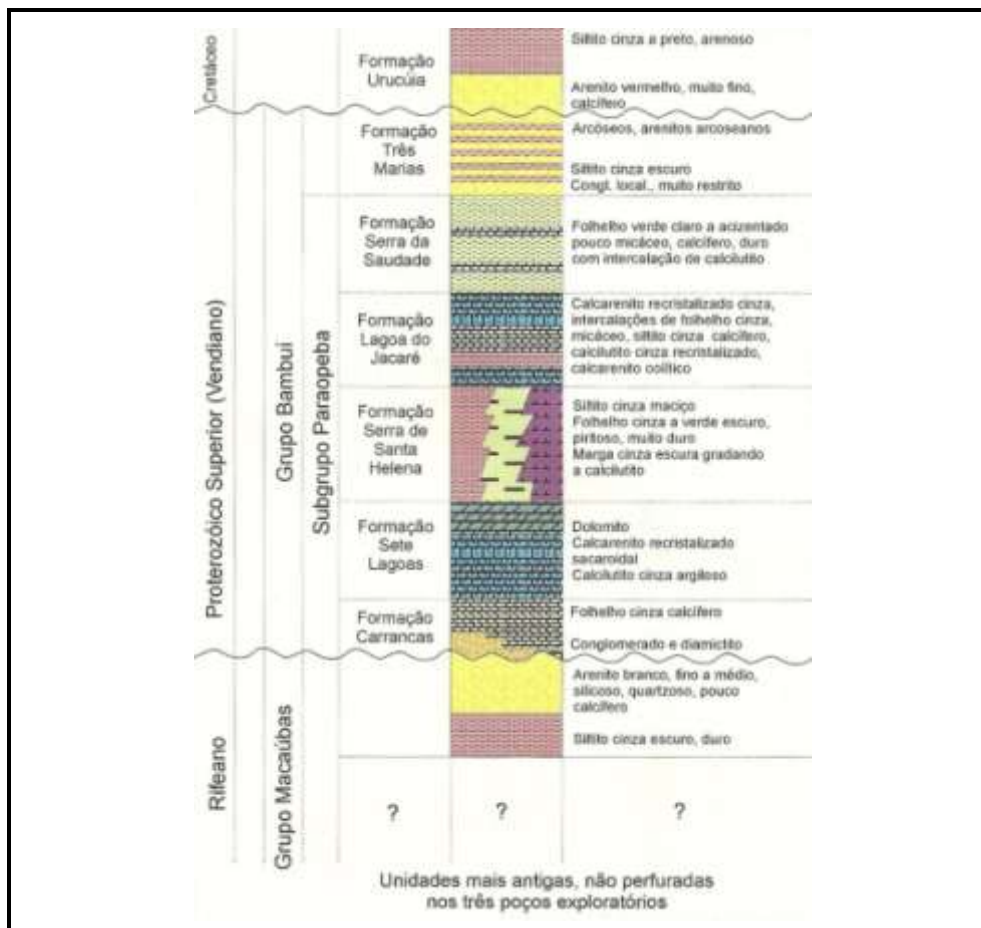


Figura 6.8 – Coluna estratigráfica resumida para a bacia do São Francisco

Fonte: Fugita e Clark Filho, 2001.

Vieira (2007) realizou estudos detalhados de fácies sedimentares e empilhamento estratigráfico da Formação Sete Lagoas, em 16 seções localizadas na área clássica da referida unidade, ou seja, em torno das cidades de Sete Lagoas e Vespasiano, ao longo de um perfil de 80,5 km. Foram reconhecidas 11 fácies sedimentares da Formação Sete Lagoas, 2 fácies do Conglomerado Carrancas e 3 fácies na porção basal da Formação Serra de Santa Helena.

As seqüências estratigráficas, descritas por Vieira (2007), são caracterizadas por tratos de sistema transgressivo e mar alto, com preservação secundária de um trato de sistema de mar baixo. Das três seqüências reconhecidas, duas estão associadas à sucessão carbonática da

Formação Sete Lagoas, enquanto a última seqüência, sobreposta aos carbonatos, corresponde ao registro siliciclástico da Formação Serra de Santa Helena.

A distribuição estratigráfica das associações de fácies revelou uma transição de ambientes de águas rasas, para ambientes de águas mais profundas de Oeste para Leste, da área estudada. Um modelo de rampa carbonática, mostrando os diferentes estágios de evolução das seqüências, é apresentado como proposta de interpretação para os dados faciográficos e estratigráficos obtidos para os depósitos da Formação Sete Lagoas na região homônima e proximidades, de acordo com Vieira (2007).

#### **6.4.2 Geologia Local**

Para a área estudada no âmbito do Projeto Vida (CPRM, 2003), que inclui a região de Sete Lagoas e municípios vizinhos, foi estabelecido um modelo para a sedimentação das seqüências que compõem o Grupo Bambuí, na área, compreendendo seqüências transgressivas e regressivas, representadas por três ciclos, a saber: um ciclo transgressivo inferior correspondendo ao Membro Pedro Leopoldo; um ciclo regressivo intermediário que corresponde ao Membro Lagoa Santa; e, um ciclo transgressivo superior, correspondendo à Formação Serra de Santa Helena. Esses ciclos refletem a seqüência litoestratigráfica da área (CPRM, 2003).

Vieira, (2007), definiu para a Formação Sete Lagoas, dezesseis fácies litoestratigráficas, na região entre Sete Lagoas e Vespaziano, a partir de características texturais e composicionais das rochas e das estruturas sedimentares observadas. Esse autor agrupou as diferentes fácies em nove associações de fácies, AF, de acordo com seu significado paleoambiental associado às unidades litoestratigráficas, na área estudada.

Segundo Vieira (2007), as associações de fácies são as seguintes: canais fluviais incisos (AF1), rampa carbonática supersaturada em  $\text{CaCO}_3$  (AF2); rampa carbonática média dominada por tempestade (AF3); rampa carbonática interna dominada por maré (AF4); rampa carbonática externa mista carbonato-siliciclástica (AF5); rampa carbonática interna, estromatolítica, influenciada por ondas (AF6); rampa carbonática externa inclinada (AF7); *offshore* de plataforma siliciclástica (AF8) e *shoreface* prodelta–frente deltáica (AF9).

O modelo de sedimentação proposto por Vieira, (2007), sintetizado em blocos diagramas está apresentado na Figura 6.9, nos quais estão representadas sete das associações de fácies proposta pelo autor.

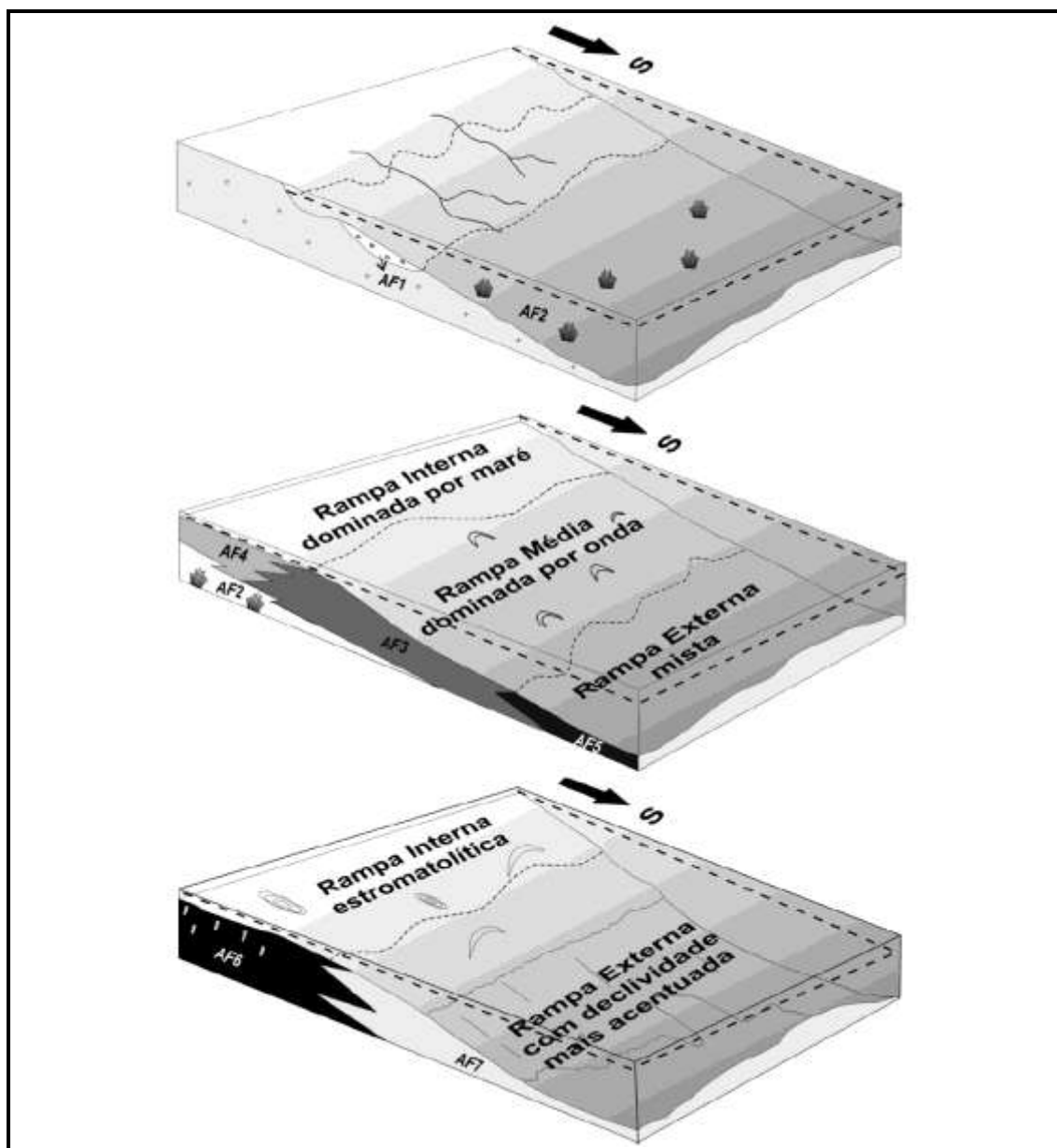


Figura 6.9 – Modelo de rampa carbonática proposto para a Formação Sete Lagoas

Fonte: Vieira, 2007.

De acordo com Vieira (2007), os sedimentos carbonáticos foram depositados diretamente sobre o embasamento cristalino ou, localmente, sobrepondo a lentes do conglomerado Carrancas. Conforme o autor, o relevo irregular do embasamento propiciou a instalação de um ambiente onde a conexão com o mar era limitada, com canais de águas rasas ligando



microbacias mais profundas e, com restrita circulação de águas oceânicas na plataforma. O posterior aumento do nível do mar tornou a conexão oceânica mais efetiva e, a deposição passou a ser fortemente influenciada por tempestade em rampa carbonática média e por maré em rampa interna.

Com o avanço oceânico depositou-se uma espessa sucessão de sedimentos, fácies de águas profundas, caracterizadas por deposição mista carbonática-siliciclástica, às quais são sobrepostas por calcários cristalinos depositados em rampa média, que caracterizam a recuo oceânico. A porção superior deste ciclo compreende o registro de ambientes costeiros, de rampa interna, os quais foram desenvolvidos após o progressivo raseamento da bacia, formando depósitos de águas calmas e de tempestade, associados estromatólitos (Vieira, 2007).

A coluna litoestratigráfica considerada representativa da geologia da área do estudo está apresentada na Figura 6.10.

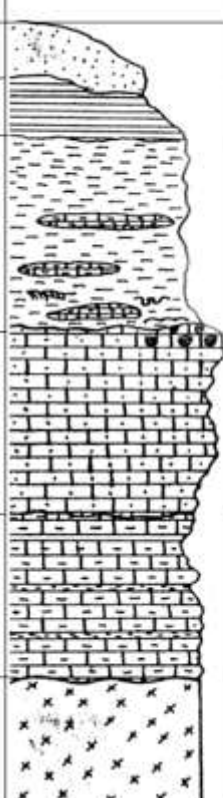
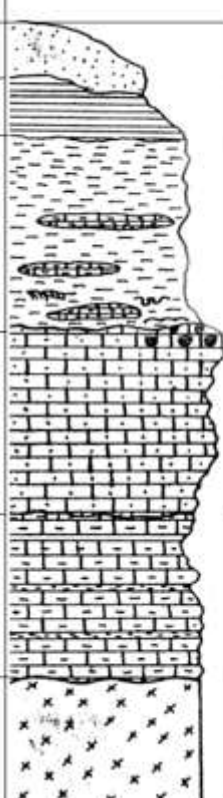
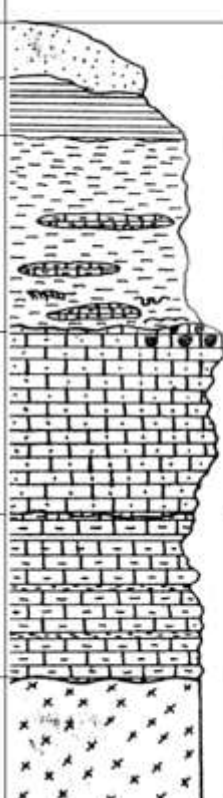
Super-grupo	Grupo	Unidades Litoestratigráficas	Coluna	Litologia	Ambiente deposicional	
		Quaternário		Aluviões com areias de granulometria variada e cascalhos. Terraços aluvionares.	Continental	
		Terciário		Depósitos argilo-silticos de cobertura. Depósitos argilosos em cavidades cársticas.		
São Francisco	Bambuí	Formação Serra de Santa Helena		Metapelitos em camadas tabulares de espessura média a espessa, de cor cinza-esverdeado a preta. Apresentando marcas onduladas suaves, estruturas de carga e estratificação cruzada, se são. Intercalados por camadas tabulares de metassiltitos calcíferos, de espessura delgada a média e de cor esverdeada a acinzentada.	Marinho (transgressivo) Afogamento plataformar.	
		Formação Sete Lagoas		Membro Lagoa Santa	Metacalcissiltitos em camadas tabulares de espessura delgada a média, coloração de cinza claro azulado a esverdeado, com intercalações, de camadas muito finas a delgadas, de metargilitos. Laminitos algálicos.	Marinho (regressivo), plataforma externa para plataforma rasa.
				Membro Pedro Leopoldo	Metacalcarenitos, finos a grosseiros, em camadas tabulares de espessura média a espessa, coloração de preto a cinza.	Marinho (transgressivo) No topo, marinho raso, borda de plataforma.
		Complexo Guaiçaco-Migmatito (Embasamento cristalino)			Gnaisses indiferenciados, migmatitos com estruturas dobradas, nebulíticos, dicioníticos, schilren, estilsolíticos e surreíticos. Porções graníticas com granulação média a grosseira.	

Figura 6.10 – Coluna estratigráfica representativa da geologia na área do estudo

Fonte: Tuller e Ribeiro, 1992, apud Projeto Vida, 1994.

### 6.4.3 Descrição das Principais Unidades Litoestratigráficas

#### Complexo Gnáissico-Migmatítico Indiferenciado

As rochas deste Complexo ocorrem restritas ao sul da área do estudo, limitadas pelo vale do ribeirão Jequitibá. Compreendem rochas eruptivas e metamórficas, litologicamente bem diversificadas, apresentando diferentes graus de intemperismo (CPRM, 2003).

Os afloramentos mostram litótipos de composição granito-gnáissica e migmatítica, com padrões texturais e estruturais variando de rochas bandadas, fortemente foliadas a incipientes e isotrópicas. Exibem contatos, em geral, transicionais, em particular, entre gnaisses, migmatitos e, ou granitóides. Com frequência, se apresentam intemperizados, mas conservando, quase sempre, a estruturação original da rocha. Em geral, apresentam foliação de baixo ângulo. Os granitóides são em geral de cor cinza claro a esbranquiçada, de granulação grossa a média (CPRM, 2003).

No vale do ribeirão Jequitibá, ao sul da área do CNPMS, encontra-se um afloramento potente de rochas do embasamento. Trata-se da antiga pedreira, denominada “Pedreira da Prefeitura”, explorada para fornecimento de pedra para calçamento, pela prefeitura de Prudente de Morais. Na Figura 6.11(a) está apresentada uma fotografia de parte desta pedreira. O maciço apresenta o bandamento característico de gnaisses, conforme mostrado na Figura 6.11 (b).



Figura 6.11 – Afloramento de rochas do embasamento cristalino

coordenadas UTM 587 894m E / 7842 955m N  
Fotografias do Autor (2008)

O contato do embasamento com rochas do Grupo Bambuí está marcado pelo vale do ribeirão Jequitibá, onde se encontra exposto, ao sul da área do estudo. Na região do contato, o ribeirão Jequitibá escava e aprofunda o vale, cujas vertentes são bastante íngremes e com declividades em ângulos diferentes, conforme o perfil esquemático apresentado na Figura 6.12, no local de coordenadas 586 814m E / 7842 849m N, próximo à sede da fazenda das Perobas.

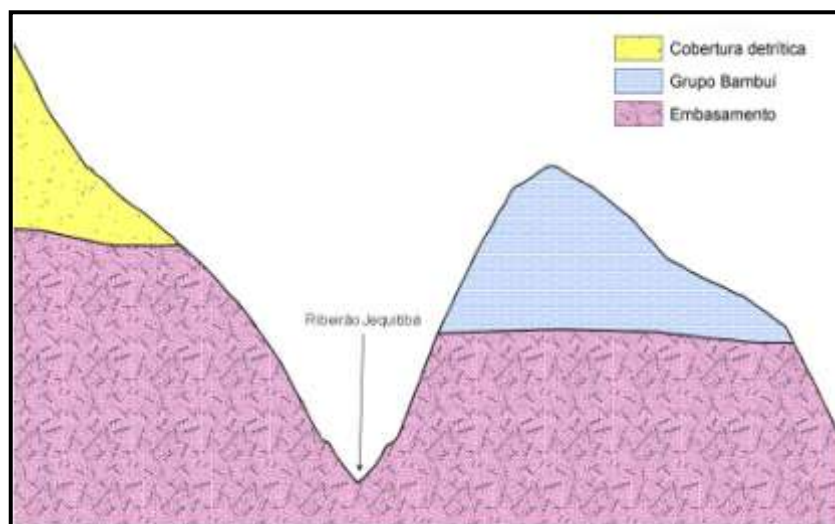


Figura 6.12 – Perfil esquemático do vale do Jequitibá, na região do contato

O processo erosivo na região do contato é indicativo da energia do ribeirão. O ribeirão, no local representado no perfil esquemático, está mostrado na fotografia na Figura 6.13.



Figura 6.13 – Leito do córrego Jequitibá sobre rochas do embasamento cristalino

coordenadas UTM 586 814m E / 7842 849m N  
Fotografia do Autor (2008)

Na Figura 6.14 (a) mostra-se parte de um afloramento, em que a rocha apresenta-se francamente intemperizada, resultando em um material de textura arenosa, fina, de coloração bege clara, que esboroa facilmente, sob a percussão do martelo, com manchas esparsas de aspecto ferruginoso, no topo.



Figura 6.14 – Afloramentos de rochas do embasamento no vale do córrego Jequitibá

Coordenadas UTM 586 814m E / 7842 849m N  
Fotografias do Autor (2008)

Na Figura 6.14 (b) estão apresentado blocos da rocha mais fresca, fraturados, ortogonalmente, situados na base do afloramento, na margem direita do ribeirão Jequitibá, no local representado no perfil esquemático na Figura 6.12.

### **Seqüências Sedimentares do Grupo Bambuí**

Na região de Sete Lagoas dominam seqüências sedimentares que fazem parte do contexto litoestratigráfico do Grupo Bambuí, que localmente, apresenta da base para o topo, as Formações Sete Lagoas, com os Membros Pedro Leopoldo, inferior, e Lagoa Santa, superior sotopostos à Formação Serra de Santa Helena.

O Membro Pedro Leopoldo, da Formação Sete Lagoas, assenta-se geralmente por falha de descolamento, em contato brusco e discordante, sobre as rochas do complexo gnáissico-migmatítico, que constituem embasamento cristalino (Pessoa, 1996; CPRM, 2003).

É constituído por calcissiltitos e, ou microesparitos-esparitos, micritas, subordinadamente calcarenitos muito finos, margas e milonitos protoderivados. Compreende quatro fácies, a saber (CPRM, 2003):

- Fácies A (local tipo pedreira Canaã) – constituída por calcários cinza-claro a médio, em camadas tabulares, delgadas e, em geral, contínuas, com intercalações mais escuras de um metapelito. Tem espessura de cerca de 100 m. Do ponto de vista petrográfico apresenta três microfácies;
- Fácies B (local tipo pedreira Ilcon) – constituída por calcários cinza-médio a escuro, em camadas horizontalizadas ou verticalizadas quando mais deformada, tornando-se então milonitizadas, com presença de níveis esverdeados e milimétricos de clorita e cristais euédricos de pirita. Sua espessura é superior a 50 m. Em lâmina delgada distinguem-se duas microfácies;
- Fácies C (locais tipo pedreiras Sambra, Paraíso, Capão do Meio e fazenda Capão do Inferno) – constituída por calcários cinza-claro, cinza-esverdeado, róseo, marrom-arroxeadado e creme, em estratos com cerca de 30 cm, com intercalações centimétricas de pelito em lentes e camadas, apresentando pequenas estratificações cruzadas e plano-paralelas e marcas de carga. Distribuem-se em vários locais, cristais de pirita euédricos, milimétricos. Entre os estratos ocorrem níveis finos de materiais argilosos, esverdeados com clorita, veios de quartzo e calcita. Localmente, os estratos apresentam-se separados por superfícies de estilolitização, contínuas e irregulares, com alternância cíclica de níveis de estromatólitos e, ou esteiras algais cinza escuro contendo filetes avermelhados em estrutura em chama e freqüentes agulhas de aragonita. Em lâmina delgada distinguem-se também, duas microfácies; e,
- Fácies D (local tipo lagoa das Pedras) – constituída por margas cinza-claro a rósea, finamente laminada e em camada plano-paralelas, contínuas, milimétricas, alcançando até 50 cm. Apresentam-se pouco deformadas e intercaladas por estratos mais finos argilosos, milimétricos a centimétricos, com pequenas dobras assimétricas apresentando vergência para oeste.

As rochas do Membro Pedro Leopoldo são constituídas por carbonatos finos e impuros, além de expressiva proporção de material não-carbonático o que as tornaria menos favoráveis ao processo de dissolução, pela ação da água, com a formação de canais, condutos e cavernas (Pessoa, 1996).

Essas rochas encontram-se em contato tectônico com o complexo gnáissico-migmatítico, o que é evidenciado pela presença de feições deformacionais, indicando a existência de um descolamento basal (CPRM, 2003).

O Membro Lagoa Santa ocorre na região a leste de Sete Lagoas, adjacências de Prudente de Morais e a sudoeste de Funilândia. É constituído por calcarenito, calcissiltitos e, ou espatitos-microespatitos, brecha, estromatólitos e milonitos protoderivados. Compreende dois fácies, a saber (CPRM, 2003):

- Fácies A (local tipo pedra Redimix) – calcário cinza-escuro a preto, quando fresco e cinza médio a claro, quanto mais alterado, com granulometria fina a grosseira, em camadas tabulares contínuas ou descontínuas, com espessura de média a espessa. Apresenta estratificações tabulares de pequeno porte, corpos de forma sigmoidal, e freqüentes vênulas e nódulos de calcita branca, preta e cor de mel. Observam-se dobras assimétricas, com vergência para oeste, microfalhas e veios de calcita dobrados e rotacionados. Quando quebrado exala odor fétido.
- Fácies B (local tipo posto da Polícia Rodoviária Federal) – Compreende biolitos carbonáticos, com estromatólitos do gênero *Gymnosolenida*, em formas alongadas, bifurcadas, com laminação interna convexa, formando corpos com vários centímetros de diâmetro com até 50 cm de altura, deformados, ligeiramente achatados e estirados no sentido da foliação.

Essas rochas encontram-se carstificadas, apresentando expressões ruineiformes, caneluras e canais de dissolução, e freqüentemente cavernas de dimensões variadas. Muitas vezes tais cavernas encontram-se entulhadas com material terrígeno.

Na Figura 6.15 mostra-se parte do afloramento conhecido como gruta da Pontinha, no qual podem ser observadas as estruturas ruineiformes e de outros tipos impressas pelo processo de carstificação.

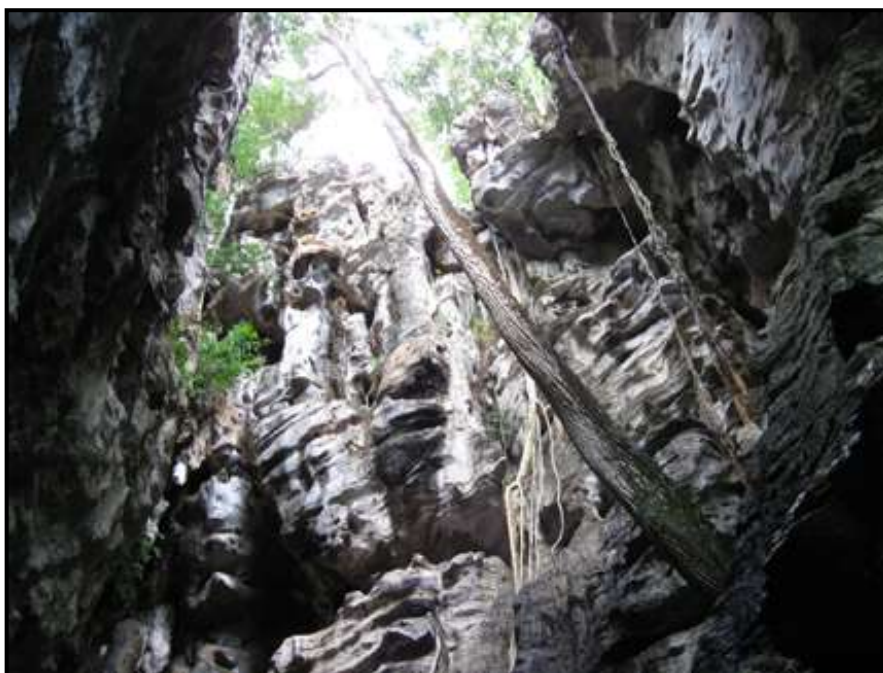


Figura 6.15 – Afloramento de calcário, gruta da Pontinha, no CNPMS

Coordenadas UTM 586 807m E / 7848 640m N  
Fotografias do Autor (2008)

Durante a perfuração de quatro poços de monitoramento na área do CNPMS, rochas duras, carbonáticas, de coloração cinza, possivelmente deste membro foram alcançadas à profundidade cerca de 40 metros, a partir da superfície do terreno.

Afloramentos de rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa são freqüentes na área do estudo, limitados à margem esquerda do ribeirão Matadouro.

A Formação Serra de Santa Helena compreende rochas pelíticas em geral, siltitos e argilitos em grande parte decompostos a semi-alterados (CPRM, 2003). Esta Formação é dominante na área do CNPMS, cujos afloramentos estão representados por saprólitos, que exibem coloração do creme claro ao amarelo e às vezes em tonalidade mais avermelhada ao longo do corte da estrada de ferro, na área do CNPMS.

Os saprólitos da Formação Serra de Santa Helena são encontrados, às vezes em estratos finos, às vezes, ainda apresentando a clivagem ardosiana e em camadas delgadas ou laminais com estratificação plano-paralela. Comumente, na área, ocorrem espessos capeamentos desses saprólitos, que apresentam coloração características, mas sem estruturas preservadas.

Toda a seqüência é cortada por abundantes veios de quartzo fibroso, dobrados, quase sempre preenchendo fraturas ou zonas de alívio, originadas de processos distensionais. Exibem freqüentes drusas e cristais hialinos e euédricos de quartzo (CPRM, 2003).

Saprólitos da Formação Serra de Santa Helena encontram-se amplamente distribuídos na área do CNPMS, onde não exibem nenhuma seqüência em rochas frescas. Saprólitos ainda com estruturas plano-paralelas preservadas e apresentando potentes veios de quartzo fibroso são freqüentes na área. Ocorrem também, cascalheiras de espessuras e distribuição areal variadas, às vezes potentes, às vezes em uma linha tênue em cortes no saprólito. Na Figura 6.16 mostram-se algumas atitudes apresentadas pelos saprólitos desta formação, na área do CNPMS.



Figura 6.16 – Afloramento de saprólitos da Formação Serra de Santa Helena, na área do estudo

Coordenadas UTM: (a) 585771m E / 7850896m N; (b) 585806m E / 7846263m N  
Fotografias do Autor (2009)

Na Figura 6.16(a), está apresentado um afloramento do saprólito Formação Serra de Santa Helena, na área do CNPMS. A foliação preservada, tem atitude N30W/40NE. Na foto, a caneta é apenas uma referência de escala.



O saprólito encontra-se exposto em uma ravina, escavada por escoamento superficial de águas meteóricas, com dimensões estimadas em cerca de 80 cm de profundidade e 50 cm de largura, acompanhando a vertente topográfica por dezenas de metros. Superficialmente, no local, ocorrem extensas cascalheiras. A caneta na fotografia representa apenas uma escala relativa.

Na Figura 6.16 (b) também no CNPMS, está apresentada uma fotografia do saprólito Serra de Santa Helena, exibindo estratos muito delgados, plano-paralelos, quase horizontais, em corte da estrada de ferro, ao sul da área. Em toda a extensão do corte da ferrovia, acompanhando a superfície topográfica, podem ser observados níveis de cascalho de espessura variada, de potentes a delgados.

### **Coberturas detrito-lateríticas e aluviões**

Na área do estudo e no seu entorno, esses depósitos foram mapeados apenas a montante, no vale do ribeirão do Matadouro e à jusante da lagoa do Brejão (CPRM, 2003).

Os aluviões recentes, atribuídos ao Quaternário e Terciário, são constituídos por sedimentos continentais terrígenos, inconsolidados e mal selecionados, em que predominam cascalhos, areias, siltes e argilas. Os cascalhos são a fração mais pesada e tornam-se mais grosseiros para montante dos cursos d'água, predominam grãos arredondados, sub-arredondados, angulosos e sub-angulosos de quartzo e fragmentos de rochas. Blocos de matacões são freqüentes nesses depósitos. As areias, siltes e argilas são abundantes e apresentam estruturas sedimentares como estratificação cruzada tabular, acanalada e plano-paralela (CPRM, 2003).

Os depósitos aluviais mais recentes, dos cursos d'água ativos são atribuídos ao Quaternário, enquanto os mais antigos de cursos d'água inativos e abandonados pertencem ao Terciário. Esses materiais, geralmente, estão recobertos por solos diversos, predominando na área do estudo os latossolos (CPRM, 2003).

Na Figura 6.17 apresenta-se um mapa litológico simplificado e revisado da área do CNPMS, onde foram realizadas a maioria das atividades do projeto. As informações geológicas sintetizadas resultaram das observações de caminhamentos em diversas seções, na área, na observação do material geológico amostrado na execução de furos de sondagem a trado, em seções previamente escolhidas, e do material amostrado na perfuração e instalação de 23 poços de monitoramento na área, além das informações sobre a geologia da área de acordo com CPRM (1994) e do Projeto Vida (CPRM, 2003).

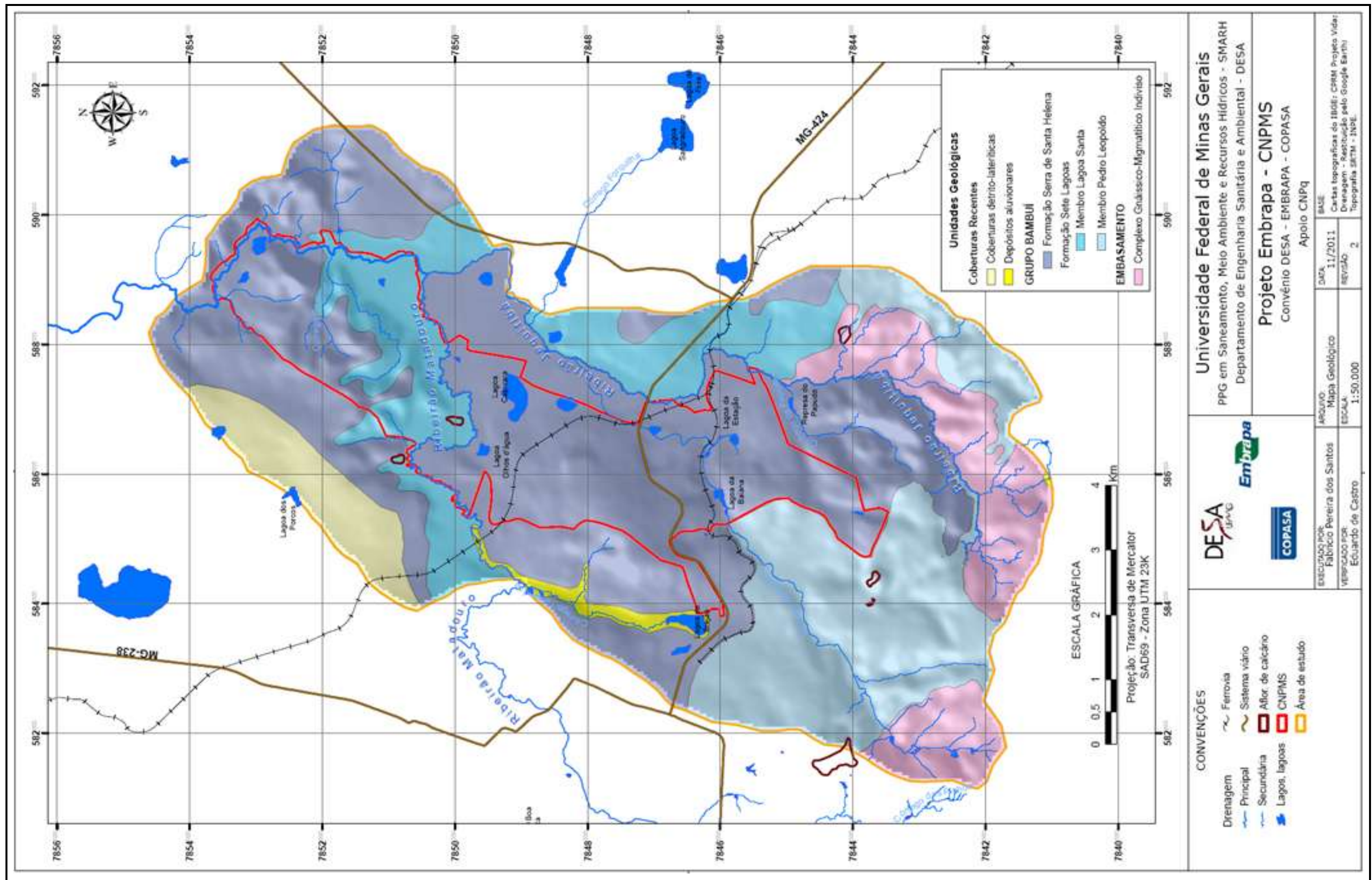


Figura 6.17 – Mapa litológico da área do estudo

Foi verificado durante os trabalhos de campo na área do estudo, que os saprólitos da Formação Serra, às vezes capeados por Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, se apresentavam ao longo dos cortes das ferrovias que cruzam a área do estudo, em subsuperfície nas perfurações, para instalação dos poços de monitoramento, e nos furos de sondagens a trado.

Foi verificado que o leito do ribeirão Jequitibá, ao sula da área do estudo, em boa parte, está sobre rochas do embasamento, no contato com o Grupo Bambuí.

Na área do CNPMS, foi constatado em diversos furos, para instalação dos poços de monitoramento e nas sondagens a trado, a presença da rocha carbonática, a profundidades de cerca de 40 m.

As sondagens a trado, realizadas nas proximidades do córrego Matadouro, na região da gruta da Pontinha (coordenadas 586234 E / 7850867 N), ao norte na área do CNPMS, permitiram constatar a presença da rocha carbonática a cerca de 4 m de profundidade, capeada por material silto-argiloso.

Em razão dessas observações foi proposta uma revisão da litologia, na área do CNPMS e ao sul na região do contato, resultando em maior extensão areal da Formação Serra de Santa Helena, representada no mapa na Figura 6.16.

#### **6.4.4 Aspectos da Geologia Estrutural**

Conforme CPRM (2003), foram observadas a presença de vários conjuntos ou famílias de estruturas, pertencentes a fases distintas de deformação e impressas sobre rochas da cobertura neoproterozóica, mais especificamente das formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena. Essas famílias, quanto ao seu estilo estrutural, foram agrupadas em três etapas de deformação, nas seguintes ordens de ocorrência: a) etapa distensiva E1D, b) etapa compressiva E2Cm e c) etapa distensiva E3D.

Previamente à implantação da Bacia do São Francisco, antes de 1,8 b.a., ocorreram intensos fenômenos de magmatismo, migmatização e metamorfismo de médio a alto grau, que deixaram registro nas rochas que constituem o Complexo Cristalino Basal. Esses processos caracterizam várias fases de deformação, retratando uma história geológica bastante complexa (CPRM, 2003).

De acordo com CPRM (2003), entre as várias feições pertinentes a essa etapa, destacam-se a foliação e/ou o bandamento gnáissico (Sn) manifestam-se por quase todo o Complexo Basal, um feixe de diques de rochas básicas, com orientação NNW-SSE, e ainda alguns veios possantes de quartzo de direção ENE-WSW.

A partir da análise conjunta de mapas geológicos-estruturais, da análise de lâminas delgadas e de observações de campo, a área estudada pela equipe do Projeto Vida foi dividida em três domínios estruturais, homogeneamente distintos, a saber: domínio 1 — área fracamente a não deformada; domínio 2 — área medianamente deformada; domínio 3 — área altamente deformada. Cada um deles, apresenta características próprias em relação ao estilo, ao padrão e ao grau de deformação (CPRM, 2003).

Esses domínios estruturais estão mostrados no mapa regional, apresentado no mapa da Figura 6.18, em escala regional, no qual foram inseridas tanto a área estabelecida para modelagem hidrogeológica, como a área do CNPMS.

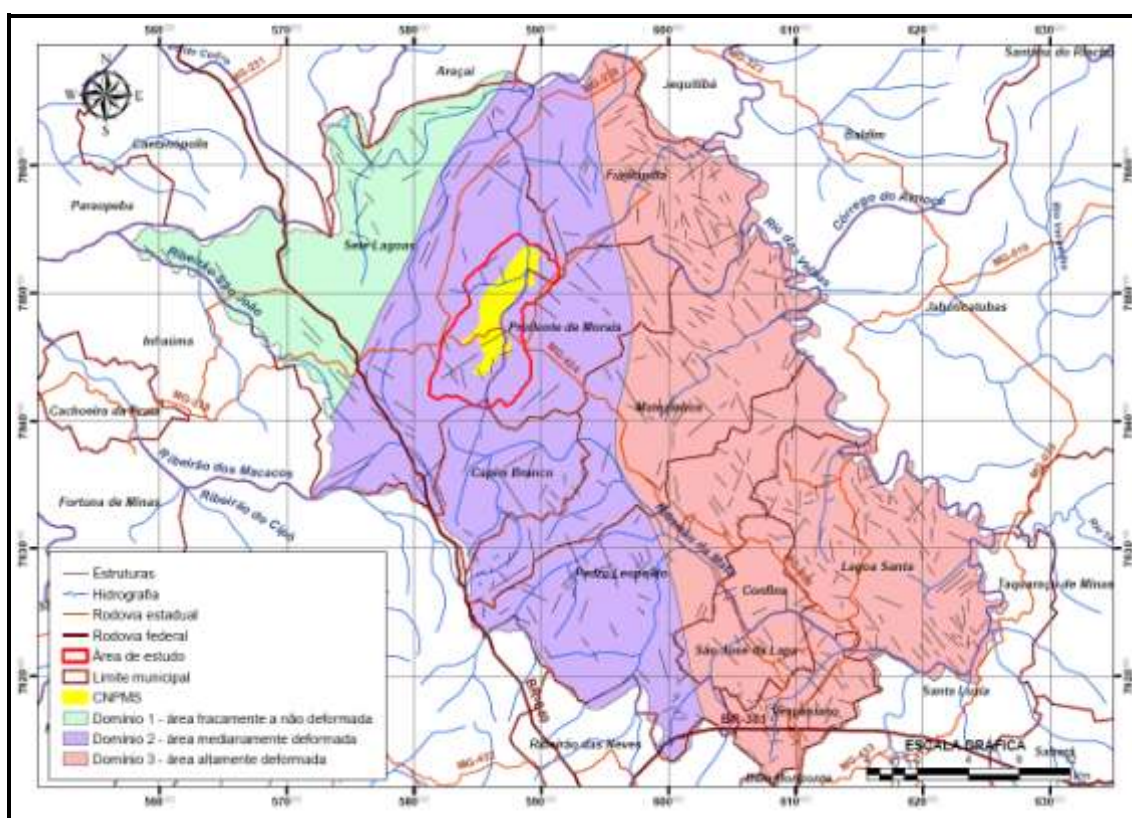


Figura 6.18 – Domínios estruturais estabelecidos para a área do Projeto Vida

Fonte: CPRM, 2003. Adaptação: Santos, F., 2011.

Como pode ser observado no mapa da Figura 6.18, a área do estudo está inserida no domínio estrutural 2, ou seja, em uma região medianamente deformada, conforme CPRM (2003).

Além dessas informações de caráter mais geral, de acordo com CPRM (2003), ainda não foi possível uma investigação da geologia estrutural local, suportada pelo exame e interpretação de aerofotos, com o objetivo de identificar estruturas geológicas importantes na área do estudo e por caminhamentos específicos para este propósito.

Grosso modo, o leito do ribeirão Matadouro, na área do CNPMS, parece estar condicionado pelo sistema de fraturas da rocha carbonática, sotoposta, em razão dos meandros angulosos que são observados no ribeirão.

## **6.5 Hidrografia**

A distribuição das águas superficiais na área do estudo apresenta duas situações diferentes, a parte sul, até o paralelo 7849 000 m N, é rica em águas superficiais, que se expressam nas diversas lagoas e ribeirões, que drenam essa porção da área; na parte norte, do paralelo 7849 000 m N até o paralelo 7854 000 m N, as lagoas e drenagens perenes são escassas.

Os dois principais ribeirões que drenam a área do estudo pertencem à bacia do Rio das Velhas, que está inteiramente localizada na região central do estado de Minas Gerais, orientada no sentido sudeste para noroeste.

O rio das Velhas é o maior afluente em extensão rio São Francisco, com 801 km, possui a maior população e em sua bacia concentram-se atividades econômicas responsáveis pelo maior produto interno bruto, PIB, entre as sub-bacias do São Francisco. Deságua no São Francisco na localidade de Barra do Guaicuí, município de Várzea da Palma, MG.

Em escala local, a rede hidrográfica é bastante pobre, não tendo cursos d'água de grande volume, à exceção do rio das Velhas que constitui o limite oriental da região, a cerca de 20 km da sede do CNPMS.

Tanto a área do CNPMS, como todo o seu entorno, está distribuída na microbacia do córrego do ribeirão Jequitibá, cujos principais afluentes são os córregos Marinheiro e Matadouro.

O ribeirão Jequitibá se estende por 64 km, da nascente até a foz, na sede do município de Jequitibá, apresentando um desnível entre esses dois locais de cerca de 280m (Chaves,2005).

### 6.5.1 Principais Córregos e Ribeirões da Área do estudo

A área do estudo é drenada por quatro ribeirões perenes, da sub-bacia do rio Jequitibá, um dos principais afluentes do rio das Velhas, a saber:

- o ribeirão Matadouro que corta a área em sua porção norte, fluindo de NW para NE, servindo como corpo receptor de esgotos sanitários de parte da área urbana de Sete Lagoas, paradoxalmente, enquadrado como classe 2, pelo Conselho de Política Ambiental – COPAM, segundo a deliberação normativa N°20, de 24 de junho de 1997;
- o ribeirão Jequitibá-Mirim, que flui de SE para NE, em boa parte dentro das terras da Fazenda Experimental da Epamig, um centro de pesquisa em olericultura e pecuária leiteira da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, em Prudente de Morais. Este passa a ser designado como ribeirão Jequitibá, após receber as águas do ribeirão Matadouro, pela sua margem esquerda;
- o córrego Forquilha que corta a cidade de Prudente de Morais, e atravessa a área da Fazenda da Epamig, de SW para NW, desaguando no ribeirão Jequitibá, pela margem direita, em terras desta fazenda;
- e o córrego Marinheiro que corta a área em seu extremo sudoeste, sendo o formador de uma represa que é a mantenedora do sistema de irrigação do CNPMS.

Segundo Engeo (s.d) “a hidrografia da área urbana de Sete Lagoas é formada por dois cursos d’água principais, o ribeirão Matadouro e o córrego dos Tropeiros, que se juntam para formar o rio Jequitibá”. Assim, considerando como bacia principal a do Jequitibá, sua área alcança cerca de 500 km<sup>2</sup>, totalmente na microrregião de Sete Lagoas.

Da nascente, na divisa dos municípios de Capim Branco e Sete Lagoas, no local denominado Matos de Cima, este ribeirão tem sido designado como Jequitibá-Mirim. Como tal, ele drena a região do contato entre o Complexo Cristalino e o Grupo Bambuí, ganhando um volume mais expressivo após receber as águas do córrego Forquilha, em terras da EPAMIG, no município de Prudente de Morais. Mais adiante deste ponto, constitui a divisa entre as terras do CNPMS e da EPAMIG, drenando toda a área do estudo. No limite nordeste desta divisa, e ainda dentro da área do estudo, no local de coordenadas 589036m E / 7850563m N, recebe o ribeirão Matadouro, que escoar parte do esgoto urbano de Sete Lagoas. No seu trajeto, drena ainda os

municípios de Funilândia e Jequitibá, onde deságua no rio das Velhas, no local de coordenadas 602 557 m E, e 7 872 423 m N.

As drenagens perenes, que constituem a sub-bacia do Matadouro, recebem significativa carga orgânica doméstica e urbana, pois estão quase que totalmente dentro da área urbana de Sete Lagoas, o que transformou este ribeirão em um esgoto cloacal. Desta forma, tornou-se o principal poluidor do rio Jequitibá.

Assim, o ribeirão Jequitibá, um dos principais afluentes do rio das Velhas, tem contribuído com expressiva carga orgânica para a poluição deste último.

### 6.5.2 A Lagoa Capivara

A área do CNPMS e o seu entorno, particularmente, a parte meridional, considerando a região da sede como o centro da área, é muito rica em águas superficiais. Além dos corpos d'água lóticos, várias lagoas em dolinas e represas compõem a paisagem local.

Chama a atenção pela dimensão de sua superfície a lagoa Capivara, considerada a principal lagoa da área, apresentada na imagem na Figura 6.19.



Figura 6.19 – Vista da lagoa Capivara na área do estudo

Fonte: Google Earth, 2011.

Sua origem admitida é que ocorreu a colmatção de dolinas pré-existentes na área, portanto, caracterizando-se como uma uvala, e o enchimento com águas subterrâneas e meteóricas.

Durante os anos hidrológicos, de 2007 a 2010, foi observado variação menor que 1m entre o nível d'água máximo e mínimo, nos períodos de chuva e de seca.

Nas vertentes ao sul e a sudoeste da lagoa, na bacia onde está situada, são conduzidos cultivos experimentais, praticados sob irrigação e sob *stress* hídrico, portanto o corpo d'água está sujeito ao aporte de agroquímicos por receber águas de escoamento superficial, nos períodos de chuva e, possivelmente, por águas subterrâneas.

Foi realizado um estudo mais detalhado desta lagoa, que incluiu a instalação de um poço de monitoramento e um piezômetro, localizados na sua margem sul, a saber os poços PC-6 e PC-7, apontados na imagem da Figura 6.19. Foi feita a batimetria da lagoa e medições dos parâmetros pH, condutividade elétrica alcalinidade e oxigênio dissolvido na massa de água.

A partir da análise dos resultados batimétricos, utilizando-se o aplicativo computacional Surfer<sup>®</sup>, que incluíram além das medidas de profundidade, a captação das coordenadas UTM dos pontos de medição, e do levantamento do perímetro da lagoa, resultaram as características dimensionais descritas na Tabela 6.2.

**Tabela 6.2 – Características Dimensionais da Lagoa Capivara**

Volume armazenado de água	340 528 m <sup>3</sup>
Área do espelho d'água	165 738 m <sup>2</sup>
Maior comprimento (Oeste-Leste)	736 m
Maior comprimento (Sul-Norte)	400 m
Profundidade máxima	6,2 m

Atualmente a lagoa exibe uma forma diferente da forma comum das dolinas, que freqüentemente, se apresentam circulares ou meio ovaladas e aprofundando-se, radialmente em direção ao centro. Em princípio, parece ter havido uma composição paisagística do seu entorno, com um aterramento na porção noroeste, formando-se a “península”, apontada no bloco diagrama, mostrado na Figura 6.20, em que se apresenta a morfologia da lagoa Capivara, gerada com o aplicativo computacional Surfer<sup>®</sup>. Neste local está implantada a mata homogênea que aparece na imagem apresentada na Figura 6.19.



A lagoa apresenta um abaciamto em sua porção nordeste, onde se encontra a profundidade máxima medida, a saber 6,2 m.

Esperava-se, em princípio, que a lagoa recebesse águas do aquífero cárstico, em razão de sua origem e pelo fato estar sobre rochas carbonáticas. Entretanto, medições dos níveis d'água nos poços de monitoramento, instalados na margem sul da lagoa, em outubro de 2010, indicaram 1m acima da cota do espelho d'água, no poço PC-6, e 3 m abaixo da cota do espelho d'água, no piezômetro, PC-7.

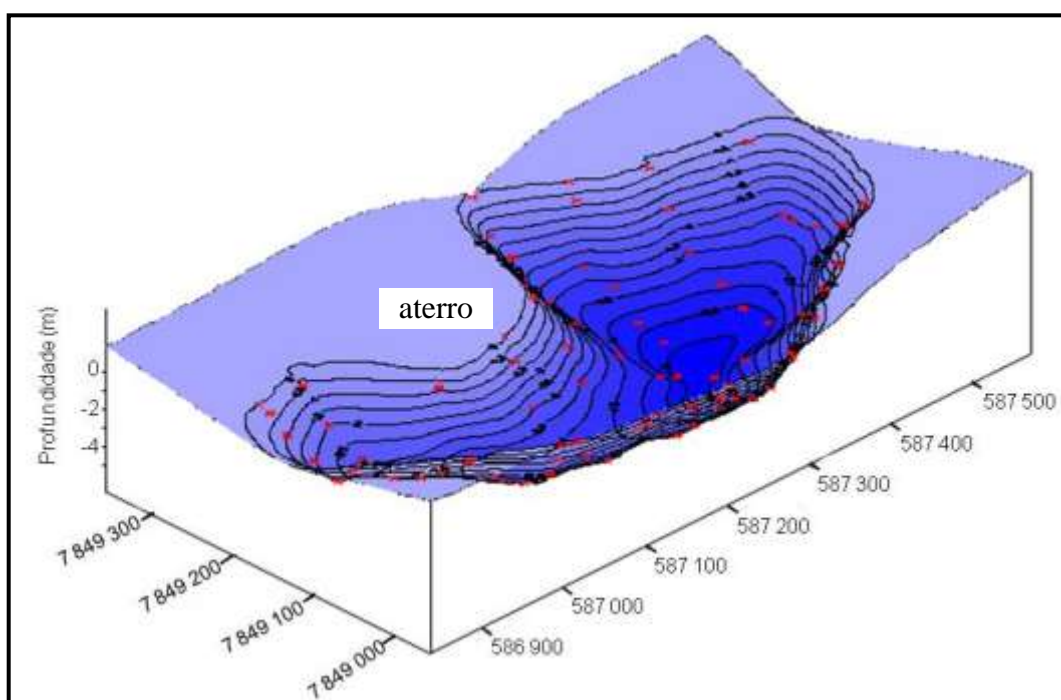


Figura 6.20 – Morfologia da lagoa Capivara

De acordo com as medições realizadas, as cargas hidráulicas nos poços PC-6 e PC-7, resultaram 713 m e 709 m, respectivamente, e a carga hidráulica correspondente ao espelho d'água, medida também em outubro de 2010, resultou 712 m.

De acordo com esses resultados, pode ser admitido que a lagoa recebe uma alimentação superficial do aquífero freático, possivelmente, em um nível próximo da superfície, não recebendo águas de circulação mais profunda.

O detalhamento do fluxo hídrico subterrâneo, objeto de estudo de Machado (2011), também indicou o aporte de águas subterrâneas rasas, na lagoa.

## **6.6 Aspectos Geomorfológicos**

A área des estudo está inserida no domínio das rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí. De forma geral, pode-se estabelecer para a área a seguinte correlação entre as formas de relevo e os tipos litológicos dominantes (Projeto Vida, 1994).

No extremo sul da área, formando um arco de SW para SE, dominam as rochas do complexo cristalino, em que predominam rochas de composição granítica. O relevo é constituído por colinas convexas, às vezes mais íngremes e com cristas mais acentuadas, possivelmente associadas a diques de rochas básicas. Nesta região ocorrem as maiores cotas altimétricas de toda a área do estudo.

Do paralelo 7 845 000 m N, ao sul, até o paralelo 7 852 000m N, ao norte, na área do estudo, são frequentes as feições típicas das paisagens cársticas, com dolinas, grutas e afloramentos de rochas carbonáticas, com aspectos ruiniformes. Trata-se de uma área onde predominam as sequências pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí. A porção nordeste, é dominada por rochas pelíticas, do mesmo grupo, onde se observa um relevo de colinas convexas.

Sobre as rochas carbonáticas e pelíticas do Grupo Bambuí, ocorrem discordantemente depósitos detríticos recentes, com material em faixa granulométrica de cascalho grosseiro, passando por areia grossa, até silte. Esse material é freqüente nas planícies de inundação, nas proximidades dos ribeirões ativos, e às vezes aparece em partes mais elevadas, talvez como testemunho de algum processo mais antigo. Sobre o leito de dolinas secas, ocorre material detrítico argiloso (CPRM, 1994, 2003).

Nas calhas dos ribeirões são encontrados sedimentos detrítico-aluviais, que constituem as planícies fluviais.

Não considerando a porção ao sul da área do CNPMS, o relevo é monótono, estando quase que integralmente inserido na chamada superfície rebaixada de Lagoa Santa-Sete Lagoas. As cotas locais variam de um máximo de 872 m a um mínimo de 686 m, de acordo com o levantamento topográfico realizado. Na área do CNPMS, as maiores altitudes estão no domínio dos saprólitos da Formação Serra de Santa Helena, e as menores altitudes na ampla planície ao longo dos ribeirões Matadouro e Jequitibá.

As superfícies de aplainamento na área, que ocorre em cotas altimétricas em torno de 700 m, são paleoplataformas, pois as condições climáticas atuais são favoráveis ao aprofundamento dos cursos d'água (Projeto Vida, 1994).

Formas cársticas, de relevo, são freqüentes na porção sul da área, aparecendo como manchas isolada da porção média e ao norte. Grosso modo, pode-se estabelecer que o carste da área compreende dois domínios morfológicos (CPRM, 2003):

- superficial, ou seja, o exocarste, caracterizado pelo aspecto ruineforme do relevo, nos afloramentos calcários, escarpamentos e lapiás, dolinas, sumidouros e vales cegos; e
- subterrâneo, ou seja, o endocarste constituído por um sistema de drenagem alimentado por sumidouros, fendas e grutas.

Dolinas secas ou formando lagoas estão distribuídas por toda a área, na Figura 6.21 esta apresentada a fotografia de uma dolina, na área do estudo, na qual se formou uma lagoa permanente.



Figura 6.21 – Lagoa permanente em dolina, na área do estudo

coordenadas UTM 588 248m E / 7848 530m N  
Fotografia do Autor (2008)

Ao sudeste e a sudoeste da área da área do CNPMS se encontram dois potentes afloramentos de rochas carbonáticas, apresentando o aspecto ruiforme. Na região do afloramento

denominado Lapa Preta, a sudoeste, coordenadas 584 358 m E / 7 843 724 m N, foi observado o único sumidouro (584253 m E / 7843434 m N), nas proximidades do CNPMS.

Parte da área do estudo e a porção central da área do CNPMS, longitudinalmente de sul para norte, se apresentam como um *poljé*, ou seja, uma planície cárstica, que se estende ao longo dos vales dos ribeirões Marinheiro, Matadouro e Jequitibá, conforme apresentado nas fotografias na Figura 6.22.



Figura 6.22 – Vista da planície cárstica na área do estudo

Coordenadas UTM: (a) 586 527m E / 7842971m N; (b) 587257m E / 7851559m N  
Fotografias do Autor (2009)

Na Figura 6.22 (a) esta apresentada um vista da área do estudo, fotografada de sul para norte, ao fundo, aparece parte da mata galeria, do ribeirão Marinheiro. Na Figura 6.22 (b) a vista apresentada, foi fotografada de norte para o sul, na qual aparece parte da mata galeria do ribeirão Matadouro.

Na área do estudo, o carste subterrâneo se expressa nos poços de produção, instalados nas rochas carbonáticas, que apresentam vazões elevadas, conforme teste de bombeamento realizado (Castro, Loureiro e Viana, 2010).

## **6.7 Aspectos Hidrogeológicos**

Regionalmente, na bacia intracratônica do São Francisco, em Minas Gerais, apresentam-se dois sistemas aquíferos importantes, os sistemas aquíferos Bambuí e Urucuia-Areado.

O sistema aquífero Bambuí se estende além das fronteiras de Minas Gerais, a norte e a oeste. Sua área de recarga alcança uma área cerca de 181.868 km<sup>2</sup>. Seus aquíferos são do tipo cárstico e cárstico-fraturado, devido à associação de rochas metassedimentares e calcárias (ANA, 2007).

Grosso modo, as águas do sistema aquífero Bambuí são, em geral, boas. Localmente, existem restrições ao seu uso, em função da elevada dureza e dos altos valores de sólidos totais dissolvidos, que, normalmente, estão relacionados à dissolução das rochas calcárias (ANA, 2007).

Na região cárstica do Bambuí, prevalecem águas bicarbonatadas cálcicas e, ou magnesianas, com predomínio dos tipos cálcicos, levemente alcalinas. Na região cárstica-fraturada, as águas são bicarbonatadas magnesianas, bicarbonatadas sódicas e mistas, e menos mineralizadas, devido à condutividade elétrica média menor (ANA, 2005).

Esse sistema aquífero, na região de Sete Lagoas e de Prudente de Moraes, tem suas águas explotadas pelas prefeituras municipais, para abastecimento urbano. No CNPMS, com exceção das águas usadas na irrigação das culturas, o abastecimento de água potável é feito por meio de quatro poços tubulares, instalados em rochas carbonáticas do sistema aquífero Bambuí.

Nas fotografias apresentadas nas Figuras 6.23 e 6.24 estão mostradas afloramentos, expostos em cortes recentes, executados para duplicação da rodovia Br 040, adiante do posto da polícia rodoviária federal, no sentido Sete Lagoas–Paraopeba, nas proximidades da área do estudo.

Na fotografia da Figura 6.23 estão apresentados saprólitos da formação Serra de Santa Helena sobre corpos carbonáticos da Formação Sete Lagoas



Figura 6.23 – Saprólitos da formação Serra de Santa Helena sobre blocos de calcário

Coordenadas UTM 574387m E / 7846545m N  
Fotografias do Autor (2008)

As fendas entre os blocos de calcário, mostrados na Figura 6.24, resultaram da ação de águas mais ácidas sobre zonas de fraturas preexistentes na rocha, causando o alargamento das fraturas, pela ação continuada de dissolução da rocha carbonática, sendo então preenchidas por matéria detrítico da Formação sobrejacente. É admitido que estruturas semelhantes se apresentem na zona superior das rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas, caracterizando o aquífero cárstico-fissural, na área do estudo.

Na fotografia da Figura 6.24 (a) mostra-se uma porção de calcário cinza escuro, muito fragmentado e misturado com material detrítico, da formação Serra de Santa Helena. Na Figura 6.24 (b), mostra-se uma fotografia de uma parte dobrada em afloramento do saprólito Serra de Santa Helena.

É fato que as feições mostradas nas fotografias das Figuras 6.24 e 6.25, podem se apresentar em subsuperfície, nas rochas que constituem os sistemas aquíferos, na área do estudo.



Figura 6.24 – Zona de fraturamento e dobramento preenchida com material detrítico

Coordenadas UTM 573091m E / 7784226m N  
Fotografias do Autor (2008)

### 6.6.1 Caracterização dos Sistemas Aquíferos, na Área do Estudo

Localmente, pode-se admitir dois sistemas aquíferos principais, na área do estudo, a saber: o aquífero freático, que se distribui nas coberturas detrítico-lateríticas e nos saprólitos mais condutivos da Formação Serra de Santa Helena, e o aquífero cárstico-fissural que se distribui na porção superior dos calcários Lagoa Santa (Pessoa, 1996), o que pode ser atestado pelos poços de produção, com profundidade variando de cerca de 35 a 65 m, instalados nesses calcários e por observações de campo, conforme, descrito no presente trabalho.

No primeiro trimestre de 2010, foi implantada uma bateria de poços de monitoramento, na área do CNPMS, para estudos relacionados aos sistemas aquíferos locais, em particular, ao aquífero freático, a primeira vista, mais exposto a riscos de contaminação por agroquímicos em função dos cultivos conduzidos na área, e por outras ações antrópicas.

Também foi instalado um piezômetro, no aquífero cárstico-fissural, na margem sul da lagoa Capivara, com finalidade de se ter mais um ponto de observação de suas águas, além dos poços de produção do CNPMS.

Na área do CNPMS, durante os meses de janeiro e fevereiro de 2010, foram realizados trabalhos para caracterização da condutividade hidráulica saturada, das coberturas detrítico-lateríticas e dos saprólitos, que capeiam o sistema aquífero freático. Medições realizadas em diversos locais na área, utilizando um permeâmetro de Guelph, permitiram estabelecer valores

de K, da ordem de  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$  cm/s, nos pontos de medida, conforme sintetizado na Tabela 6.2. Os pontos descritos na Tabela 6.2 estão marcados no mapa, apresentado na Figura 6.26.

Tabela 6.2 – Condutividades Hidráulicas Saturadas

Ponto de medição	Coordenadas UTM (m)		K (cm/s)	Ponto de medição	Coordenadas UTM (m)		K (cm/s)
	L	N			L	N	
P1	587166	7845667	$2.9 \times 10^{-05}$	B2	587243	7848007	$3.5 \times 10^{-06}$
P2	587256	7846033	$1.8 \times 10^{-03}$	B3	585914	7849118	$1.6 \times 10^{-03}$
A1	586667	7846145	$2.4 \times 10^{-04}$	B4	586377	7848976	$1.1 \times 10^{-04}$
A2	587252	7846185	$9.7 \times 10^{-05}$	D4	587171	7850406	$1.9 \times 10^{-05}$
A3	587036	7846102	$7.0 \times 10^{-05}$	F3	585759	7849877	$1.3 \times 10^{-04}$
A4	586179	7846318	$7.9 \times 10^{-06}$	F4	586310	7850007	$4.1 \times 10^{-05}$
B1	587075	7848219	$2.4 \times 10^{-04}$	-	-	-	-

Fonte: Castro, Loureiro e Viana, 2010 (No prelo).

Os pontos de medição das condutividade hidráulica foram estabelecidos nos sítios em que se executaram as sondagens a trado, ou, nos quais se instalou um poço de monitoramento. A instalação do permeâmetro foi feita a cerca de dois metros de cada furo, em todas as medições. Esses pontos foram estabelecidos ao longo de seções, previamente definidas em campo, que incluíram quando possível um ou mais dos novos poços de monitoramento, instalados na área.

No mapa apresentado na Figura 6.25, estão marcadas as seções nas quais foram realizadas as sondagens a trado, os locais das sondagens e das medições das taxas de infiltração, para determinação das condutividades hidráulicas.

O material geológico extraído durante a perfuração dos poços de monitoramento foi amostrado de metro em metro ao longo do furo, conforme procedimento da empresa responsável pelo serviço. O material extraído nas sondagens a trado foi amostrado, a cada mudança macroscópica observada. Todo o material geológico extraído dos poços e das sondagens foi embalado e identificado para análises físico-química e determinação da composição mineralógica, que serão realizadas ainda em 2011.

A descrição qualitativa e macroscópica do material geológico, amostrado durante os trabalhos de perfuração dos poços e das sondagens está apresentada no Anexo H.



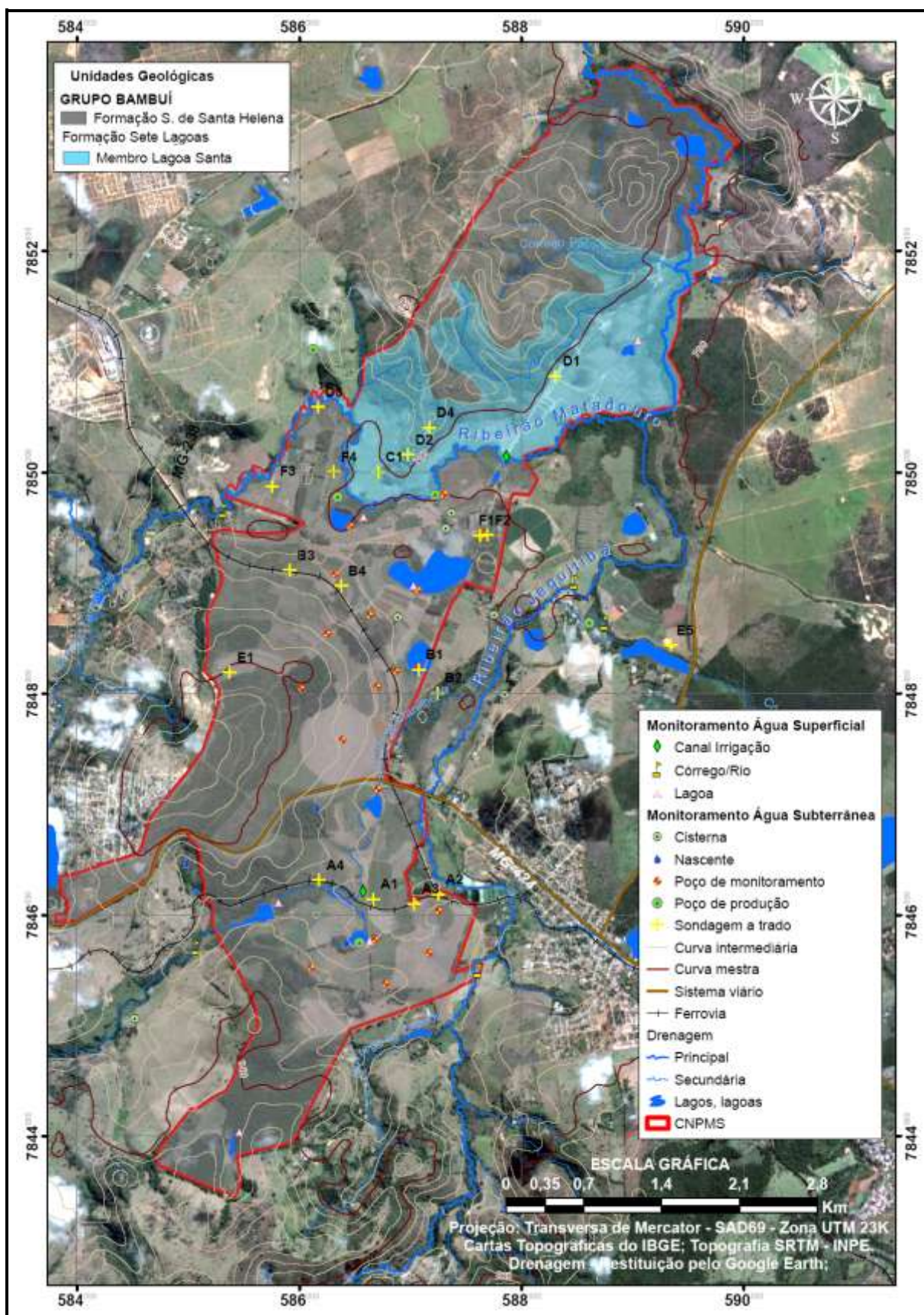


Figura 6.25 – Locais de realização das sondagens a trado e determinações de condutividade hidráulica

Fonte: Google Hearth, 2011; CPRM, 2003. Adaptação: Santos, F., 2011.

De modo geral, nas sondagens a trado, o perfil observado pode ser representado por um horizonte mais rico em matéria orgânica, até cerca de 0,5 m da superfície e a partir desta profundidade até o final, por material detrítico e por saprólitos da Formação Serra de Santa Helena. Este material ora apresentava-se mais argiloso, ora menos argiloso, no entanto, bastante poroso devido à presença disseminada de concreções ferruginosas e grânulos de biotita, possivelmente.

Os limites dos furos a trado, a priori, foram estabelecidos pelo comprimento da haste do equipamento, isto é, 11 m. Na prática, às vezes, o prosseguimento do furo até este limite foi impedido pela presença de água, ou, de níveis de cascalho muito duros, em geral.

Na região de afloramento dos calcários Lagoa Santa, o furo D2 alcançou apenas cerca de 0,7 m, tendo seu prosseguimento impedido por um nível quartzoso, extremamente duro, a ponto de danificar a ferramenta da perfuração. O furo D1 alcançou rocha muito dura, possivelmente o calcário Lagoa Santa, conforme a efervescência verificada em teste qualitativo, feito com solução de HCl, em fragmentos removidos à profundidade de cerca de 4,3 m. Esses dois furos estão apontados na imagem, mostrada na Figura 6.26.



Figura 6.26 – Locais das sondagens a trado D1 e D2

Coordenadas UTM:(D1) 586306m E / 7850871m N; (D2) 586978m E / 7850163m N  
Fonte: Google Earth, 2010.

Na perfuração dos poços de monitoramento PC-1, PC-4, PC-5 e PC-7 a rocha calcária, conforme resultados do teste qualitativo, com HCl, foi alcançada a cerca de 40 m de profundidade. Na perfuração do poço PC-7 foi encontrada uma região fraturada, que requereu o revestimento do furo com um tubo de aço de 10”, para continuidade dos trabalhos até a profundidade estabelecida.

Esses quatro poços delimitam bem a presença da rocha carbonática, sotoposta aos saprólitos da Formação Serra de Santa Helena. Do ponto de vista hidrogeológico, essa região pode caracterizar uma zona de fluxo preferencial, em direção à lagoa Olhos d’Água, pois a lagoa apresenta-se eutrofizada, o que não ocorre na lagoa Capivara. Possivelmente, trata-se de uma região mais condutiva. Portanto, o fluxo é mais rápido, em direção à lagoa Olhos d’Água, tipicamente uma área de descarga, fato corroborado, em parte, pela região fraturada encontrada durante a perfuração do PC-7.

### **6.7 O Modelo Hidrogeológico da Área do estudo**

Os recursos hídricos subterrâneos constituem reservas estratégicas importantes, sob diversos aspectos: podem ser a única fonte disponível para suprimento; podem produzir água de boa qualidade, por estar, em geral, menos susceptíveis à contaminação e não estar sujeitos à evaporação direta; podem, em muitos casos, suprir a demanda em períodos de estiagem; e, podem apresentar melhor relação custo-benefício para o suprimento de comunidades e de diversas atividades, antrópicas, que os mananciais superficiais (Rebouças, 2006).

No entanto, a gestão desses recursos requer cuidados, a fim de evitar sua degradação em função de super exploração ou de sua contaminação devido a atividades antrópicas, realizadas em sua área de influência e particularmente, em sua área de recarga.

Assim, com frequência, utilizam-se modelos conceituais e computacionais para representar, o mais fielmente possível, as condições de ocorrência e circulação da água subterrânea.

Os modelos, em geral são ferramentas fundamentais para planejar e prever situações reais, desta forma constituem representações simplificadas de situações reais (Cabral e Demétrio, 1997).

Na hidrogeologia os modelos objetivam representar as condições de ocorrência, de circulação da água subterrânea e de contaminação das águas subterrâneas, quando pertinente, expressando-as o mais próximo da realidade observada.

A modelagem de um sistema aquífero envolve diversas etapas, em que a simulação computacional é uma das etapas, que deve ser realizada seqüencialmente desde a definição dos objetivos até a apresentação dos resultados (Cabral e Demétrio, 1997).

Uma vez definidos os objetivos da modelagem do sistema aquífero, cumpre estabelecer o modelo conceitual desse sistema, que compreende os seguintes aspectos: geometria do aquífero; as unidades hidroestratigráficas, os contornos e interconexões hidráulicas, as áreas de recarga, de drenagem e descarga; os poços de produção; e, outras informações que possam ser úteis para o modelo conceitual e balizar a modelagem computacional.

Assim, de acordo com Rosen e Legran, (2000), o modelo conceitual constitui um representação simplificada das condições naturais de circulação da água subterrânea, ou representam o entendimento sobre as condições hidrogeológicas, em uma base tridimensional.

### **6.7.1 O Modelo Hidrogeológico Conceitual**

Para a modelagem numérica do fluxo hídrico subterrâneo, a área de modelagem foi delimitada por Machado (2011) de acordo com os altos topográficos que limitam as microbacias dos ribeirões Matadouro e Jequitibá.

Uma vez consolidadas as informações referentes à geologia da área do estudo, foram estabelecidas as principais litologias representativas das unidades hidroestratigráficas, consideradas representativas do sistema aquífero local. Desta forma, o sistema aquífero, na área do estudo, compreende três litotipos diferentes e o material detrítico de cobertura, a saber:

- os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena;
- as rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas; e,
- o complexo cristalino, que constitui o embasamento para os sedimentos do Grupo Bambuí.

Capoteando o pacote rochoso, se apresentam distribuídos na área do estudo, materiais detríticos autóctones e alóctones, cujos representantes com maior distribuição areal são os Latossolos.

Os Latossolos, em geral, se assentam sobre os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena, que dominam a área do CNPMS, onde estão representados basicamente por saprólitos exibindo diferentes graus de intemperismo. Com frequência, os saprólitos afloram na superfície do terreno, na forma de concreções lateríticas.

De acordo com o exposto, admite-se o cenário hidrogeológico da área do estudo formado por quatro sistemas aquíferos, ou, unidades hidroestratigráficas, *a priori*, interconectados, sumarizados na Tabela 6.3, entendendo-se como sistema ou unidade hidroestratigráfica “o corpo geológico constituído por um tipo litológico, ou por mais tipos, constituindo um sistema com propriedades hidráulicas próprias, que o identificam e o caracterizam como um sistema único”.

Tabela 6.3 – Cenário Hidrogeológico da Área do estudo

Sistema Aquífero	Constituição
Granular	- coberturas superficiais, detrito-lateríticas, e localmente saprólitos da Formação Serra de Santa Helena.
Fraturado-Cárstico	- intercalações de rochas pelíticas e lentes de rochas carbonáticas que ocorrem na Formação Serra de Santa Helena.
Cárstico	- rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas, em particular calcários do membro Lagoa Santa.
Fraturado	- porção fraturada do Complexo Gnáissico-Migmatítico

As características hidráulicas desses sistemas aquíferos são muito variáveis e, condicionadas, em particular, pelas características físicas, prevalentes nesses sistemas.

O sistema aquífero granular, que em geral, capeia o pacote rochoso, grosso modo compreende as coberturas detrito-lateríticas quaternárias e terciárias, que, notadamente, na área do CNPMS, abrange os Latossolos, prevalentes na área, e, os saprólitos da formação Serra de Santa Helena.

Durante os trabalhos de campo para a instalação dos poços de monitoramento e de caracterização da subsuperfície, na área do CNPMS, foi verificada a presença de materiais constituintes desse sistema, em todos os poços perfurados e nas sondagens a trado realizadas, com exceção das sondagens executadas nas áreas de cotas menores.

As condutividades hidráulicas verificadas, no material de cobertura, tanto nos Latossolos, como nos saprólitos, apresentaram variações de cerca de três ordens de grandeza.

No campo, qualitativamente, foram verificadas taxas de infiltração de muito altas a muito baixas. Em certos locais, a bureta do permeâmetro de Guelph se esvaziava assim que o equipamento era colocado em operação, em outros a infiltração era tão lenta que o nível d'água, na bureta do permeâmetro, permanecia estacionado por horas.

De acordo com Machado (2011) o aquífero granular apresenta conexão hidráulica com as águas superficiais, na área do estudo. Assim, podem receber, além das águas meteóricas infiltradas, águas dos corpos hídricos superficiais nos períodos chuvosos e, em razão da boa capacidade de armazenamento, alimentar esses corpos, nos períodos de estiagem, mantendo o nível de base.

Na área do estudo o sistema aquífero granular é explorado por meio de cacimbas e cisternas, que alcançam no máximo 20m. Trata-se de um sistema pouco produtivo, entretanto importante para abastecimento doméstico e de pequenas instalações rurais, na área do estudo. Também, dado a sua extensão areal e características hidráulicas, é importantes no processo de recarga do aquífero cárstico sotoposto, que se dá através da infiltração vertical de acordo com Machado (2011).

Do ponto de vista ambiental, a importância do sistema aquífero granular está na capacidade de ação como meio filtrante, de sua zona não saturada. Assim, podem condicionar a qualidade da água em subsuperfície.

No grupo Bambuí, o sistema aquífero fraturado-cárstico está associado à presença de discontinuidades no pacote rochoso, como falhas, fraturas e diáclases associadas às feições de dissolução, compreende as regiões de ocorrência de sedimentos ou metassedimentos associados às rochas calcárias (ANA,2007). De forma que, esse meio hidrogeológico, pode apresentar, localmente, dupla porosidade e permeabilidade, ou seja, porosidade fissural ou secundária no domínio fraturado e porosidade cárstica no domínio carbonático.

Nos afloramentos da Formação Serra de Santa Helena na área do estudo, em particular no CNPMS, as rochas constituintes desta Formação apresentam, em geral, intemperismo de alto

grau, às vezes, com as feições estruturais, ainda preservadas. Não tendo sido, verificado afloramento de rochas sãs. No entanto, em subsuperfície, zonas fraturadas, nas rochas da desta Formação, podem ocorrer r, em contato com a porção superior carstificada das rochas carbonáticas, desta forma caracterizando o aquífero fraturado-cárstico.

O sistema aquífero cárstico compreende o endocarste, ou seja, a zona carstificada das rochas carbonáticas, onde o fluxo e o armazenamento estão condicionados por cavidades e condutos formados pelo alargamento de fraturas, preexistentes, em função dissolução do material carbonático, por ação de águas acidificadas em razão da saturação com dióxido de carbono e, possivelmente ácidos húmicos.

Os seis poços de produção monitorados na área do estudo, foram instalados no aquífero cárstico, em razão das elevadas vazões que apresentaram, nos testes de bombeamento executados à época de sua instalação (Hidropoços, 1980, 1981).

Também, os testes de bombeamento realizados em 2010, nos poços de produção do CNPMS, com as bombas usadas para exploração, indicaram vazões maiores que  $10^4$  L/h.

As rochas calcárias, em que os poços de produção foram instalados, pertencem ao membro Lagoa Santa da Formação Sete Lagoas e são passíveis de cárstificação, em virtude de sua maior pureza. Rochas carbonáticas com teores de  $\text{CaCO}_3$  maiores que 70% são mais susceptíveis a ação dos processos de carstificação (CPRM, 2003; Pessoa, 2005).

As formas de infiltração de águas meteóricas, no carste, de modo difuso, através das zonas de recarga existentes no manto de alteração, que capeiam o pacote rochoso, não diferem muito das que ocorrem em ambientes não cársticos. Em parte, a recarga de aquíferos cársticos ocorre através das zonas de contato ou interfaces solo-rocha, ou seja, através do epicarste. Também, a recarga pode se ocorrer através do carste exposto, a saber, o exocarste, em particular, os afloramentos de rochas carbonáticas (Pessoa, 2005) .

Na área do estudo, se apresentam potentes afloramentos de rochas carbonáticas, conforme marcado no mapa litológico na Figura 6.16, a saber: a sudeste, nas proximidades do conjunto habitacional, na cidade de Prudente de Moraes, no local de coordenadas 588 154m E / 7844 028m N e a sudoeste, o afloramento conhecido como Lapa Preta; na região central da área do

CNPMS, o afloramento da gruta da Pontinha; e ao norte da área na fazenda Tavares, os afloramentos no local de coordenadas 586 623m E / 7850 797m N

### 6.7.2 Expressões das Unidades Hidroestratigráficas na Área do estudo

A partir de observações de campo, que incluiu a realização de sondagens a trado e o acompanhamento da perfuração e instalação de 23 poços de monitoramento pode-se constatar, que, localmente, o pacote de rochas que compreende as unidades hidroestratigráficas descritas na Tabela 6.3, estão materializadas nos corpos geológicos, a saber:

- coberturas detrítico-lateríticas, às vezes sobrepostas aos saprólitos da Formação Serra de Santa Helena ou às rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa da Formação Sete Lagoas, principalmente Latossolos, associadas aos saprólitos da formação Serra de Santa Helena, às vezes constituindo um manto com aspecto laterítico;
- rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas, constatadas na perfuração dos poços PC1, PC4, PC5 e PC7 e pelos poços de produção do CNPMS, com profundidades de 35 a 65 m; e,
- rochas intemperizadas do complexo cristalino, na região do contato entre o embasamento e o Grupo Bambuí, na parte alta do vale do ribeirão Jequitibá-Mirim.

Na fotografias apresentadas nas Figuras 6.27 a 6.29 estão mostrados aspectos característicos das rochas que compõem as quatro unidades hidroestratigráficas descritas, sumariamente.



Figura 6.27 – Exposição do saprólito e da cobertura detrítico-laterítica

coordenadas UTM 586377m E / 7848976m N  
Fotografias do Autor (2010)



Nas fotografias apresentada na Figura 6.27 (a) e 6.27 (b) estão mostradas partes das coberturas detrito-lateríticas, caracterizadas pelo material marrom-avermelhado, sobre o material creme ou amarelado, expostos em corte de estrada de ferro, na área do CNPMS.

Tratam-se de materiais que sofreram intemperismo de alto grau. A cobertura superficial caracterizada pela coloração vermelha, na Figura 6.27 (b), é representante dos Latossolos Vermelhos com ampla distribuição na área do estudo. Trata-se de material terrígeno, transportado ou formado, *in situ*, com concreções ferruginosas, de óxidos de ferro e de alumínio, grânulos de óxido de manganês e argilominerais. Apesar do teor alto de argilominerais, apresenta alta porosidade.

O material sotoposto, à cobertura superficial, correspondente à faixa de coloração creme, nas Figuras 6.27 (a) e 6.27 (b) representa o saprólito originado do intemperismo de rochas da formação Serra de Santa Helena. Macroscópica e qualitativamente, na área do estudo, os saprólitos são caracterizados pela coloração creme amarelada e com presença freqüente de níveis de cascalhos, às vezes centimétricos a métricos,.

Em alguns locais da área do CNPMS, o saprólito aflora na superfície do terreno, em forma de carapaças lateríticas, às vezes com extensas cascalheiras, ou às vezes capeado por uma camada centimétrica de solo com matéria orgânica, caracterizado pela cor marrom escuro, quase negra.

O saprólito mostrado na fotografia da Figura 6.28, se entende por toda a extensão da linha férrea, na área do CNPMS, com espessura variável, de métrica a cerca de uma dezena de metros, no máximo.

Na fotografia da Figura 6.28 (a) se observa a graduação de cor no material exposto, de marrom-amarelo na base, ao vermelho no topo, característico do Latossolo Vermelho. Também, se observa no corte na base do material exposto níveis de cascalho.

Na Figura 6.28 (b) , esta apresentado o mosqueamento característico, com freqüência presente nas zonas de maior umidade nesses saprólitos. Na Figura 6.28 (c) está apresentado um nível de cascalho, típico da Formação Serra de Santa Helena, que exhibe extensas cascalheiras na área do estudo.



Figura 6.28 – Exposição do saprólito, e detalhes do mosqueado e do nível de cascalho

Coordenadas UTM 586377m E / 7848976m N  
Fotografias do Autor (2010)

Nas fotografias da Figura 6.29 estão mostradas estruturas, ainda, preservadas observadas nos saprólitos da formação Serra de Santa Helena, na área do CNPMS.



Figura 6.29 – Exposições dos saprólitos da Formação Serra de Santa Helena, no CNPMS

Coordenadas: (a) e (b) 586377m E / 7848976m N; (c) 586 779 m E / 7846 235 m N  
Fotografias do Autor (2008)

Na Figura 6.29 (a) estão mostradas foliações subparalelas, aparentemente, em mergulho aproximadamente, ortogonal à ponta da caneta, que foi colocada em posição vertical. Na fotografia na Figura 6.29 (b) o saprólito apresenta uma foliação plano-paralela e atitude sub-horizontal em relação ao plano marcado pela caneta, colocada em posição horizontal. Na

Figura 6.29 (c) mostram-se estruturas plano-paralelas, também, em saprólito da formação Serra de Santa Helena.

Nas fotografias apresentadas nas Figuras 6.30 (a) e 6.30 (b), estão apresentadas formas cársticas, em afloramentos de calcários na área do CNPMS. Tratam-se de pequenas cavernas e estruturas ruíniformes, formadas pela ação de águas mais ricas em CO<sub>2</sub> dissolvido, portanto mais ácidas, nas zonas fraturadas das rochas calcárias.



Figura 6.30 – Afloramentos de calcários carstificados, no CNPMS

Coordenadas UTM: 586845m E /7850078m N  
Fotografias do Autor (2008)

Na fotografia da Figuras 6.30 (a) são mostradas pequenas cavernas em um afloramento de calcário. Na Figura 6.30 (b) se apresenta uma foto do interior de uma caverna, com os dutos característicos da ação da água sobre rochas calcárias.

### 6.7.3 Hidrogeologia da Área do estudo

Na Figura 6.31, está apresentado o mapa hidrogeológico da área do estudo, proposto por Machado (2011), elaborado com o aplicativo *Visual Modflow*, no qual estão representadas as unidades hidroestratigráficas, descritas na Tabela 6.3, as equipotenciais e a direção do fluxo d'água.

No mapa apresentado na Figura 6.31 está marcada o traço de uma seção (AB), passando pela lagoas Capivara e Olhos d'Água, situada próxima aos poços PC-6, PC-7 e PC-8, apresentada na Figura 6.32.

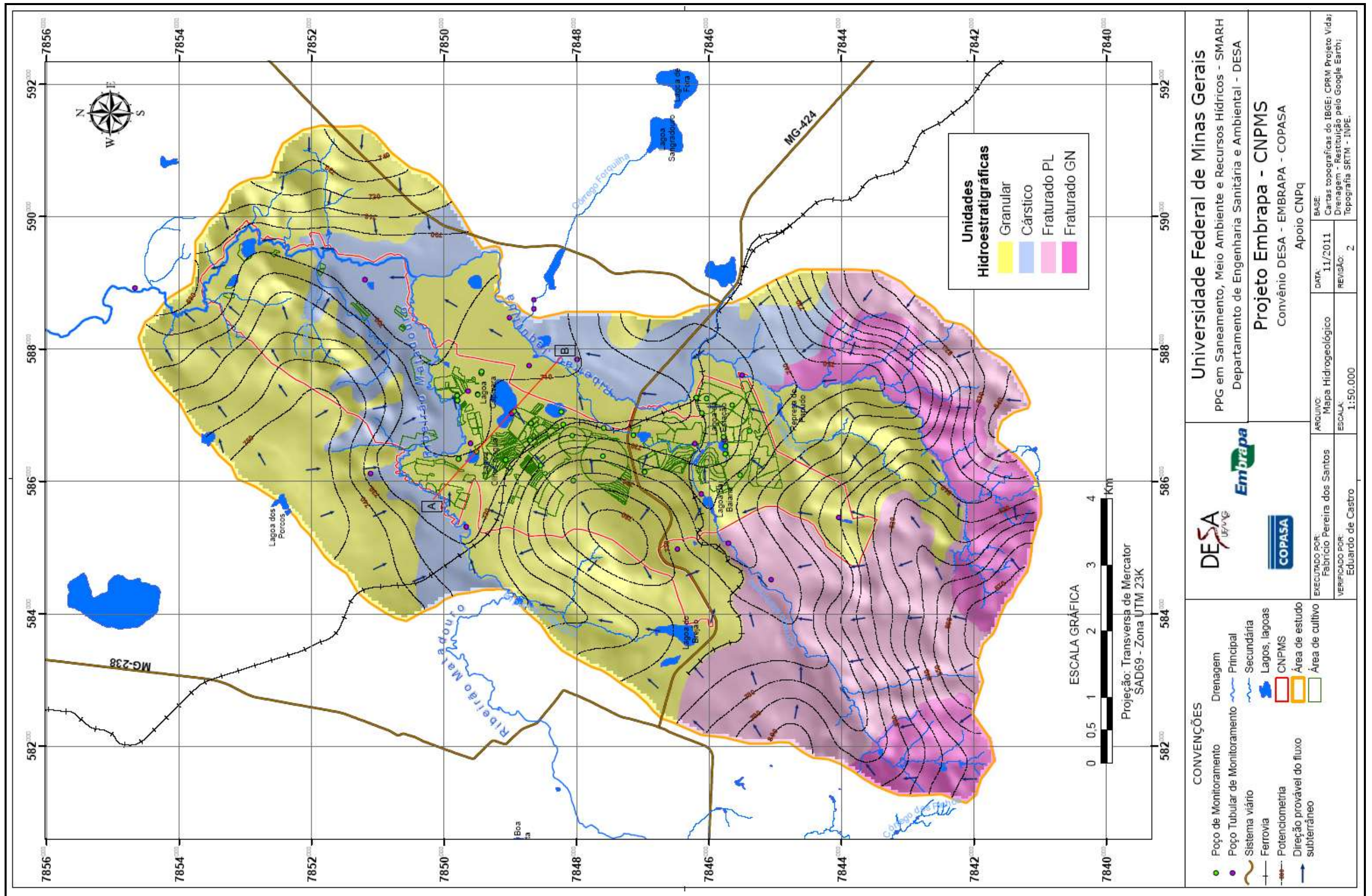


Figura 6.31 – Mapa Hidrogeológico da Área do estudo

Na seção mostrada na Figura 6.32 está marcado o nível d'água na zona saturada. De acordo com esta seção a lagoa Olhos d'Água está sob a influência da água que circula no domínio hidroestratigráfico cárstico.

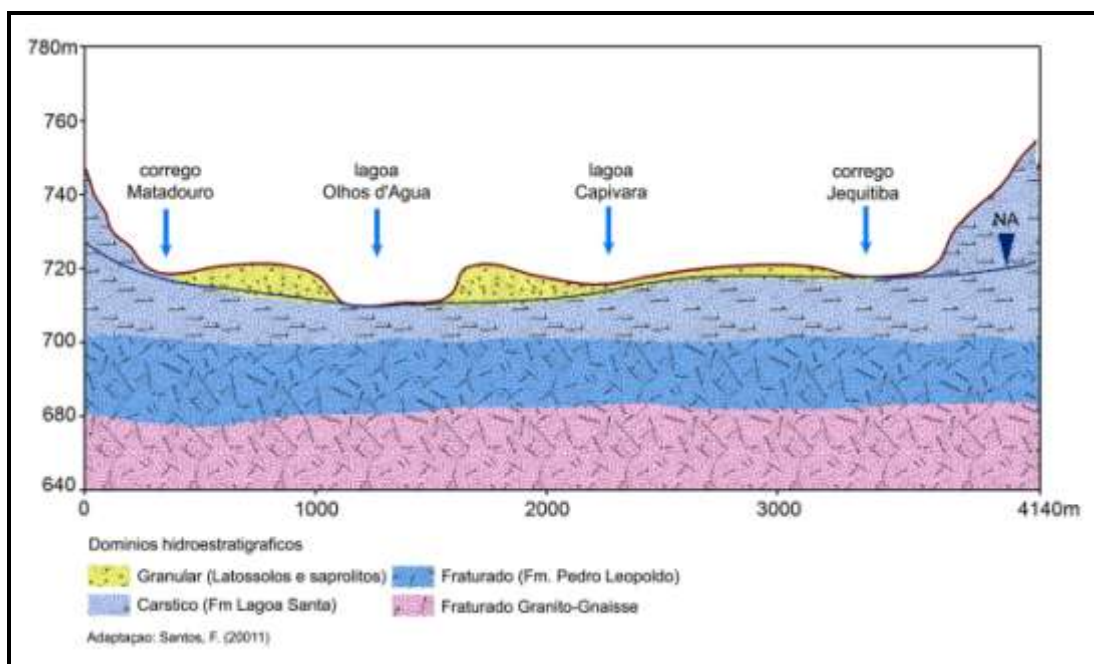


Figura 6.32 – Unidades hidroestratigráficas na seção AB e nível da zona saturada

Medições do nível água nos poços PC-6 e PC-7, situados na margem sul da lagoa Capivara, no local de coordenadas UTM 587063m E / 7848938m N , indicaram o nível d'água a 1,5 m da superfície do solo, no poço PC-6, correspondendo à cota 713m e a 4,0 m no piezômetro PC-7, instalado na rocha carbonática, correspondente a uma cota de 710,5m.

Na época em que essas medidas foram realizadas, a cota do espelho d'água estava a 712m, ou seja a 1,5m acima do nível d'água verificado no piezômetro e a 1,0m abaixo do nível verificado no poço PC-6. Essas medições indicaram, um fluxo d'água epidérmico para a lagoa Capivara, ou seja, um fluxo de água no domínio hidrogeológico dos Latossolos.

O fluxo geral da água subterrânea no sistema aquífero local tende para NE, tendo como exutório regional a calha do rio das Velhas.

Localmente, o fluxo geral da água subterrânea tende para as calhas dos córregos Matadouro e Jequitibá, que fluem para nordeste desaguando no rio das Velhas, no local de coordenadas UTM 602256/7873455, na cidade de Jequitibá.

No CNPMS, as duas principais áreas de surgência da água subterrânea estão nas lagoas da Subida da Estação, coordenadas UTM 586633/7845769 e Olhos d'Água, coordenadas UTM 586577/7849598, que são os exutórios de águas do sistema aquífero cárstico.

Conforme o mapa apresentado na Figura 6.31 o aquífero granular ou poroso é o de maior expressão em superfície exposta, na área do estudo, sendo dominante, superficialmente, na área do CNPMS.

O aquífero cárstico-carbonático, sotoposto ao meio aquífero poroso, provavelmente se estende por toda a área do estudo, em profundidades variáveis desde metros a dezenas de metros.

A porção superior deste pacote, constituída por rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa, constitui o aquífero cárstico, a porção inferior constituída por rochas carbonáticas do Membro Pedro Leopoldo integra o aquífero fraturado, juntamente com a porção superior do embasamento, tendo maior expressão superficial ao sul da área de estudo, conforme o mapa na Figura 6.31.

## **6.8 Considerações Finais**

As informações geológicas sobre a área do estudo, associadas às observações de campo, permitiram estabelecer as seguintes unidades hidroestratigráficas:

- coberturas detrítico-laterítico, eluvial e aluvial, às vezes sobreposto aos saprólitos da Formação Serra de Santa Helena ou às rochas carbonáticas do Membro Lagoa Santa da Formação Sete Lagoas;
- saprólito vermelho-amarelo e amarelo originado do intemperismo de rochas da formação Serra de Santa Helena, às vezes, constituindo um manto com aspecto laterítico, onde também se apresenta o aquífero freático;
- rochas carbonáticas da formação Sete Lagoas, encontradas na perfuração dos poços PC1, PC4, PC5 e PC7, nas quais estão instalados os poços de produção do CNPMS; e,
- rochas intemperizadas do complexo cristalino, na região do contato entre o embasamento e o Grupo Bambuí, na parte alta do vale do ribeirão Jequitibá-Mirim.

Machado (2011) considerou para o desenvolvimento do modelo de fluxo subterrâneo, em escala regional, incluindo a área do CNPMS, as bacias hidrográficas dos córregos Matadouro e parte alta da bacia do Jequitibá, com uma área total de 76 km<sup>2</sup>.

Com exceção de rochas do membro Pedro Leopoldo, da Formação Sete Lagoas e rochas do complexo cristalinos, ou seja do embasamento, representantes das demais unidades litoestratigráficas se apresentam, na área do CNPMS.

Na perfuração dos poços PC-4, PC-5 e PC-7 a rocha carbonática foi alcançada, conforme verificado durante os trabalhos de perfuração, em profundidade entre 36 e 40 metros. Foi observado que os fundos dos poços PC-4 e PC-5 alcançaram a rocha carbonática fraturada, com fraturas preenchidas por material saprolítico, fato corroborado pela observação do material removido na profundidade final.

Já no poço PC-7, foi alcançado uma zona instável, possivelmente um zona fraturada também, preenchida com material pelítico e carbonático, que exigiu a instalação de um tubo de aço de 10” de diâmetro, em toda extensão perfurada, para dar continuidade aos trabalhos de perfuração. Esta tubulação alcançou cerca de 40 m de profundidade. No Anexo D está apresentado o perfil construtivo deste poço e dos demais poços de monitoramento instalados na área do estudo.

Conforme exposto, o modelo de fluxo hídrico subterrâneo proposto por Machado, (2011), apontou duas importantes áreas, no CNPMS, sujeitas a receber impactos negativos das atividades agrícolas realizadas em sua área de influência e nas áreas de recarga locais. Essas áreas constituem os sistemas de interação de águas superficiais e águas subterrâneas da lagoa Subida da Estação e das lagoas Capivara e Olhos d'Água.

## 7 RESULTADOS

Os trabalhos realizados durante a execução do projeto compreenderam uma gama de atividades de campo e de escritório. As atividades de campo foram subdivididas em dois grupos, atividades de preparação e atividades do projeto de pesquisa, compreendendo os trabalhos listados a seguir.

- Trabalhos de preparação: reconhecimento da área do estudo; inventário e cadastramento de pontos para amostragem de águas; caracterização físico-química das águas dos pontos de amostragem inventariados, *in situ*; e, preparação e organização do plano de monitoramento de águas na área do estudo; e,
- Trabalhos do projeto de pesquisa: execução de sondagens a trado manual e mecânico, em diferentes locais na área do estudo, descrição macroscópica do perfil do solo ou do regolito e localização do nível freático quando possível; acompanhamento da perfuração e instalação da rede de poços medidores de nível d'água e piezômetros, destinados ao monitoramento do nível d'água e amostragem de água subterrânea, especialmente nas áreas de cultivo; amostragem do material geológico nos furos a trado e nos poços de monitoramento, para caracterização física e mineralógica; medição do nível d'água nos furos de sondagem a trado e nos poços de monitoramento; amostragem das águas subterrâneas para registro fotográfico e caracterização físico-química preliminar; e, determinação da condutividade hidráulica saturada, em diferentes locais da área do estudo.

A execução do segundo grupo de atividades concentrou-se, principalmente, no primeiro semestre de 2010, em particular, nos meses de janeiro a abril. As atividades deste grupo estão descritas em um relatório técnico, em fase de revisão, para publicação pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – Embrapa. No Anexo D, apresenta-se uma síntese dessas atividades.

### **7.1 Definição do Programa de Monitoramento**

Durante o ano de 2007, foi realizado o inventário e cadastramento de pontos para amostragem das água, perfazendo um total de 55 possíveis pontos, a fim de se elaborar um plano de monitoramento das águas na área do CNPMS e no seu entorno.

Foram cadastrados 6 poços tubulares, 11 cisternas, 10 surgências, 16 pontos de amostragem em lagoas e 12 pontos em 6 córregos, sendo um ponto a montante e um ponto a jusante. Duas



das lagoas cadastradas foram formadas por barramento em córregos, quatro foram formadas por barramento em locais de surgências e as demais são lagoas em dolinas.

O sítio de cada um dos locais dos pontos foi descrito, qualitativamente, em caderneta de campo, com relação a aspectos de interesse, tais como: geologia, morfologia, localização, nome, natureza e aparência da água. As coordenadas do local foram captadas, utilizando-se um GPS de bolso, Garmin modelo Etrex, e o local fotografado.

Durante o cadastramento, realizou-se a amostragem da água e a medição, *in situ*, dos parâmetros pH, condutividade elétrica e potencial de redox, o Eh, para uma caracterização preliminar da água, de cada ponto, com exceção dos dois pontos no ribeirão Matadouro, pelo fato deste ribeirão receber esgoto bruto da cidade de Sete Lagoas.

Para esta caracterização utilizou-se os seguintes materiais e equipamentos: um balde plástico de 3 L; corda; béqueres de polipropileno de 250 mL; medidor de nível d'água fabricado pela Hidrosuprimentos, com fita graduada centimetricamente e munido com uma sonda para disparo de alarme sonoro, ao contato com a água; um pHmetro (“peagâmetro”) portátil, digital, Digimed, modelo DM-2; um condutivímetro, portátil, digital, Digimed, modelo DMCV-1; um eletrodo de pH modelo DM-1, com reposição do eletrólito; uma célula de condutividade; soluções tampão para calibração; solução padrão de condutividade; água deionizada; e, papel toalha.

Durante a caracterização das águas na área do estudo, foi verificado que a medição do Eh demandava um tempo bem maior que as respectivas medições de pH e da condutividade elétrica, as quais não requeriam mais que 5 minutos para sua realização, estando os equipamentos já preparados e calibrados, para este mister.

Também foi considerado o fato de não existir pessoas aptas para a realização dessas medidas, simultaneamente à amostragem das águas. Tarefa que não poderia ser realizada pelos técnicos da COPASA, sem sacrificar o tempo disponibilizado para realização das coletas e o próprio plano de amostragem.

A partir deste inventário inicial foram escolhidos trinta pontos para compor o plano de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas na área do estudo, conforme está apresentado no Anexo A, considerando as seguintes diretrizes: localização geográfica dos pontos e situação ambiental; facilidade de acesso com o material de coleta; características da

água; e a disponibilidade dos laboratórios da Divisão de Qualidade de Água e Esgoto–DVQA, da COPASA.

Na Tabela 7.1, apresenta-se o conjunto de pontos de amostragem, que integraram o primeiro plano de monitoramento e os valores medidos, *in situ*, dos parâmetros físico-químicos.

Tabela 7.1 – Pontos Inventariados e Parâmetros Físico-Químicos das águas Amostradas

Ponto	Nome e Local	Data do	Coordenadas UTM		pH	CE	pE <sup>(1)</sup>
		Cadastro	L (m)	N (m)		( $\mu$ S/cm)	
<b>Águas Subterrâneas</b>							
CIS-1	Restaurante – em frente entrada principal	21/03/07	587321	7849490	6,75	312	1,46
CIS-2	Estufa– escritório Campos Experimentais	12/04/07	587370	7849633	6,79	276	4,63
CIS-3	Campos experimentais– escritório do Barão	11/05/07	586886	7848687	7,07	162,3	4,68
CIS-4	Cisterna da AEE	26/04/07	587846	7847990	6,53	118,7	5,25
CIS-5	Vila Epamig – casa 2	26/04/07	587846	7847990	6,53	118,7	5,25
CIS-6	Epamig – Estábulo 2– divisa CNPMS	11/05/07	587754	7848713	6,21	89,7	4,80
CIS-7	Faz. Marinheiro – sede	11/05/07	584519	7845060	6,07	198	5,12
PT-1	Matadouro – Ponte 2	27/04/07	587300	7849802	8,52	291	-
PT-2	Matadouro – Ponte 2	27/04/07	587220	7849796	7,98	300	4,05
PT-3	Lagoa Subida da estação	27/04/07	586633	7845769	7,73	388	4,25
PT-4	Lagoa Olhos d’água	10/05/07	586577	7849598	7,94	270	4,27
PT-5	Epamig - sede		588554	7848624			
PT-6	Fazenda Tavares	12/12/07	585307	7850655			
SURG-1	Lagoa da Subida da Estação	27/04/07	586422	7845750	6,13	50,2	4,92
SURG-2	Nascente da Mata da Usina (do Sapo)	27/04/07			6,43	59,8	5,27
SURG-3	NIA	26/04/07	584981	7846474	7,18	278	1,05
<b>Águas Superficiais</b>							
CAN-1	Ponte no cultivo orgânico		586536	7846202			
CAN-2	Manilha após lagoa do quiosque		587760	7849997			
JEQ-1	Córrego Jequitibá-Mirim – bomba Pivô 2	04/04/07	-	-	7,66	262	1,68
JEQ-2	Córrego Jequitibá-Mirim – sede Epamig	10/05/07	884765	7849010	7,81	273	1,34
FOR-1	Córrego Forquilha – sede Epamig	20/04/07	588748	7848640	7,84	223	4,14
MAR-1	Córrego Marinheiro – ponte faz. Marinheiro	11/05/07	585069	7845708	7,64	270	4,95
MAT-1	Córrego Matadouro – ponte bairro Areias		588934	7854667	-	-	-
JEQ-3	Córrego Matadouro – ponte faz. Monjolos		585307	7849640	-	-	-
LAG-1	Lagoa do Papudo – vertedor	04/04/07	585459	7844038	7,66	242	1,84
LAG-2	Lagoa da Subida da Estação	04/04/07	587028	7848973	7,98	254	1,61
LAG-3	Represa da Baiana – vertedor	04/04/07	585811	7846111	7,87	-	3,63
LAG-4	Lagoa Capivara – casa de bomba	04/04/07	587028	7848973	7,98	254	1,61
LAG-5	Lagoa Olhos d’água – vertedor	10/05/07	586577	7849598	7,96	221	4,36
LAG-6	Lagoa Poço Verde – vertedor	04/04/07	589051	7851193	7,87	-	3,63

(1) pE = Eh (mV)/59

Este conjunto de pontos, integrou o primeiro plano de monitoramento, que está apresentado, no Anexo A, abrangendo o período de maio de 2008 a maio de 2009.

No presente texto, para referenciar os pontos de monitoramento apresentados no Anexo A, a identificação usada durante o monitoramento foi modificada, conforme apresentado na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Identificação dos Pontos Monitorados Usada no Texto

Identificação dos pontos		Coordenadas		Caracterização do ponto ou local
Texto	Monitoramento <sup>(1)</sup>	L (m)	N (m)	
JEQ-1	S1D1-1	587612	7845500	Córrego Jequitibá-Mirim – bomba do pivô 2
LAG-1	S1D1-2	585459	7844038	Lagoa do Papudo – vertedor
LAG-2	S1D1-3	586633	7845769	Lagoa da Subida da Estação – casa de bomba
SURG-1	S1D1-4	586422	7845750	Mata da lagoa da Subida da Estação
PT-3	S1D1-5	586539	7845745	Lagoa Subida da estação
CIS-7	S1D2-1	584519	7845060	Faz. Marinheiro – sede
MAR-1	S1D2-2	585069	7845708	Córrego Marinheiro – ponte faz. Marinheiro
SURG-3	S1D2-3	584981	7846474	NIA – vertente em frente a entrada do NIA
LAG-3	S1D2-4	585811	7846111	Represa da Baiana – vertedor
SURG-2	S1D2-5	586153	7846972	Nascente da Mata da Usina (do Sapo )
CIS-3	S2D1-1	586886	7848687	Campos experimentais– escritório do Barão
LAG-4	S2D1-2	587028	7848973	Lagoa Capivara – casa de bomba
LAG-5	S2D1-3	586577	7849598	Lagoa Olhos d'água – vertedor
PT-4	S2D1-4	586345	7849775	Lagoa Olhos d'água – casa de bomba
CIS-4	S2D1-5	586345	7849775	Cisterna da AEE– casa de bomba
LAG-6	S2D2-1	589051	7851193	Lagoa Poço Verde – vertedor
PT-1	S2D2-2	587220	7849796	Matadouro – Ponte 2
PT-2	S2D2-3	587300	7849802	Matadouro – Ponte 2 (estrada para a casinha )
CIS-1	S2D2-4	587321	7849490	Restaurante – em frente entrada principal
CIS-2	S2D2-5	587370	7849633	Estufa– escritório Campos Experimentais
CIS-5	S3D1-2	587846	7847990	Vila Epamig – casa 2
PT-5	S3D1-3	588610	7848641	Epamig – sede
CIS-6	S3D1-5	587754	7848713	Epamig – Estábulo 2 na divisa com o CNPMS
FOR-1	S3D1-6	588748	7848640	Córrego Forquilha – sede Epamig
JEQ-3	S3D2-1	588927	7854662	Córrego Matadouro – ponte fazenda Monjolos
MAT-1	S3D2-2	585317	7849660	Córrego Matadouro – ponte bairro Areias
PT-6	S3D2-3	586124	7851108	Fazenda Tavares
CAN-1	S3D2-4	586574	7846211	Ponte antes do cultivo orgânico
CAN-2	S3D2-5	587846	7847990	Manilha após a lagoa do quiosque

(1) Seqüência mensal de amostragem

A rotina de amostragem de águas superficiais e subterrâneas para o primeiro plano de monitoramento e de amostragem de águas subterrâneas do segundo plano de monitoramento foi elaborada considerando:

- a realização da amostragem, do conjunto de 30 pontos, durante as três primeiras semanas de cada mês, com as campanhas de coletas sempre nos dois primeiros dias úteis de cada semana, as segundas e terças-feiras, a menos que ocorra algum impedimento; e,
- a identificação dos frascos de amostragem, para o campo, com uma numeração seqüencial de identificação dos pontos de monitoramento, caracterizando a semana e o dia da coleta.

Desta forma, pode-se coletar 10 amostras por semana, sendo 5 amostras no primeiro dia útil, na segunda-feira e mais 5 no segundo dia útil, ou seja, na terça-feira, de modo a atender a capacidade de preparação da frascaria e da recepção e armazenamento das amostras dos laboratórios da DVQA–COPASA.

De acordo com o critério estabelecido, todos os cinco pontos de amostragem, de um mesmo dia, situam-se em uma mesma área, o mais próximo possível, para otimizar o tempo gasto na coleta das amostras, nos cinco pontos da área. Com isso, foram definidas seis áreas de coleta, com cinco pontos de coleta em cada uma, sendo cada área amostrada em um dia, perfazendo os seis dias de coleta, nas três primeiras semanas do mês.

No primeiro trimestre de 2010 foram instalados e postos em condições de operação 23 poços de monitoramento na área do CNPMS, conforme descrito na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Localização dos poços de monitoramento

Poço	Identificação ou local	Coordenadas UTM		Poço	Identificação ou local	Coordenadas UTM	
		L (m)	N (m)			L (m)	N (m)
PC-1	Montante1	586015	7848047	PC-13	Córrego Matadouro	587300	7849802
PC-2	Centro Pivô 1	586699	7848061	PC-14	Portaria	586818	7847584
PC-3	Centro Pivô 3	586388	7847585	PC-15	Cascatinha1	586871	7848202
PC-4	Stress 2	586323	7849076	PC-16	Cascatinha2	587061	7848231
PC-5	Capivara1	586630	7848708	PC-17	Estação Meteorológica	586772	7845382
PC-6	Capivara2	587069	7848940	PC-18	Montante2	586103	7845526
PC-7	Capivara3 (Piezômetro)	587069	7848940	PC-19	Centro Pivô 2	587167	7845653
PC-8	Stress 3 - Olhos d'Água	586457	7849514	PC-20	Centro Pivô 4	587256	7846036
PC-9	Lagoa do Trevo	586707	7847137	PC-21	Norte Pivô 4	587261	7846186
PC-10	Esgoto Químico1	587634	7849439	PC-22	Oeste Pivô 4	587043	7846107
PC-11	Esgoto Químico2	587662	7849435	PC-23	Lagoa Estação	586686	7845779
PC-12	Stress 1	586247	7848538				

Para a amostragem das águas nesses poços, foi proposto em maio de 2010 um segundo plano de monitoramento, que está apresentado no Anexo A, contemplando somente as águas subterrâneas.

Em junho de 2010 este novo plano de monitoramento, incorporando os 23 novos poços, mas mantendo um total de trinta pontos de amostragem de águas subterrâneas, foi aprovado. O monitoramento foi iniciado em julho de 2010 e se estenderá até julho de 2011.

Na Tabela 7.4. estão apresentados os pontos de amostragem do primeiro plano de monitoramento, que continuarão sendo monitorados, juntamente com os 23 poços de monitoramento, instalados em 2010.

Os trabalhos de amostragem e análises laboratoriais, deste programa, foram iniciados em julho de 2010, com encerramento previsto para outubro de 2011.

Tabela 7.4 – Pontos monitorados no primeiro plano de monitoramento

Identificação do ponto		Caracterização e localização	Coordenadas UTM	
Atual	Antiga		L (m)	N (m)
TUBE-2	PT-4	Poço tubular jorrante – lagoa Olhos d'Água	586345	7849775
CIST-1	CIS-3	Cisterna – escritório do Barão	586886	7848687
TUBE-4	S2D2-3	Poço tubular – ponte 2 do ribeirão Matadouro	587300	7849802
CIST-3	S2D2-4	Cisterna – em frente à portaria do restaurante	587321	7849490
NAS-1	NAS-1	Surgência – mata da lagoa Subida da Estação	586422	7845750
TUBE-1	S1D1-5	Poço tubular jorrante – lagoa Subida	586539	7845745
SURG-2	S1D2-5	Nascente da Mata da Usina (do Sapo)	586153	7846972

As coordenadas dos pontos de monitoramento, inicialmente, capturadas com GPS de trilha foram levantadas com estação total Geodetic GD2-NS 24970 e receptor GPS X91, modelo Huace, em outubro de 2010. As coordenadas dos pontos de monitoramento reportadas nas tabelas, referem-se ao levantamento realizado nesta data.

Na Figura 7.1 está apresentado o mapa de localização pontos de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo.

Os poços de monitoramento apontados na Figura 7.1, foram instalados no primeiro trimestre de 2010. O monitoramento nesses poços foi iniciado em julho do mesmo ano e se estenderá até outubro de 2011.

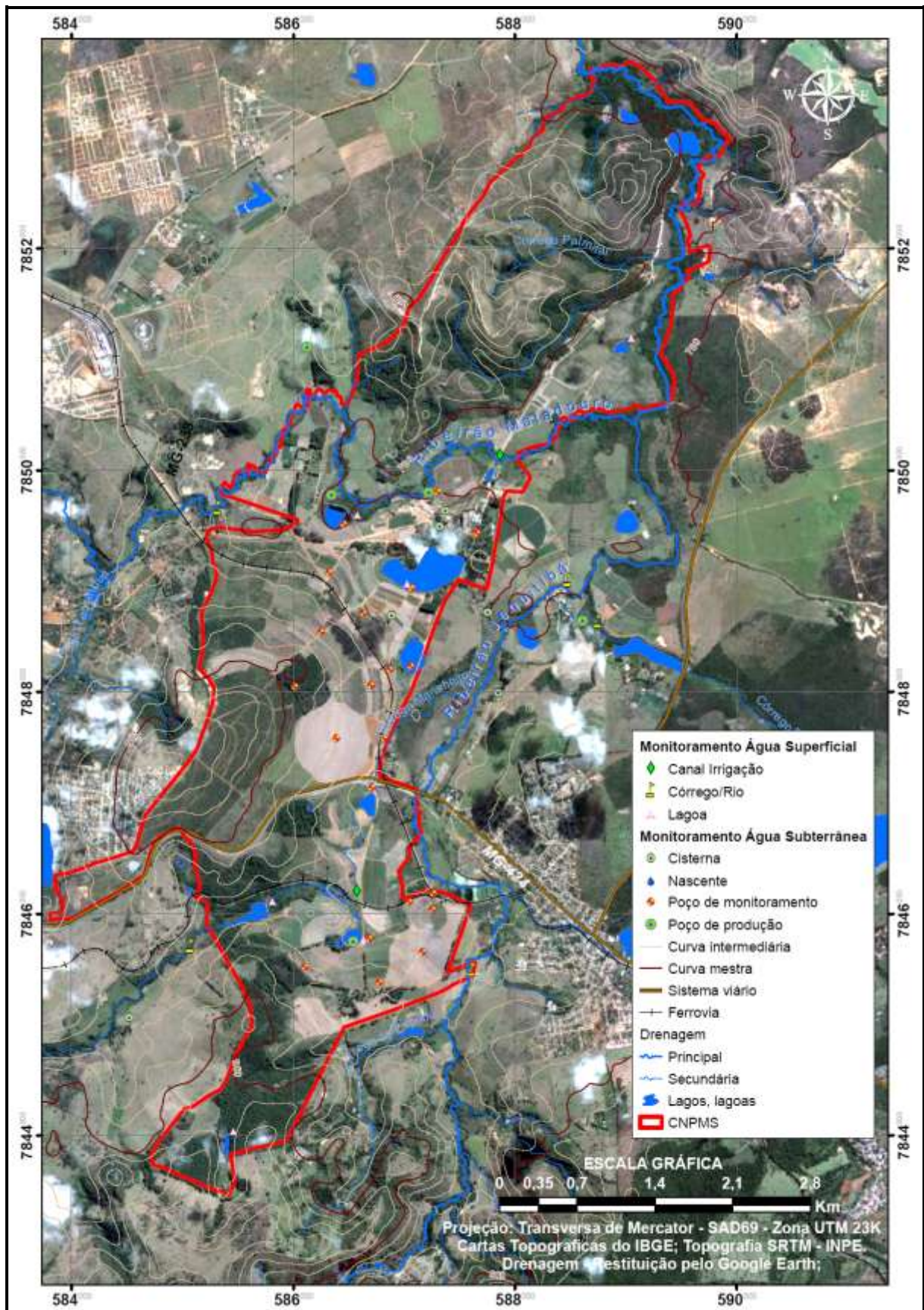


Figura 7.1 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento na área do estudo

Fonte; Google Hearth, 2010; CPRM, 2003. Adaptação: Santos, F. (2011).

## **7.2 Amostragem de Águas Superficiais e Subterrâneas**

Em maio de 2008, foi iniciado o monitoramento de águas superficiais e subterrâneas no CNPMS e no seu entorno, nos 30 pontos de monitoramento, do primeiro plano, conforme apresentado, no Anexo A. As últimas campanhas de amostragem de águas deste plano foram concluídas em maio de 2010.

Em julho de 2010, foi iniciado o monitoramento de águas superficiais e subterrâneas no CNPMS e no seu entorno, nos 30 pontos de monitoramento, do segundo plano, conforme apresentado, no Anexo A.

A amostragem dessas águas tem sido realizada por dois técnicos da Divisão de Recursos Hídricos–DVHD, da COPASA, mantidos durante todo o período de monitoramento.

Relativamente ao primeiro plano de monitoramento, de maio de 2008 a maio de 2010, estavam previstas a realização de 25 campanhas de amostragem de água, em cada ponto de monitoramento, na área do estudo. Desta forma, teriam sido originados um total de 1125 resultados, para cada um dos parâmetros definidos na Tabela 4.2 no Capítulo 4.

Esta previsão não foi cumprida para todos os pontos, devido a problemas no campo. Assim, conforme apontado Apêndice B, em alguns pontos o número de campanhas realizadas foi menor que o previsto, conseqüentemente, foram reportados um menor número de resultados mensais, das análises laboratoriais, para esses pontos.

O ponto de amostragem no córrego Forquilha, foi introduzido no plano de monitoramento, a partir de setembro de 2008, em razão do ponto original, uma surgência, ter se apresentado seca. Assim, o córrego Forquilha foi monitorado durante 20 meses.

No Anexo B apresenta-se uma avaliação quantitativa das campanhas de amostragem de água realizadas e dos resultados reportados, nos Relatórios de Resultados, emitidos pelo Sistema de Controle de Qualidade de Água-SICQA, da DVQA, para o primeiro plano de monitoramento.

Na Figura 7.2 está apresentado um conjunto de frascos usados para as amostras de água coletadas na cisterna do Restaurante, no dia treze de maio de 2008. Para cada ponto amostrado foram utilizados 13 frascos, perfazendo um total de 130 frascos por semana.



Figura 7.2 – Conjunto de frascos para as amostras de água

Coordenadas UTM 587321m E / 7849490m N  
Foto do Autor (2008)

Na Figura 7.3 (a) está mostrada a transferência da água para um dos frascos do conjunto, e na Figura 7.3 (b) o embalamento em caixa de isopor, que em seguida receberá o gelo para o transporte.



Figura 7.3 – Transferência e armazenamento das amostras de água

Coordenadas UTM 587321m E / 7849490m N  
Foto do Autor (2008)



### 7.2.1 Análises Laboratoriais das Amostras de Água

Conforme descrito no Capítulo 4, as análises físico-químicas e bacteriológicas foram realizadas nos laboratórios da Divisão de Qualidade de Água e Esgoto–DVQA, da COPASA.

A organização e a metodologia de tratamento dos resultados analíticos, relativos aos 30 pontos de amostragem, do primeiro plano de monitoramento, na área do estudo, realizado no período de maio de 2008 a maio de 2010 está descrita no Anexo A.

Primeiramente, o conjunto de resultados reportados nos Relatórios de Resultados de Análises–RRA, emitidos pela DVQA–COPASA, foi avaliado com relação às frequências de determinações, de quantificação, de não quantificação e de falta de resultados, para todos os pontos de monitoramento e para todos os parâmetros reportados nesses relatórios.

De acordo com a avaliação realizada, 11 pontos de monitoramento tiveram 99% de resultados reportados, 15 pontos tiveram cerca de 94% dos resultados reportados, de acordo com o número de visitas realizadas em cada ponto.

Os resultados reportados dos pontos de monitoramento CIS-7, NAS-1, S2D2-1 e S2D2-2 ficaram bastante prejudicados. Para esses pontos, foram reportados 83, 71, 64 e 87 %, respectivamente, dos resultados esperados, de acordo com o número de visitas realizadas.

Segundo a avaliação realizada, foram reportados 93,4 % do total de determinações esperadas, das quais 58,5% constituíram quantificações, correspondendo a 31302 e 19 601 resultados, respectivamente. Enquanto que, do total de determinações, 31,5% foram reportados como abaixo do limite de detecção do método, correspondendo a não quantificações ou detecções.

Os resultados completos desta avaliação estão apresentados, no Anexo B. Na Tabela 7.5, estão sumarizadas as frequências percentuais de quantificação dos parâmetros monitorados, de acordo com Tabela 4.2 no Capítulo 4, no período de maio de 2008 a maio de 2010.

Tabela 7.5 – Frequências percentuais de quantificação dos parâmetros monitorados

Parâmetro monitorado	Águas Subterrâneas			Águas Superficiais			
	Cisternas	Poços	Surgências	Canal	Córregos <sup>1</sup>	Córregos <sup>2</sup>	Lagoas
Constituintes principais							
Cálcio	100	100	100	100	98.9	100.0	100
Ferro	71.3	63.6	75.4	92.0	96.8	96.0	97.1
Magnésio	100	98.6	100	100	100.0	100.0	99.3
Potássio	94.1	95.8	78.5	100	98.9	100.0	98.6
Sódio	73.2	64.8	50.8	39.6	91.4	100.0	73.2
Nitrato	74.9	64.5	64.6	58.0	76.3	72.0	70.3
Cloreto	82.0	78.7	84.6	80.0	82.8	100.0	84.1
Sulfato	37.1	34.0	36.9	20.4	48.4	96.0	35.5
Constituintes Secundários							
Fenóis	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	1.4
Fluoreto	42.5	53.5	9.2	19.6	37.6	98.0	34.8
Fosfato	2.4	2.1	0.0	0.0	3.2	84.0	1.5
Manganês	43.0	23.1	47.7	44.0	79.6	96.0	64.5
Sílica	100	100	100	100	98.9	100.0	100
Constituintes Traço							
Alumínio	64.8	60.8	90.8	82.0	83.9	94.0	84.1
Arsênio	3.0	0.0	0.0	2.0	0.0	18.0	1.4
Bário	78.7	75.5	66.7	82.0	94.6	96.0	84.8
Chumbo	12.8	16.8	20.6	20.0	22.6	40.0	29.7
Cobalto	3.7	0.7	1.6	0.0	2.2	4.0	2.2
Cobre	7.3	13.3	12.3	18.0	15.1	42.0	16.7
Cromo	3.0	25.9	27.0	20.0	25.8	42.0	29.7
Cádmio	14.0	10.5	15.9	24.0	23.7	44.0	18.1
Mercúrio	0.6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.7
Selênio	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Zinco	84.2	83.9	78.5	82.0	88.2	98.0	90.6
Parâmetros Adicionais de Caracterização da Qualidade da Água							
pH	100	100	100	100	101.1	100.0	100
Condutividade elétrica	100	100	100	100	100.0	100.0	100
Cor	95.8	90.8	100	98.0	100.0	100.0	99.3
Turbidez	98.2	99.3	100	100	98.9	100.0	100
STD	100	100	100	100	98.9	100.0	100
Acidez total	100	100	100	100	100.0	100.0	100
Alcalinidade bicarbonato	100	100	100	100	100.0	100.0	100
Alcalinidade total	100	100	100	100	100.0	100.0	100
Dureza total	100	100	100	100	100.0	100.0	100
Oxigênio dissolvido	98.2	99.3	100	100	100.0	68.0	98.6
Nitrogênio orgânico	1.8	0.7	1.5	2.0	1.1	92.0	1.4
Nitrito	5.4	4.3	1.5	0.0	17.2	34.0	4.3
Nitrogênio amoniacal	94.6	96.5	98.5	98.0	98.9	100.0	97.8
Nitrogênio total	90.4	92.3	87.7	95.8	89.2	100.0	98.5
DBO	96.4	97.9	98.5	100.0	95.7	94.0	98.5
DQO	75.4	73.9	87.7	84.0	82.8	98.0	87.4
Óleos e Graxas	50.3	47.6	55.4	50.0	51.6	86.0	53.6
Sulfeto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
Parâmetros Bacteriológicos							
Coliformes totais	96.4	95.6	93.7	84.8	87.0	84.0	96.3
Escherichia coli	84.3	81.2	93.7	100.0	97.8	92.0	100
Especial							
Atrazina	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

1) Não contaminados com esgoto urbano; 2) Contaminados com esgoto urbano.

Verifica-se, na Tabela 7.5, que durante o período do monitoramento, os parâmetros fenóis, fosfato, arsênio, cobalto, mercúrio, selênio, nitrogênio orgânico, nitrito e sulfeto, apresentaram frequência de quantificação menor que 5%.

A atrazina foi quantificada em cerca de 1% das amostras das cisternas, como apontado na Tabela 7.5. No entanto, foi detectada em 13 pontos de monitoramento, do programa encerrado em maio de 2010, conforme apresentado na Tabela 7.6.

Tabela 7.6 – Presença de atrazina nas amostras analisadas

Ponto de Monitoramento	Data da Amostragem	Caracterização e Local	Concentração (µg/L)
SURG-1	4/8/2008	Surgência – a montante da lagoa da Subida da Estação	traços
	3/11/2008	Idem	traços
	5/1/2009	Idem	traços
PT-3	2/10/2009	Poço tubular jorrante – lagoa da Subida da Estação	<0.100
CIS-7	30/9/2008	Cisterna – fazenda Marinheiro	0.110
MAR-1	30/9/2008	Córrego Marinheiro – ponte da fazenda Marinheiro	<0.100
SURG-2	30/9/2008	Surgência – mina do NIA	<0.100
LAG-1	30/9/2008	Lagoa da Baiana – vertedor	<0.100
SURG-3	30/9/2008	Mata da Usina	<0.100
CIS-3	11/8/2008	Cisterna – escritório do Barão	traços
	12/1/2009	Idem	traços
PT-4	11/8/2008	Poço tubular jorrante – lagoa Olhos d'Água	traços
	12/1/2009	Idem	traços
CIS-4	12/1/2009	Cisterna da AEE – lagoa Olhos d'Água	traços
PT-1	13/1/2009	Poço tubular – Matadouro 1 – ponte 2 do Matadouro	traços
CIS-2	13/1/2009	Cisterna da estufa – escritório dos campos experimentais	traços
CIS-6	13/10/2008	Cisterna da Epamig – estábulo 2 da Epamig	traços
	19/1/2009	Idem	traços

Como pode ser verificado na Tabela 7.6, a atrazina foi quantificada apenas uma vez, mas foi detectada, em pontos de monitoramento da mesma região geográfica e, eventualmente no mesmo ponto em diferentes datas.

Os parâmetros fosfato, alcalinidade bicarbonato, nitratos, nitritos e nitrogênio amoniacal reportados, respectivamente, como: mg/L de P; mg/L de CaCO<sub>3</sub>; e mg/L de N, nos relatórios de resultados de análises, RRA, estão apresentados no Anexo C transformados em mg/L de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, mg/L de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mg/L de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, mg/L de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> e mg/L de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

As concentrações dessas espécies foram obtidos pela aplicação de fatores de conversão estequiométricos, conforme apresentado no Anexo C.

### **7.3 Verificação da Representatividade dos Resultados Reportados**

A caracterização físico-química da água superficial e subterrânea é necessária e importante em muitos estudos ambientais, particularmente, em um estudo de natureza hidrogeoquímica ambiental.

A necessidade da caracterização físico-química da água tem despertado o interesse da comunidade científica, proporcionando o desenvolvimento de técnicas analíticas sofisticadas que têm conduzido à mensuração de quantidades cada vez menores (Simões, 2008).

A mensuração de suas propriedades e de seus constituintes, normalmente, é de responsabilidade de técnicos especializados, de acordo com metodologias diversificadas e dependentes de escolhas pessoais e dos recursos do laboratório (Simões, 2008).

Porém, a mensuração de grandezas, de qualquer natureza, está sujeita a erros e a verificação de sua magnitude torna-se necessária para validação dos resultados.

Os erros de medidas podem ser minimizados, mas não eliminados. De modo geral, estão distribuídos em dois grupos, os erros indeterminados ou aleatórios e os erros determinados ou sistemáticos (Skoog et al., 2006; Simões, 2008).

À mensuração de uma grandeza associam-se dois conceitos fundamentais, a saber, a exatidão e a precisão da medida. A exatidão traduz a concordância dos resultados experimentais com o valor verdadeiro, ou aceito, da grandeza e pode ser estimada pelo erro absoluto ou relativo das medidas desta grandeza. Já, a precisão reflete a concordância entre os vários valores experimentais, da grandeza, obtidos exatamente da mesma forma, e pode ser avaliada pelo desvio-padrão, variância e coeficiente de variação (Pombeiro, 1998; Skoog et al., 2006).

A exatidão é uma medida do erro sistemático, enquanto a precisão é uma avaliação do erro aleatório e representa a reprodutibilidade da medida, tornando inaceitável um único valor como o valor verdadeiro (Simões, 2008).

“Alguns erros de laboratório são mais óbvios que outros, mas existem erros associados com cada medida. Não existe uma forma de medir o valor real de alguma coisa. O melhor que se pode fazer em uma análise química é aplicar cuidadosamente uma técnica que a experiência a garanta ser segura. A repetição diversas vezes de um tipo de medida assegura a reprodutibilidade da medida, a precisão. A medição da mesma quantidade por diferentes

métodos estabelece a confiança de se aproximar do valor verdadeiro, se a concordância dos resultados entre si for obtida, assegurando a exatidão (Harris, 2007)”.

A validação de resultados laboratoriais inclui vários procedimentos, que não serão discutidos neste trabalho, mas que certamente foram cumpridos pelos técnicos envolvidos com os trabalhos de análise deste estudo, incluindo a amostragem e a preparação das amostras para análise.

Porém, antes de qualquer avaliação hidroquímica, hidrogeoquímica e hidrogeológica torna-se necessário a avaliação da qualidade dos resultados analíticos. Com frequência, a precisão desses resultados, é avaliada por meio de um balanço iônico ou da estatística coeficiente de variação.

O coeficiente de variação é o desvio padrão relativo dado em partes por cem partes, ou seja, em termos percentuais, conforme a Equação 7.1.

$$\text{Coeficiente de variação (\%)} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad (7.1)$$

Em que  $s$  é o desvio padrão e  $\bar{x}$  a média aritmética.

O coeficiente de variação para resultados analíticos aceitáveis deve ser inferior a 10%, de acordo com Simões (2008).

### **7.3.1 O Balanço Iônico e a Precisão dos Resultados Analíticos**

O balanço iônico fundamenta-se no fato de que em uma análise química completa a concentração total, expressa em miliequivalentes por litro, dos cátions deve ser igual à concentração dos ânions, ou no mínimo bem próxima. O valor da desigualdade, dado em percentagem, é definido como o erro da análise.

Esta avaliação, em geral, é executada para a concentração das espécies presentes em quantidades maiores, ou seja, as concentrações dos cátions cálcio, magnésio, sódio e potássio, dos ânions bicarbonato, nitrato, cloreto e sulfato, por meio da aplicação da Equação 7.2. Porém outras espécies iônicas podem ser consideradas, conforme o caso em estudo.

$$\text{Erro analítico (\%)} = \left( \frac{\sum \text{cátions} - \sum \text{anions}}{\sum \text{cátions} + \sum \text{anions}} \right) \times 100 \quad (7.2)$$

De acordo com Appelo e Postma (2005), é inevitável uma diferença de 2% no balanço iônico. E mais, esses autores consideram que a ocorrência de desvios superiores a 5%, exige um exame cuidadoso dos procedimentos de amostragem e analíticos. Deutsch (1997) considera que o erro do balanço iônico não pode ser superior a 5%.

Custódio e Llamas (1983) distinguem entre erro prático e teórico, sendo este o erro prático máximo permitido considerando a condutividade elétrica da água, conforme sumarizado na Tabela 7.7.

Tabela 7.7 – Erro teórico permitido para avaliar qualidade de análise de água

Condutividade elétrica (μS/cm)	50	200	500	2000	>2000
Erro permitido (%)	30	10	8	4	<4

Fonte: Custódio e Llamas, 1983.

Os limites de aceitabilidade do erro analítico em análises físico-químicas de rotina são variáveis, de autor para autor. Entretanto, o limite máximo de 10% tem sido aceito, para que a análise possa ser considerada analiticamente (Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1993; Santos, 2008; Simões 2008).

A filtração da amostra durante a transferência para os frascos apropriados, no momento da coleta é uma prática freqüente e recomendada, para remoção do material em suspensão. Pois, em muitas situações, o interesse está na fração dissolvida. Este cuidado não foi observado durante as coletas, em campo, em razão das dificuldades operacionais que o procedimento acarretaria para os técnicos responsáveis pela amostragem das águas, além do tempo que iria demandar para ser executada. Assim, foi assumido que devido às baixas turbidezes aparentes, observadas nas águas locais, o erro introduzido seria pequeno.

Desta forma, nos balanços iônicos foram consideradas as concentrações totais dos metais, que foram determinados em amostras não filtradas e acidificadas, no momento da coleta.

As principais causas de erro, por um lado, resultam de falhas na amostragem, de demasiado tempo de armazenamento, da técnica analítica inadequada, do procedimento analítico, de erro no cálculo e na transcrição de valores, ou, da presença de outros íons, em quantidades apreciáveis, não determinados. E, por outro lado, quando a água é pouco mineralizada,

pequenas diferenças podem se tornar grandes, quando comparadas com as concentrações totais dos ânions e dos cátions (Apelo e Postma, 2005; Deustch, 1997).

No Anexo B, estão apresentados os balanços iônicos para os resultados das análises físico-químicas, realizadas nos laboratórios da DVQA-Copasa, correspondentes ao período de maio de 2008 a maio de 2010, e calculados de acordo com a Equação 7.1, considerando os constituintes principais, ou seja, os íons cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, cloreto, nitrato e sulfato, o íon amônio também foi incluído no cálculo.

No Anexo B, juntamente com os erros analíticos calculados, estão apresentados os valores das condutividades elétricas, medidos em laboratório, para cada uma das amostras, para permitir a verificação da relação o erro analítico e as condutividades medidas.

A precisão dos resultados analíticos, definida de acordo com os resultados dos balanços iônicos, está sumarizada na Tabela 7.8. Foram estabelecidas três classes de precisão, ou seja, de qualidade dos resultados analíticos, para intervalos de valores dos erros analíticos,  $\Delta E$ , calculados conforme apresentado no Anexo B.

**Tabela 7.8 – Critérios de qualidade dos resultados analíticos**

Classificação do resultado	Erro Analítico, $\Delta E$ (%)
Impreciso	$\Delta E < -10$ $\Delta E > 10$
Aceitável	$-10 \leq \Delta E < -5$ $5 < \Delta E \leq 10$
Preciso	$-5 \leq \Delta E \leq 5$

Nas Figuras 7.3 são apresentados os diagramas de distribuição das frequências percentuais para os erros analíticos,  $\Delta E$ , de acordo com a classificação estabelecida na Tabela 7.5, calculadas de acordo com o número total de resultados de cada subconjunto de amostras de águas subterrâneas e de amostras de águas superficiais.

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 7.4 (a) e 7.4 (b) que predominaram resultados precisos e aceitáveis, ou seja, com erros analíticos no máximo iguais a 10%. As frequências absolutas dos erros analíticos e a análise desses erros estão apresentada no Anexo B.

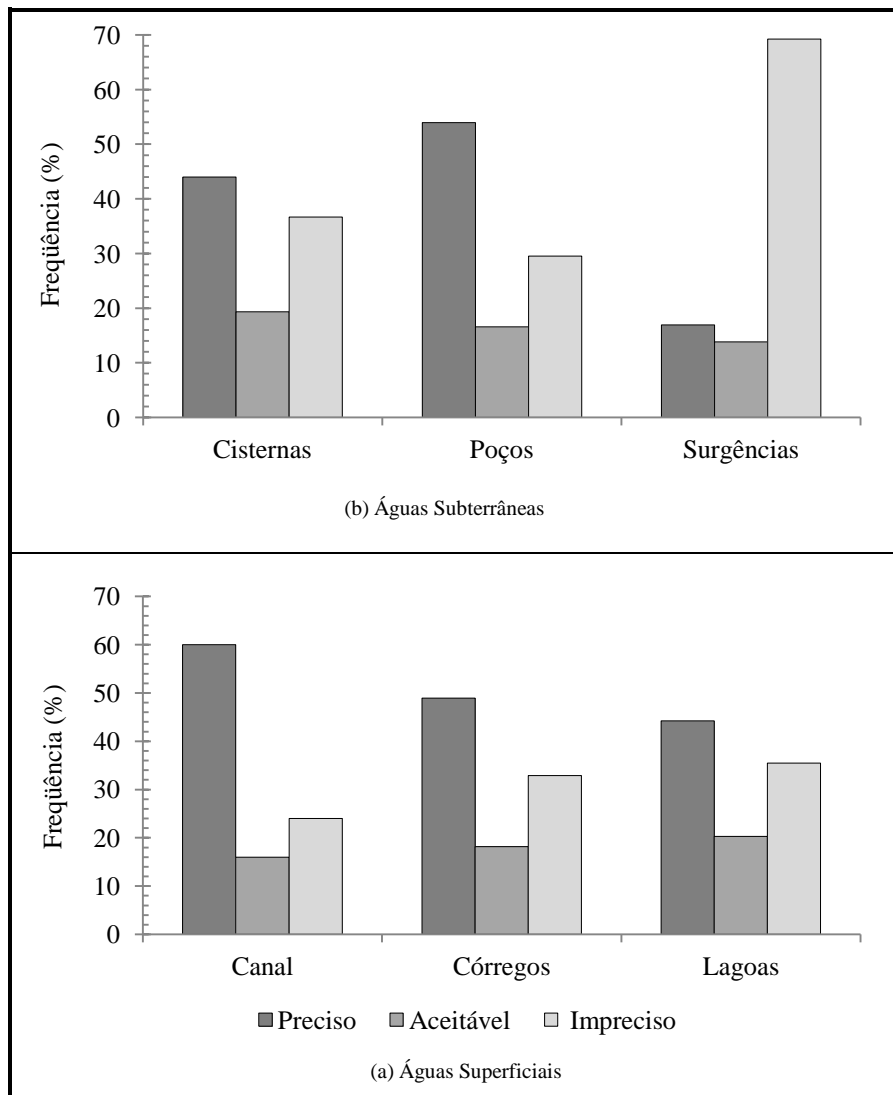


Figura 7.4 – Distribuição dos resultados analíticos

De acordo com os critérios estabelecidos na Tabela 7.4, o conjunto de resultados para os quais o erro analítico não excedeu a 10% foi considerado apropriado, para a avaliação hidroquímica, hidrogeoquímica e da qualidade das águas.

O conjunto de resultados das análises físico-químicas, para as espécies maiores e o amônio, originou o cálculo de 685 balanços iônicos e, conseqüentemente, 685 valores de erros analíticos,  $\Delta E$ . Deste total, 51,7 % são referentes aos resultados reportados, para as amostras de águas subterrâneas e 48,3 % para as amostras de águas superficiais.

Na Tabela 7.9 resumem-se as frequências de resultados que atenderam à condição estabelecida para utilização dos resultados das análises físico-químicas, para as águas superficiais e subterrâneas amostradas.



Tabela 7.9 – Frequência de resultados precisos e aceitos

Frequência (%)					
Águas Subterrâneas			Águas Superficiais		
Cisternas	Poços	Surgências	Canal	Córregos	Lagoas
63.3	70.5	30.8	76.0	67.1	64.5

Como pode ser verificado, a partir dos dados na Tabela 7.9, para as águas das surgências cerca de 30% dos resultados atendem à condição imposta para sua utilização. Apenas para este subconjunto amostral, a frequência de resultados precisos e aceitáveis não alcançou 60% do total.

Nas águas amostradas nas surgências, foram verificadas as menores condutividades elétricas com cerca de 80% das determinações com valores menores que 100 $\mu$ S/cm. Fato que indica baixa mineralização, conseqüentemente, baixas concentrações iônicas. Portanto, maior imprecisão nas determinações laboratoriais, acarretando erros maiores nos resultados analíticos.

Apesar de cerca de dois terços dos resultados analíticos apresentarem-se precisos e aceitáveis, exceto para as amostras das surgências, considerando os critérios estabelecidos na Tabela 7.2, foi verificado o predomínio de valores negativos, a saber: 70% para as amostras dos poços tubulares; 66% para as amostras das cisternas; 88% para as amostras das surgências; 56% para as amostras do canal de irrigação; 66% para as amostras dos córregos; e, 68 % para as amostras das lagoas.

O limite de aceitação adotado, a saber, erro analítico menor ou igual a 10%, se apresentou coerente com os valores das condutividades elétricas e das concentrações de sólidos totais dissolvidos, medidos em laboratório. Foram verificadas cerca 60% das determinações condutividade elétrica com valores no intervalo (200 a 300) $\mu$ S/cm e de sólidos totais dissolvidos menores que 300 mg/L.

### 7.3.2 Erro Analítico e a Condutividade Elétrica

Apesar de existir uma relação entre a condutividade elétrica e o erro analítico, essas grandezas não são variáveis diretamente relacionáveis, ou seja, a condutividade elétrica não é uma variável independente e o erro uma função da condutividade. Entretanto, conforme Custódio e Llamas (1983), o erro analítico pode ser maior para águas com baixa condutividade elétrica, e menor para águas mais condutivas, conforme apresentado na Tabela 7.3.

Em águas com baixa condutividade elétrica as concentrações medidas podem estar próximas dos limites de quantificação dos métodos de análise, o que pode acarretar o aumento da imprecisão nas medições. Em águas mais condutivas as espécies iônicas dissolvidas, estão presentes em concentrações maiores, o que acarreta maior precisão nas medições e, conseqüentemente menores erros analíticos.

Assim, plotando-se os erros analíticos calculados, em função da condutividade elétrica a distribuição dos pontos, no gráfico, deveria mostrar um comportamento decrescente e assintótico, à medida que os valores da condutividade aumentam, no caso dos erros positivos e crescente, no caso dos erros negativos, ou seja, deveriam distribuir-se no espaço delimitado por duas envoltórias, de acordo com o diagrama apresentado na Figura 7.5.

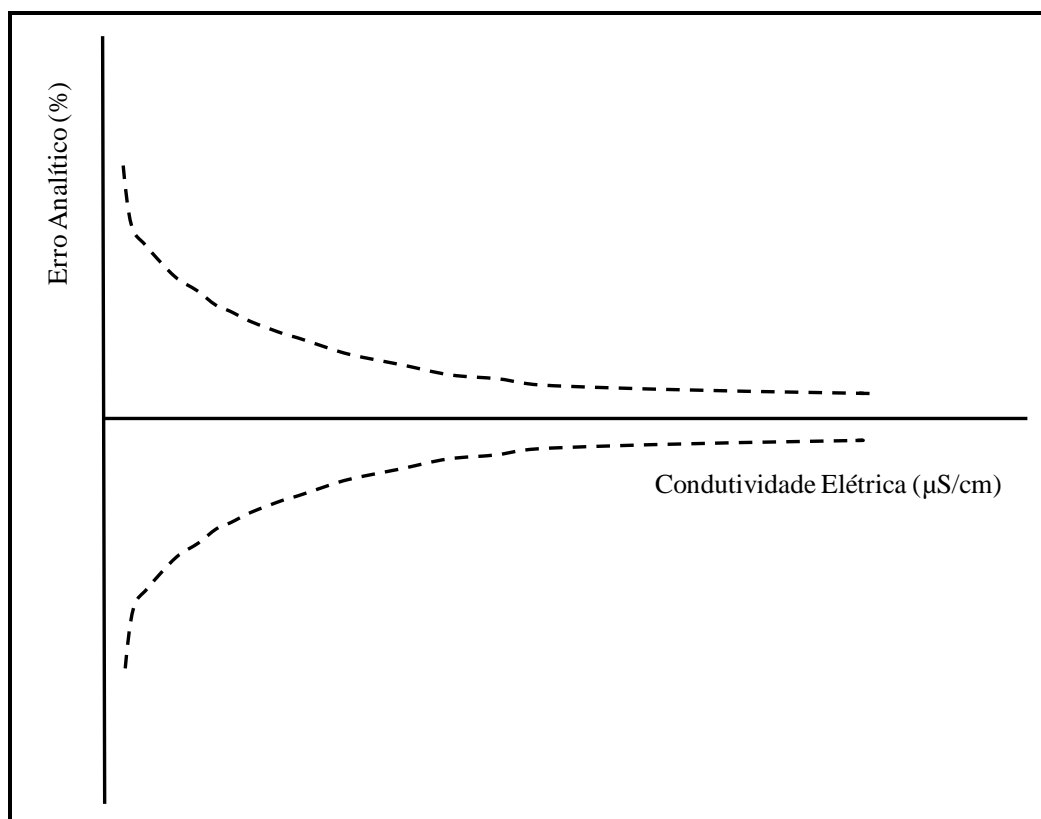


Figura 7.5 – Estimativa da distribuição teórica de erros analíticos

Na Figura 7.6 são apresentados os diagramas de dispersão dos erros analíticos, calculados de acordo com a Equação 7.1, em função das condutividades elétricas medidas em laboratório, para as águas subterrâneas monitoradas nas surgências, nas cisterna e nos poços tubulares, na área do estudo.

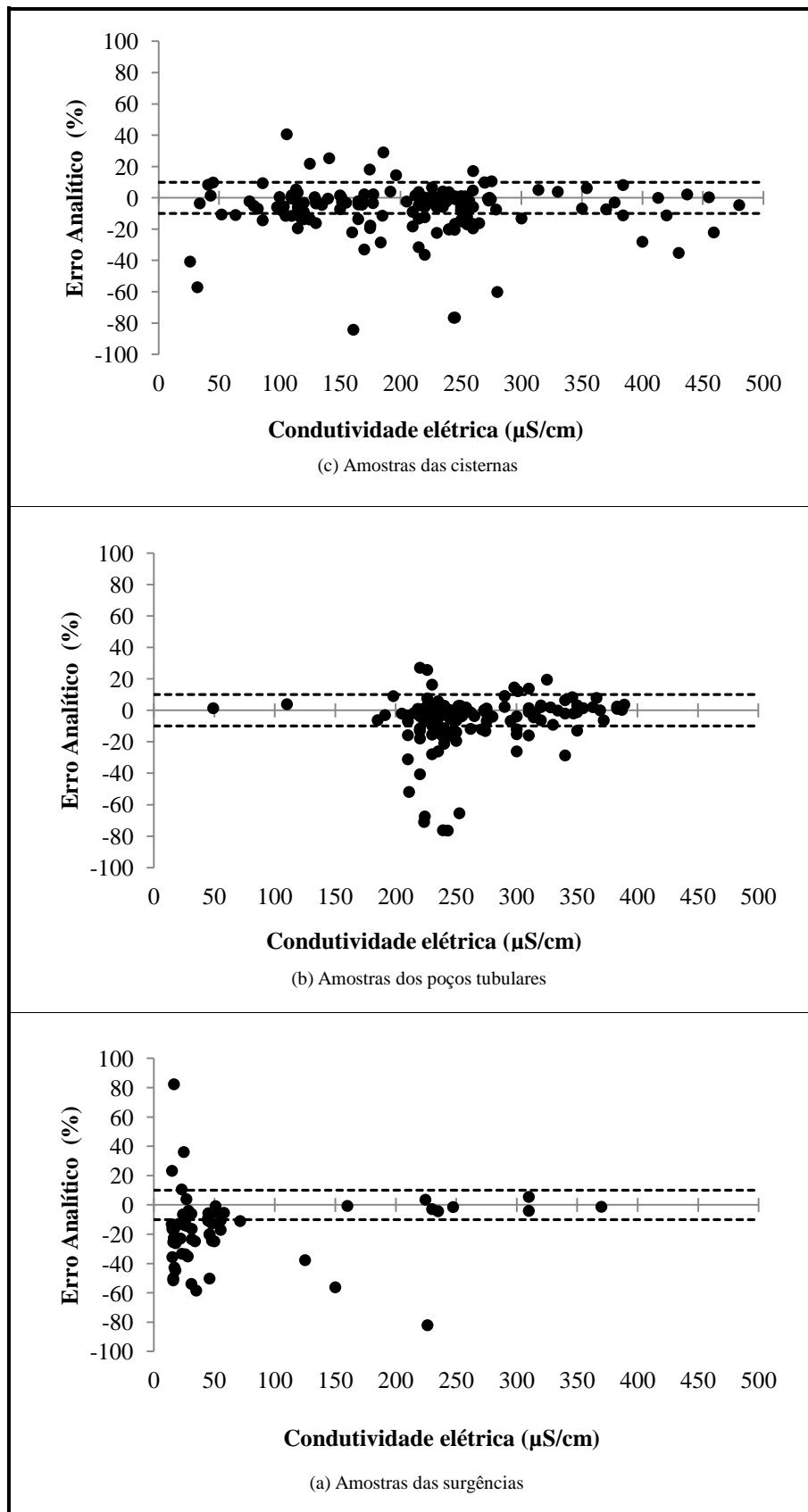


Figura 7.6 – Águas subterrâneas: dispersão do erro analítico

De acordo com os diagramas apresentados, na Figura 7.6 (a) a 7.6 (c), os erros analíticos se apresentaram distribuídos de forma concordante, em parte, com a distribuição sugerida na

Figura 7.7, ou seja, os erros maiores se apresentaram associados às menores condutividades elétricas.

Conforme os diagramas apresentados na Figura 7.6, os erros negativos foram prevalentes.

Para as águas dos poços tubulares a distribuição dos erros analíticos negativos, se apresentou mais concentrada no intervalo de condutividade elétrica, de 200 a 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

É possível que para séries temporais maiores a distribuição de erros analíticos em função da condutividade elétrica, se aproxime mais da distribuição teórica.

Também, é possível que as distribuições observadas na Figura 7.6 reflitam influências, da amostragem, do acondicionamento e transporte, do tempo de armazenamento das amostras no laboratório, de acordo com Appelo (2005).

Ou seja, se admite que essas variáveis imponham um condicionante temporal que altera a composição da fração dissolvida e em suspensão, afetando a condutividade elétrica medida em laboratório.

De acordo com Apello e Postma, (2005), medições de condutividade elétrica, em laboratório, dão resultados menores que as medições *in situ*, no momento da coleta, para amostras de mesma origem.

Admitindo que a distribuição dos erros analíticos ocorra em conformidade com a distribuição normal, o número de valores negativos e positivos deveria ser semelhante. Entretanto, isto não se verificou.

De acordo com os resultados apresentados no Anexo 2, a prevalência de erros analíticos negativos, ocorreu em razão das concentrações dos cátions, que podem estar subestimadas.

Na Figura 7.7 são apresentados os diagramas de dispersão dos erros analíticos, calculados de acordo com a Equação 7.1, em função das condutividades elétricas medidas em laboratório, para as águas superficiais monitoradas nas lagoas, nos córregos e no canal de irrigação, na área do estudo.

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 7.7(a) a 7.7(c) os erros analíticos verificados nos resultados para as amostras das águas superficiais, apresentaram uma

distribuição concordante, em parte, com a distribuição dos erros analíticos delineada na Figura 7.5.

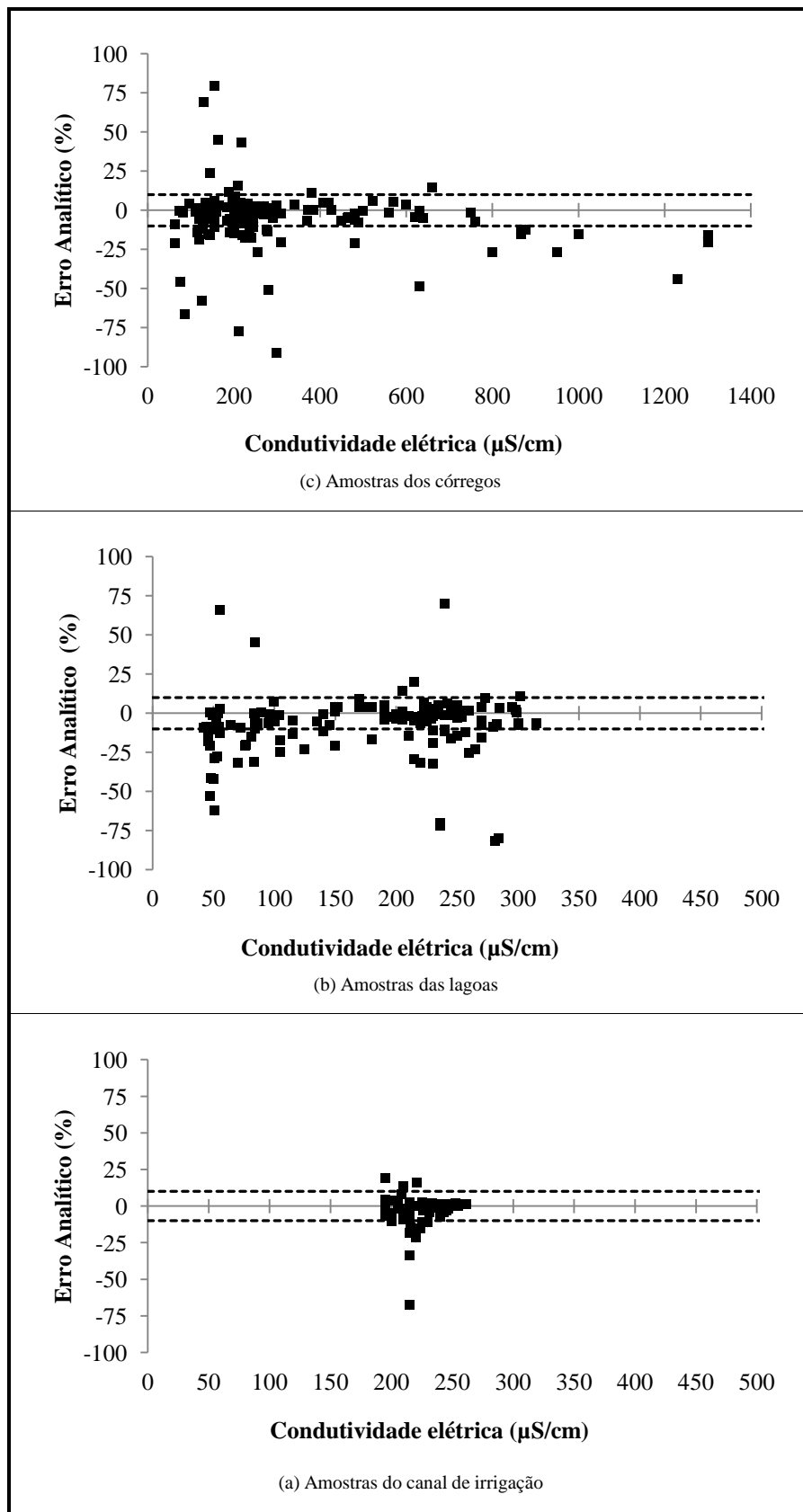


Figura 7.7 – Águas superficiais: dispersão do erro analítico

Nas águas do canal de irrigação a distribuição dos erros analíticos negativos, se apresentou concentrada no intervalo de condutividade elétrica, de (200 a 250)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , fato coerente com a menor variabilidade verificada nos resultados analíticos, nessas águas.

Como observado para as águas subterrâneas, também as distribuições apresentadas na Figura 7.7, para as águas superficiais, devem refletir influências, da amostragem, do acondicionamento, do transporte e do tempo de armazenamento das amostras no laboratório.

De acordo com as distribuições de erros, nos diagramas apresentados na Figura 7.7 (a), 7.7 (b) e 7.7 (c) se verifica, qualitativamente, a prevalência de erros analíticos negativos, em particular, no caso das águas menores condutividades.

De acordo com os diagramas apresentados, nas Figuras 7.6 e 7.7, os erros analíticos negativos, qualitativamente, foram prevalentes, tanto nas águas subterrâneas, como nas águas superficiais. De acordo com a metodologia descrita no Anexo A, este fato pode estar relacionado com concentrações de cátions subestimadas, especialmente do cálcio e do magnésio.

Os erros maiores que 20%, em valores absolutos, ocorreram com maior frequência, para condutividades elétricas menores que 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 7.6 e 7.7. O que está coerente com o fato do erro analítico aumentar em função da diminuição da condutividade elétrica.

Considerando apenas o intervalo delimitado pelas duas linhas paralelas, tracejadas, marcadas nos diagramas das Figuras 7.6 e 7.7, ou seja, o intervalo de erro analítico,  $\Delta E$ , de  $\pm 10\%$ , ainda, verifica-se a prevalência de erros analíticos neste intervalo, o que corrobora a qualidade das análises.

Admitindo que a distribuição dos erros analíticos seja normal, a distribuição desses erros deveria se apresentar mais equilibrada, ou seja, a frequência de erros negativos e positivos deveria ser semelhante, entretanto, isto não foi verificado.

Sob o ponto de vista prático, muitas variáveis podem contribuir para a prevalência de erros analíticos negativos, a saber: cuidados adequados durante a amostragem; a não filtração das amostras, em campo; a não medição da condutividade em campo; o tempo de armazenamento

das amostras, mesmo sob refrigeração; e, a própria metodologia de quantificação dos constituintes principais.

## **7.4 Apresentação dos Resultados**

Considerando os resultados analíticos precisos e aceitáveis, as interações água-solo-rocha e ambientais, as águas superficiais, na área do estudo, foram caracterizadas quanto à sua hidroquímica e qualidade. A qualidade sanitária dos corpos d'água lóticos foi sistematizada, com o auxílio, em particular, do Índice de Qualidade da Água–IQA e quanto à contaminação por tóxico, por meio índice Contaminação por Tóxicos, CT. Além da hidroquímica e da qualidade, as águas subterrâneas foram caracterizadas quanto à sua identidade hidrogeoquímica. Resumidamente, cada um desses modelos de caracterização, está descritos a seguir.

### **7.4.1 Caracterização Hidroquímica**

Para caracterização hidroquímica das águas superficiais e subterrâneas, os resultados analíticos foram tratados com aplicativo computacional AquaChem<sup>®3</sup>, versão 3.70 e com o Excel 2007<sup>®1</sup>.

Os resultados analíticos estão apresentados no Capítulo 8, de diferentes modos, que incluem estatísticas, diagramas de Piper e outros diagramas triangulares, séries de variabilidade temporal, diagramas colunares e circulares.

Os diagramas de Piper, normalmente, são utilizados para classificar e comparar diferentes grupos de águas, com relação aos constituintes  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{Na}^+$ ;  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , em cálcica, magnésiana, sódica, cloretada, bicarbonatada, sulfatada e combinações dessas espécies. Outros ternos iônicos também podem ser utilizados.

Também, apresentam-se no capítulo 8 as seguintes razões iônicas: magnésio/cálcio, que podem indicar a influencia de terrenos dolomíticos nas águas, a dissolução de calcários e o abrandamento ou endurecimento das águas; e, potássio/sódio, que pode indicar o aporte artificial de potássio, nas águas.

---

<sup>3</sup> Marcas registradas de Schlumberger Water Services e de Microsoft Corporation

#### 7.4.2 Caracterização Temporal dos Parâmetros Principais e Metais

Também, com a finalidade de comparar e caracterizar as águas subterrâneas e superficiais em relação aos diversos ambientes hidrogeoambientais, e verificar uma possível influência sazonal apresenta-se no capítulo 8 a Variabilidade dos seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico, pH; condutividade elétrica, CE; sólidos totais dissolvidos, STD; e das concentrações das espécies maiores  $\text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{Mg}^{2+}$ ;  $\text{K}^+$  e  $\text{NO}_3^-$ . Também, apresenta-se a variação temporal para a concentração de metais de interesse, tais como o zinco e o manganês, que podem estar presentes como impurezas em fertilizantes industriais.

#### 7.4.3 Índice de Qualidade de Água

As amostras dos poços de produção do CNPMS e dos corpos d'água lóticos, também, foram avaliadas com relação à sua qualidade, com base no Índice de Qualidade da Água–IQA, segundo metodologia utilizada pelo Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais–IGAM.

A avaliação de qualidade dos mananciais subterrâneos que abastecem o CNPMS, justifica-se pelo fato de que toda a água consumida neste centro, a menos da água para irrigação, é proveniente de quatro poços de produção. Já no caso, dos corpos d'água lóticos esta avaliação justifica-se, pelo fato da área do estudo estar inserida na bacia hidrográfica do rio das Velhas, objeto das ações do Projeto Estruturador Revitalização do Rio das Velhas - Meta 2014, portanto, contribuintes na qualidade das águas do rio das Velhas.

O Índice de Qualidade das Águas–IQA foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*, com a finalidade de informar ao público sobre a qualidade das águas superficiais. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo), com o mesmo propósito. Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice informativo da qualidade da água utilizado no país.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, na sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos sanitários nos corpos d'água.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, visto seu caráter reducionista, já que este índice não inclui vários parâmetros de qualidade, importantes para o



abastecimento público. Também não é um índice de atendimento à legislação ambiental, conforme descreve Von Sperling (2007), mas um instrumento de comunicação para o público das condições ambientais dos corpos d'água.

Os valores de IQA para as águas amostradas nos poços tubulares e córregos foram calculados, segundo metodologia utilizada pelo Igam-MG, que além dos parâmetros normais, oxigênio dissolvido, OD, coliformes fecais, pH, demanda química de oxigênio, DBO, nitrato, fosfato, turbidez e sólidos totais dissolvidos, considera ainda o parâmetro cloreto. Também são considerados a temperatura e a altitude do ponto de monitoramento no cálculo do IQA.

#### **7.4.4 Índice de Contaminação por Tóxicos**

Em Minas Gerais a contaminação por substâncias tóxicas pode ser avaliada através do índice Contaminação por Tóxicos, CT, que considera os seguintes parâmetros: nitrogênio amoniacal, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto livre, cobre, cromo, fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco.

As amostras dos poços de produção do CNPMS e dos corpos d'água lóticos, também, foram avaliadas com relação à contaminação por tóxicos, com base no índice Contaminação por Tóxicos, CT.

Este índice, adotado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas–IGAM, classifica a contaminação como baixa, média ou alta, em função das concentrações observadas, para os parâmetros nitrogênio amoniacal, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto livre, cobre, cromo, fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco (Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, 2006; Von Sperling, 2007).

As concentrações determinadas são comparadas com os valores limites das classes de enquadramento, dos cursos d'água, definidas pelo Conselho Estadual do Política Ambiental – COPAM, na Deliberação Normativa N° 10/86, ou seja, com os Valores Máximos Permitidos–VMP (Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, 2006).

A contaminação baixa refere-se a concentrações iguais ou inferiores a 1,2 vezes os limites de classe de enquadramento do trecho do curso d'água onde se localiza o ponto de amostragem, a contaminação média refere-se a concentrações entre 1,2 e 2,0 vezes os referidos limites, enquanto a contaminação alta refere-se às concentrações maiores que o dobro dos valores limites (Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, 2006).

A pior situação identificada, para qualquer parâmetro tóxico, no conjunto total de resultados, das campanhas de amostragem, define a classe de contaminação no período considerado. Assim, se um dos parâmetros tóxicos, em um dado ponto de monitoramento, apresentar valor maior que o dobro do limite, P, em pelo menos uma das campanhas do ano, a contaminação no ponto de amostragem será classificada como alta, no período (PNMA II, 2006; Von Sperling, 2007).

Na Tabela 7.10 estão sumarizados os critérios estabelecidos para classificar a contaminação por tóxicos, CT, adaptada de PNMA II (2006) e Von Sperling (2007), na qual P é o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água.

Tabela 7.10 – Condições de contaminação por substâncias tóxicas

Concentração <sup>(1)</sup>	Classe de contaminação	Cor representativa
concentração $\leq 1,2P$	baixa	verde
$1,2.P < \text{concentração} \leq 2P$	média	amarela
concentração $> 2P$	alta	vermelha

(1) Em relação a classe de enquadramento

Na Tabela 7.11 apresentam-se as concentrações máximas, para águas superficiais de classe 2, definidas na deliberação normativa COPAM/CERH-MG N° 01/2008 e na resolução CONAMA N° 357/2005, para os elementos e substâncias tóxicas, que compõem o índice Contaminação por Tóxicos.

Tabela 7.11 – Parâmetros constituintes do índice contaminação por tóxicos

Concentrações máximas permitidas (mg/L)											
As	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Hg	Zn	CN	Fenóis	Nitrato	Nitrito
0,01	0,7	0,01	0,009	0,05	0,001	0,0002	0,18	0,005	0,003	10,0	1,0
NH <sub>3</sub>											
3,7 (pH $\leq 7,5$ )		2,0 ( $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$ )		1,0 ( $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ )		0,5 (pH $> 8,5$ )					

Das substâncias listadas na Tabela 7.11, apenas o cianeto não foi monitorado, nos pontos de amostragem cadastrados, por não ter sido incluído no plano inicial de monitoramento.

Tanto o mercúrio, como os fenóis não foram quantificados nas amostras analisadas. Para esses parâmetros, os limites de detecção, LDM, são 0,00020 mg/L e 0,018 mg/L, respectivamente, conforme reportado nos relatórios de resultados de análise. Observa-se que enquanto o LDM para mercúrio é razoavelmente pequeno, para fenol o LDM é elevado e maior que o valor descrito na Tabela 7.11. Para o parâmetro cobre o LDM reportado nos relatórios de resultados de análise, também, é maior que o valor descrito na Tabela 7.11.

Essa tolerância maior, quanto aos limites de detecção, para os parâmetros cobre e fenóis, se justifica, pelo fato da Copasa atender aos padrões estabelecidos na portaria N° 518/2004, do Ministério da Saúde, que trata da qualidade da água para consumo humano.

## **7.5 Considerações Finais Sobre o Monitoramento**

No Anexo C, estão apresentados os resultados do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, na área do CNPMS e no seu entorno, correspondendo às 25 campanhas realizadas de maio de 2008 a abril de 2009. Os espaços vazios, nessas tabelas, correspondem a resultados que não foram reportados.

O conjunto de resultados foi avaliado à luz dos seguintes critérios:

- precisão dos resultados analíticos, definida através do balanço iônico calculado conforme Equação 7.1, cujos resultados estão apresentados nas Tabela B.5 a B.10, no Anexo B;
- adequação aos parâmetros de qualidade de águas subterrâneas estabelecidos na resolução CONAMA N° 396, de 3 de abril de 2008, que determina os seus valores máximos permitidos, VMP, para as águas subterrâneas em território nacional;
- adequação aos parâmetros de qualidade de águas superficiais definidos na resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005, que determina os seus valores máximos permitidos, VMP, para as águas superficiais, em território nacional; e,
- adequação aos valores definidos Deliberação Normativa N°20 do COPAM, de 24 de junho de 1997, que estabelece o enquadramento dos corpos d'água lóticos da bacia do rio das Velhas.

Durante os dois anos de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas, na área do CNPMS e no seu entorno, foram coletadas 4500 amostras de águas subterrâneas e 3972 amostras de águas superficiais, das quais 1200 são amostras do ribeirão Matadouro, que é um córrego que recebe esgoto sanitário, bruto, de bairros de Sete Lagoas,

Com relação ao total de amostras coletadas e ao total de resultados analíticos que se esperava, não foram reportados 1458 resultados relativos às amostras de águas subterrâneas e 675 resultados relativos às amostras de águas superficiais.

Com relação a resultados não reportados das amostras de águas subterrâneas, ficaram prejudicados os pontos de monitoramento CIS-7 (cisterna da fazenda Marinheiro), SURG-2 (nascente da Mata da Usina) e CIS-4 (Cisterna da AEE).

Com relação a resultados não reportados das amostras de águas superficiais, apenas o ponto de monitoramento S2D2-1 ( lagoa Poço Verde) foi prejudicado. Neste ponto de monitoramento, foram realizadas 16 campanhas de amostragem, de um total de 25.

Com exceção das amostras das surgências, a frequência de resultados analíticos precisos e aceitáveis para as amostras das cisternas e dos poços alcançaram 63% e 71%, respectivamente, enquanto que para o conjunto de águas superficiais, em média, 69% dos resultados reportados foram avaliados com precisos e aceitáveis.

Durante o monitoramento realizado, nos 30 pontos de amostragem, foram coletadas 706 amostras específicas para determinação de atrazina, cuja investigação foi um dos objetivos do projeto de pesquisa. No entanto, apenas 31% dessas amostras foram analisadas, para as demais a análise não foi feita por defeito no equipamento.

A atrazina, para as amostras que foram analisadas, foi quantificada apenas uma única vez, na cisterna da fazenda Marinheiro (ponto de monitoramento CIS-7) e, detectada com uma frequência de 2%, nas águas monitoradas.

## 8 DISCUSSÃO E ANÁLISE

Na área do estudo foram monitorados 14 pontos de águas superficiais e 16 pontos de águas subterrâneas. Esses pontos estão descritos na Tabela 8.1, em que está incluída a nomenclatura usada neste capítulo e a taxonomia usada nos planos de monitoramento.

Tabela 8.1 – Caracterização e identificação dos pontos de monitoramento

Águas superficiais		Identificação		Coordenadas UTM		Localização
	Denominação	Texto	Plano <sup>(1)</sup>	L (m)	N (m)	
Canal de irrigação	Montante	CAN-1	S3D2-4	586574	7846211	Ponte antes cultivo orgânico
	Jusante	CAN-2	S2D2-5	587846	7847990	Manilha após a lagoa do quiosque
Córregos	Jequitibá	JEQ-1	S1D1-1	587612	7845500	Bomba do pivô 2
	Jequitibá	JEQ-2	S3D1-4	588476	7849010	Sede Epamig
	Forquilha	FOR-1	S3D1-6	588748	7848640	Sede Epamig
	Marinheiro	MAR-1	S1D2-2	585069	7845708	Ponte faz. Marinheiro
	Matadouro	MAT-1	S3D2-2	585317	7849660	Ponte bairro Areias
	Jequitibá	JEQ-3	S3D2-1	588927	7854662	Ponte fazenda Monjolos
Lagoas	do Papudo	LAG-1	S1D1-2	585459	7844038	Vertedor
	Subida da Estação	LAG-2	S1D1-3	586633	7845769	Casa de bomba
	da Baiana	LAG-3	S1D2-4	585811	7846111	Vertedor
	Capivara	LAG-4	S2D1-2	587028	7848973	casa de bomba
	Olhos d'água	LAG-5	S2D1-3	586577	7849598	Vertedor
	Poço Verde	LAG-6	S2D2-1	589051	7851193	Vertedor
Águas subterrâneas		Identificação		Coordenadas UTM		Localização
	Denominação	Texto	Plano <sup>(1)</sup>	L (m)	N (m)	
Cisternas	Restaurante	CIS-1	S2D2-4	587321	7849490	Área em frente entrada principal
	Estufa	CIS-2	S2D2-5	587370	7849633	Escritório Campos Experimentais
	do Barão	CIS-3	S2D1-1	586886	7848687	Casa de apoio campos experimentais
	Cisterna da AEE	CIS-4	S2D1-5	586345	7849775	Casa de bomba
	Epamig	CIS-5	S3D1-2	587846	7847990	Vila – casa 2
	Estábulo	CIS-6	S3D1-5	587754	7848713	Divisa com o CNPMS
	Faz. Marinheiro	CIS-7	S1D2-1	584519	7845060	Sede da fazenda
Poços	Matadouro	PT-1	S2D2-3	587220	7849796	Ponte 2 – casa de bomba
	Matadouro	PT-2	S2D2-2	587300	7849802	Ponte 2– estrada para a casinha
	Subida da estação	PT-3	S1D1-5	586539	7845745	Estrada de contorno sul da lagoa
	Olhos d'água	PT-4	S2D1-4	586345	7849775	Casa de bomba da lagoa
	Epamig	PT-5	S3D1-5	588610	7848641	Sede
	Fazenda Tavares	PT-6	S3D2-3	586124	7851108	
Surgências	Subida da Estação	SURG-1	S1D1-4	586422	7845750	Mata da lagoa
	Mata da usina	SURG-2	S1D2-5	586153	7846972	Mata da usina abandonada
	NIA	SURG-3	S1D2-3	584981	7846474	Vertente em frente à entrada do NIA

(1) Plano de monitoramento

Os pontos de monitoramento JEQ-1e JEQ-2 foram considerados como pertencentes ao córrego Jequitibá, devido às dimensões e volume desse corpo d'água, na parte a montante da área do estudo; o ponto JEQ-3 foi considerado como pertencente ao rio Jequitibá, devido à dimensão de sua calha e ao maior volume d'água, no local.

No ponto de monitoramento JEQ-3, o corpo d'água já recebia contribuições de outros tributários, situados a montante desse ponto.

## **8.1 Considerações Preliminares**

Não foi realizada uma análise estatística detalhada, a fim de eliminar resultados espúrios, inconsistentes com o padrão das séries de resultados de cada um dos parâmetros monitorados, em cada ponto de monitoramento. No entanto, com exceção dos hidrogramas apresentados, foram considerados apenas os resultados selecionados de acordo com os critérios de precisão descritos no Capítulo 7.

A análise dos resultados do monitoramento das águas superficiais e subterrâneas na área do estudo, apresentada neste capítulo foi realizada de acordo com os seguintes critérios:

- avaliação dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos;
- avaliação dos valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos;
- avaliação das concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes principais, a saber, cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonato, cloreto, nitrato e sulfato;
- avaliação dos constituintes secundários e traços monitorados;
- valores máximos permitidos, de acordo com as legislações, para as ocorrências das substâncias monitoradas, quando pertinente;
- qualidade das águas dos corpos d'água lóticos e dos poços tubulares segundo os índices de qualidade e de contaminação por substâncias tóxicas; e,
- observações de campo, tais como aspecto da água, afloramentos, amostras de solos, situação geográfica do ponto de monitoramento e do contexto ambiental no seu entorno.

### **Análise dos Parâmetros Físico-Químicos pH, CE e STD**

O comportamento temporal dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos está apresentado em hidrogramas, para cada período de monitoramento, a saber de maio de 2008 a maio de 2010, considerando todos os valores reportados nos Relatórios de Resultados de Análise–RRA, para as águas superficiais e subterrâneas.

Nos hidrogramas do parâmetro pH foram plotadas três retas, para referência, nos seguintes valores de pH: 5,6 que corresponde ao pH da água de chuva pristina; 7,0 que caracteriza o pH da água pura, na qual as concentrações dos íons  $H^+$  e  $OH^-$  encontram-se iguais; e, 8,3 que corresponde ao pH máximo de uma água natural bicarbonatada, não poluída.

O pH das águas naturais não poluídas, comumente, está situado entre 5,6 e 8,3. As determinações do pH dessas águas, em laboratório, mostram resultados diferentes dos valores medidos *in situ*, em geral, maiores que o valor real, o que é devido a reações químicas, variações de temperatura durante a coleta, ao transporte e ao armazenamento (Appelo e Postma, 2005; Santos, 2008).

Como padrão legal, para as águas superficiais das classes 1 a 4, foi estabelecido como norma o intervalo de pH de 6,0 a 9,0 conforme a resolução CONAMA 357/2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008. Para as águas subterrâneas não foram estabelecidos padrões legais para este parâmetro.

Para as águas superficiais e subterrâneas, ainda não foram estabelecido padrões legais para a condutividade elétrica. No entanto, se admite que águas superficiais apresentando condutividades elétricas maiores que 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se encontram impactadas (PNMA II, 2004).

A resolução CONAMA 357 de 2005 e a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01 de 2008, estabelecem como padrão para a concentração de sólidos totais dissolvidos 500 mg/L, para as águas superficiais das classes 2. Para águas subterrâneas de classe dois, o valor máximo é 1000 mg/L, conforme a resolução CONAMA 396 de 2008.

### **Constituição Primária das Águas Naturais e a Avaliação Hidroquímica**

É admitido que toda a água atmosférica ou meteórica seja muito pouco mineralizada, com uma composição química decorrente do equilíbrio termodinâmico com os gases e materiais particulados presentes na atmosfera.

O seu estado químico é caracterizado predominantemente pelos compostos carbonáticos, em função da pressão parcial do dióxido de carbono na atmosfera. A sua composição química final é estabelecida por sua trajetória ao precipitar através da atmosfera, alcançando a superfície terrestre e, daí, percolando através do solo ou escoando superficialmente, em contato com os minerais presentes, até alcançar os corpos d'água subterrâneos e superficiais.

Primariamente, no seu trajeto, as águas meteóricas solubilizam gases atmosféricos, o que lhes conferem, em maior ou menor extensão, certa agressividade. Assim, ao atingir a superfície terrestre, podem incorporar uma gama de substâncias, adquirindo composição diversificada que reflete a sua permanência e interação com o meio. Desta forma, a composição química

das águas subterrâneas, e superficiais, depende da natureza mineralógica e orgânica do solo e do meio geológico.

Sob o ponto de vista químico a água é uma substância muito ativa na solubilização de substâncias inorgânicas, como os minerais presentes nos solos e nas rochas, e também de muitas substâncias orgânicas. Assim, a composição química das águas está em primeira análise associada à sua capacidade de dissolver os materiais e transportar os solutos, estando esta capacidade associada à sua agressividade.

Em geral, a composição química das águas superficiais está intimamente ligada à composição das águas subterrâneas, pois em muitos casos os corpos d'água superficiais se originam a partir do afloramento de águas subterrâneas ou são alimentados por essas águas. Entretanto, as águas superficiais estão mais sujeitas às contribuições originadas do uso e ocupação da bacia hidrográfica, em que estão inseridas. Assim, é possível que sua composição química apresente maior variação.

Os processos e fatores que influenciam a evolução da qualidade das águas naturais continentais, em parte, estão associados ao meio geológico e ao uso e ocupação da bacia hidrográfica, em particular, das áreas de recarga no caso das águas subterrâneas.

A composição química das águas subterrâneas está intimamente ligada aos processos biogeoquímicos que ocorrem no solo e na zona vadosa, em geral. Frequentemente, os tempos de residência da água na zona vadosa, são de anos a alguns milhares de anos. Assim, em função do tempo de residência, da agressividade da água, da litologia e de fatores climáticos as águas subterrâneas podem apresentar concentrações características, que permitem identificar os diferentes aquíferos (Fenzel, 1986; Selker et al., 1999).

Uma das várias possíveis maneiras de caracterizar analiticamente a identidade química de um conjunto de amostras de águas superficiais ou subterrâneas, é através dos diagramas ternários, denominados diagramas de Piper, que permitem estabelecer a natureza das águas em função de ternos catiônicos e aniônicos. Normalmente, tais diagramas são elaborados, com os ternos  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , cujas concentrações, são maiores que 1 mg/L nas águas naturais, comumente.

Na Figura 8.1 mostra-se um modelo de diagrama de Piper, com as respectivas características das águas, de acordo com os ternos iônicos descritos.



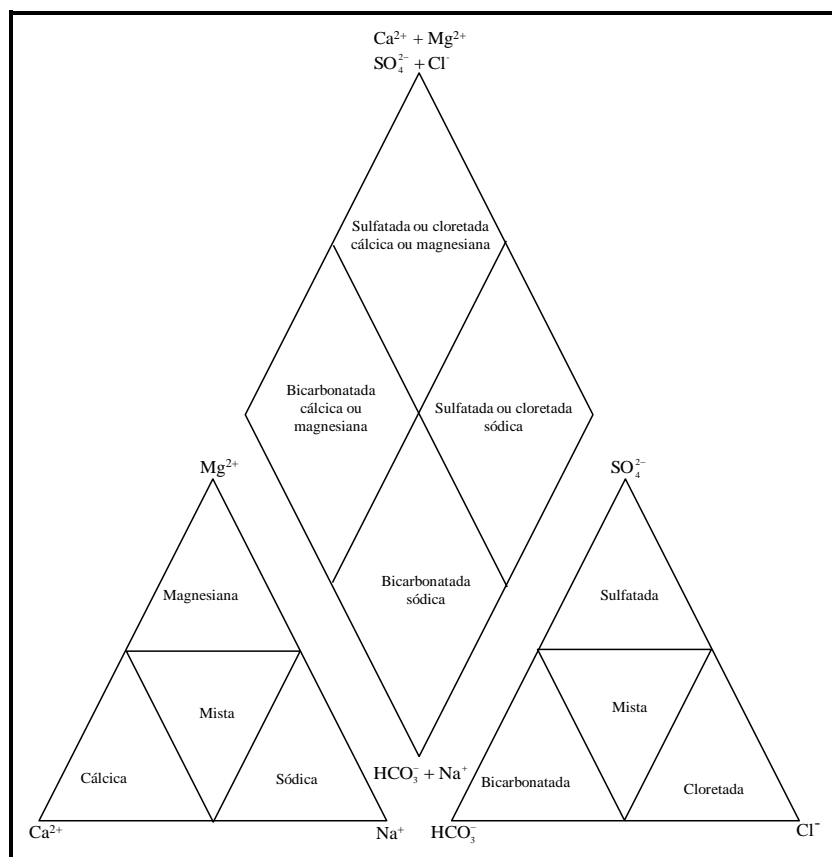


Figura 8.1 – Modelo do diagrama de Piper

Entre as finalidades da caracterização hidroquímica das águas subterrâneas estão incluídas a identificação e quantificação das substâncias presentes, a determinação de suas propriedades físico-químicas, a fim de estabelecer sua relação com o meio geológico, e a sua adequação para os seus diversos usos.

Os processos e fatores que afetam a qualidade da água podem ser intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero. Processos intrínsecos são aqueles relacionados com o fluxo da água através da zona saturada, onde a água pode se enriquecer em substâncias dissolvidas ou precipitar minerais. Esses processos são favorecidos pelas pequenas velocidades do fluxo d'água, por maiores temperaturas e pressões, pela presença do CO<sub>2</sub> dissolvido e mesmo de outras substâncias que atribuem acidez à água. Deste modo, ao interagir com o meio geológico as águas subterrâneas adquirem concentrações, em geral, maiores que as das águas superficiais (Santos, 2008).

Os processos extrínsecos são aqueles que ocorrem fora aquífero, comumente associados ao clima, ao uso e ocupação das áreas de recarga e das bacias hidrográficas, à composição das águas meteóricas e à contaminação causada por atividades humanas.

O planejamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos dependem de informações confiáveis tanto com relação à demanda quanto à oferta de água, que só poderá ser adequadamente estimada se existir uma rede de monitoramento que gerem dados sobre as variáveis que indiquem a quantidade disponível e a respectiva qualidade das águas. É importante também, conhecer a variabilidade espacial e temporal das águas subterrâneas (Braga et. al., 2006).

Assim, o monitoramento da qualidade da água subterrânea é um procedimento importante para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos, pois permite a obtenção de informações qualitativas e quantitativas sobre a composição dessas águas. Possibilitando então, estimar os impactos das atividades antrópicas nos sistemas aquíferos e permitindo estabelecer a distribuição dos possíveis contaminantes no corpo hídrico subterrâneo.

### **Constituintes Principais nas Águas Superficiais e Subterrâneas**

A composição química das águas meteóricas é modificada em sua interação com o meio geológico. Assim, a composição química das águas superficiais e subterrâneas depende, em parte, da natureza deste meio.

A solubilização de rochas cristalinas é mais difícil e ocorre em menor extensão que a solubilização de rochas sedimentares, segundo Fenzl (1988).

No caso de rochas graníticas e gnáissicas, os minerais comuns são quartzo, plagioclásios (solução sólida de  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ , albita e  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ , anortita), biotita e muscovita, assim águas que drenam terrenos originados dessas rochas e que percolam aquíferos granítico-gnáissicos, em princípio, têm conteúdo razoável de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{HCO}_3^-$  e ricas em  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ , originados da dissolução de feldspatos alcalinos e cálcicos (Wernick, 2004; Sziksay, 1993; Fenzl, 1988).

No caso das rochas sedimentares os minerais mais importantes são: quartzo,  $\text{SiO}_2$ ; opala e suas variedades,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; calcita,  $\text{CaCO}_3$ ; dolomita,  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ; gipsita,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; anidrita,  $\text{CaSO}_4$ ; argilominerais (caolinita, ilita e esmectita); e, como acessórios halita,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e  $\text{MgSO}_4$  (Sziksay, 1993; Fenzl, 1988).

Primariamente, os corpos d'água superficiais formam-se a partir da alimentação por águas subterrâneas. Assim, em princípio as concentrações dos constituintes principais, nessas águas, devem ser semelhantes, às da fonte primária.

No entanto, as águas superficiais estão mais sujeitas aos resultados das ações humanas, praticadas na bacia hidrográfica, em que estão inseridas, portanto podem ter uma composição mais variável, refletindo com maior intensidade o uso e ocupação do solo, na bacia, (Von Sperling, 2007).

O cálcio é o metal mais comum e abundante em muitas rochas, e o principal causador da dureza da água. Os minerais de cálcio mostram solubilidade de moderada a alta, sendo comum ocorrer precipitação de  $\text{CaCO}_3$  nos corpos d'água naturais.

O cálcio favorece a redução da concentração de sódio no solo, quando presente na água de irrigação, ou quando adicionado ao solo como corretivo agrícola.

Nas águas naturais o cálcio, com frequência ocorre associado ao bicarbonato. As principais fontes de cálcio são os minerais carbonáticos calcita e dolomita, os sulfatos gipso e anidrita, os fosfatos apatita e suas variedades e o plagioclásio e outros silicatos cálcicos.

A solubilidade dos carbonatos de cálcio e de magnésio aumenta, em função da acidez da água, originada pela presença de  $\text{CO}_2$  e de ácidos orgânicos, provenientes da decomposição da matéria orgânica e na presença de sais de sódio e de potássio, devido ao aumento da força iônica na solução.

No subsolo, o aumento da pressão parcial do  $\text{CO}_2$  contribui para a solubilização de minerais carbonáticos. Nas zonas subsaturadas a pressão parcial do  $\text{CO}_2$  pode chegar a ser 100 vezes maior que na atmosfera, atribuindo maior acidez às águas que percolam nessas zonas, o que aumenta a solubilização de minerais carbonáticos, como a calcita, a magnesita e a dolomita (Appelo e Postma, 2005; Fenzl, 1988).

As principais fontes de magnésio nas águas naturais são os minerais dolomita, magnesita, biotita, granada, hornblenda, clorita, alanita e olivina, ocorrendo principalmente nas rochas carbonáticas.

Os minerais de magnésio apresentam solubilidades menores que as solubilidades dos minerais de cálcio, assim tendem a permanecer dissolvidos, não sendo comum a precipitação de minerais de magnésio nas águas continentais.

Associado ao cálcio, o magnésio é um dos metais que determinam a dureza das águas, produzindo o gosto salobro, das águas duras. Também, nas águas naturais, normalmente, está associado ao bicarbonato.

As principais fontes naturais de potássio são os feldspatos potássicos, micas e leucitas, nas rochas ígneas e metamórficas. Concentrações elevadas de potássio são encontradas nos evaporitos, na forma dos minerais carnalita e silvinita.

O potássio apesar de abundante nas rochas ígneas, não ocorre em abundância nas águas naturais. Normalmente, quando presente, suas concentrações são pequenas, devido à intensidade com que participa de processos de troca iônica e da facilidade com que é adsorvido nas argilas. Além disto, é um nutriente importante para as espécies vegetais, sendo, absorvido pelas raízes e assimilado pelos vegetais.

O cálcio, o magnésio e o potássio são nutrientes importantes para os vegetais, em particular, para os vegetais cultivados, assim, com frequência são adicionados ao solo agrícola, como fertilizantes sintéticos.

O sódio é um metal que ocorre em abundância nas águas naturais. Sua presença, corriqueira, deve-se a ampla distribuição dos minerais sódicos, da baixa estabilidade química desses minerais e de sua solubilidade elevada. As principais fontes naturais de sódio são os feldspatos, plagioclásios, feldspatóides (nefelina e sodalita), anfibólios e piroxênios.

Considerando os cátions mais frequentes nas águas naturais continentais, não poluídas, o sódio se apresenta como o principal responsável pelo aumento da salinidade dessas águas. Nas águas subterrâneas, em geral, ocorre um aumento gradativo nas concentrações de sódio a partir da zona de recarga, em direção às partes mais profundas dos aquíferos ou das áreas de descarga (Santos, 2008).

Sob o ponto de vista agrícola, águas com teores elevados de sódio são prejudiciais às plantas, principalmente, quando as concentrações de cálcio e magnésio são baixas.

Nas águas naturais continentais não poluídas, comumente associados aos metais cálcio, magnésio, sódio e potássio ocorrem os seguintes ânions: bicarbonato; cloreto; sulfato; e, o nitrato.

A presença do anion bicarbonato, nas águas naturais é função do pH. Este anion se apresenta com maior abundancia em águas naturais com pH entre 7 e 8,3. Porém, pode ter sua concentração reduzida em função da precipitação de carbonatos pouco solúveis, principalmente de cálcio e magnésio.

O bicarbonato é benéfico aos vegetais, em associação com o cálcio e secundariamente com o magnésio. Sua carência nos solos agrícolas é suprida com a aplicação de calcários agrícolas.

O cloreto presente nas águas naturais continentais tem origem no intemperismo de rochas ígneas, de metassomatitos e de rochas carbonáticas, nos evaporitos, como o sal-gema, na precipitação de águas meteóricas provenientes dos oceanos. Na litosfera, os principais minerais contendo cloreto são a escapolita, um aluminossilicato de composição complexa,  $(\text{Na,Ca,K})_4[\text{Al}_3(\text{Al,Si})_3\text{Si}_6\text{O}_{24}](\text{Cl,CO}_3,\text{SO}_4)$ , a sodalita,  $\text{Na}_4(\text{SiAlO}_4)_3\text{Cl}$ , as apatitas, micas e anfibólios.

O cloreto é um bom indicador de poluição das águas. Quantidades elevadas de cloreto podem indicar a contaminação por águas servidas domésticas ou não, pelo chorume de aterros sanitário e lixões. A alta solubilidade e o lento movimento da água nos aquíferos podem provocar o aumento gradativo e constante das concentrações de cloreto, na água subterrânea, na direção do fluxo (Santos, 2008).

As rochas magmáticas, em geral, são pobres em enxofre, mas este elemento se apresenta enriquecido nos resistatos, nos hidrolisatos e nos carbonatos (Fenzl, 1988). O enxofre pode ocorrer como sulfeto, em minerais acessórios nessas rochas, excepcionalmente, se apresentando em grandes concentrações locais como os sulfetos de cobre, níquel, chumbo e zinco, constituindo minerais minério (Wernick, 2004).

Sulfetos minerais expostos a ambientes oxidantes originam sulfatos, além dessas ocorrências o sulfato se apresenta nos evaporitos, como os minerais gipsita,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e anidrita,  $\text{CaSO}_4$ , também ocorre em alguns silicatos, nos quais substitui o cloreto.

Nas águas meteóricas o sulfato dissolvido é proveniente dos sais cíclicos, poeiras continentais, emanações vulcânicas e industriais. Além dessas fontes, a degradação da matéria orgânica vegetal e animal constitui uma fonte importante de sulfato nos solos e nas águas naturais.

O nitrato normalmente não é constituinte dos minerais e, em geral, não se apresenta nas rochas, a não ser em evaporitos e em rochas argilosas.

A origem primária do nitrato nos solos se encontra na bioassimilação do N<sub>2</sub> atmosférico, por microorganismos especializados presentes na rizosfera. Secundariamente, é proveniente de emissões de gases industriais, da queima de combustíveis fósseis através das precipitações atmosféricas, da degradação da matéria orgânica.

As principais fontes antrópicas responsáveis pelo aporte de espécies nitrogenadas, em particular do nitrato, nos corpos d'água são a aplicação de fertilizantes sintéticos nas lavouras e as águas residuárias, tanto urbanas como das populações rurais.

As concentrações de nitrato nas águas subterrâneas, normalmente, são baixas (Santos,2008). Concentrações elevadas de nitrato nas águas naturais são indicativas de contaminação por fontes antrópicas, tais como, esgotos urbanos, fossas, aterros e lixões, cemitérios e a aplicação de fertilizantes.

Em concentrações elevadas o nitrato é tóxico ao ser humano, podendo ser fatal para crianças. Também está associado à síntese de substâncias carcinogênicas, como as nitrosaminas, no estômago humano (Santos, 2008).

Concentrações dos constituintes principais em águas naturais, não poluídas, estão sumarizadas na Tabela 8.2.

Tabela 8.2 – Concentrações dos constituintes principais nas águas naturais

Constituinte	Águas superficiais						Águas subterrâneas					
	(mg/L)			(meq/L)			(mg/L)			(meq/L)		
	Menor	Média	Maior	Menor	Média	Maior	Menor	Média	Maior	Menor	Média	Maior
Ca		15			0.75		10	50	100	0.5	2.50	5.0
Mg		4,1			0.34		1	7	40	0.1	0.58	3.3
K	1	2,3	5	0.03	0.06	0.13	1	3	10	0.03	0.08	0.3
Na	1	6,3	150	0.04	0.27	6.5	1	30	100	0.04	1.30	4.3
HCO <sub>3</sub>	<50	58	350	<0.82	0.95	5.7	5	200	380	0.1	3.28	6.2
Cl		7,8			0.22		5	20	100	0.1	0.56	2.8
NO <sub>3</sub>		1			0.02		0.1		20	0.002	-	0.3
SO <sub>4</sub>		3,7			0.08		5	30	100	0.1	0.62	2.1

Fonte: Santos (1997; 2008); Langmuir (1997); O'Neil, (1998); Fenzl,(1988)

De acordo com os dados da Tabela 8.2, considerando uma base em miliequivalentes, em águas naturais continentais não poluídas, se verificam as seguintes ordens de abundância dos constituintes principais: Ca > Mg > Na > K e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Cl > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, para as águas superficiais; e, Ca > Na > Mg > K e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Cl, para as águas subterrâneas.

A característica hidroquímica prevalente nas águas naturais é a cálcica bicarbonatada. Fato que reflete os processos de intemperismo químico dos silicatos e a ocorrência comum do  $\text{CaCO}_3$  nos ambientes geológicos (Langmuir, 1997).

Calcários calcíticos e rochas dolomíticas encontram-se expostos em cerca de 20% da superfície terrestre. Detritos carbonáticos, conchas carbonáticas fossilizadas, cimento carbonático são comuns em rochas sedimentares não carbonáticas e em solos de climas áridos (Langmuir, 1997).

### Constituintes Secundários e Traços

Na área do estudo, conforme exposto no Capítulo 4, além dos cátions e ânions principais, foram monitorados os seguintes constituintes secundários e traços, inorgânicos: alumínio, arsênio, bário, cádmio, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, selênio e zinco. Para esses constituintes, estão apresentadas na Tabela 8.3 as concentrações frequentes em águas naturais, não poluídas, sumarizadas de Hem, (1985); Langmuir, (1997); O'Neil, (1998); e Santos, (1997, 2008).

Tabela 8.3 – Constituintes secundários e traços em águas naturais

Constituinte	Concentração ( $\mu\text{g/L}$ )			Concentração ( $\mu\text{eq/L} \times 10^{-3}$ )		
	Mínimo	Média	Maior	Mínimo	Média	Maior
Al	<1	10	50		1,1	5,6
As	<1	2			0,13	
Ba	<1	20	-		0,3	
Fe	>1	100	300		5,4	16,1
Cd	<1	0,03	20		0,00053	
Co	<1	0,1			3,4	
Cr	<1	1	-		0,058	
Cu	<1	3	1000		0,094	31,5
Hg	<1	0,07			0,7	
Mn	>1	15	200		0,55	7,3
Pb	<1	3	20000		29	193000
Se	<1	0,4	1000		20	51000
Zn	>1	20	100		610	3100

Fonte: Santos (1997, 2008); Langmuir (1997); O'Neil, (1998)

## Valores máximos permitidos dos parâmetros de qualidade nas águas naturais

A resolução CONAMA N°357, de 17 de março de 2005, define como padrão de qualidade o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água ou efluente. A resolução CONAMA N°396, de 3 de abril de 2008, define para águas subterrâneas o Valor Máximo Permitido –VMP, que é o limite máximo permitido de um dado parâmetro, específico para cada uso da água subterrânea.

Na Tabela 8.4 estão sumarizados as concentrações dos constituintes principais, secundários e traços, que foram monitorados na área do estudo, estabelecidas como limites permitidos de concentração, em águas superficiais e subterrâneas de classe um e, que são válidas para as águas de classe dois, de acordo com as seguintes legislações: Resolução CONAMA N° 357, de 2005; Deliberação Normativa COPAM-CERH-MG N° 01, de 2008; Resolução CONAMA N° 396, de 2008; e, Portaria do Ministério da Saúde N° 518, de 2004.

Tabela 8.4 – Valores máximos permitidos para as concentrações de constituintes inorgânicos em águas naturais.

Constituintes	Concentrações (µg/L)			
	Águas superficiais classe dois		Águas subterrâneas	Padrões de potabilidade
	CONAMA 357	COPAM	CONAMA 396	Portaria N° 518
Al	100	100	200	200
Fe	300	300	300	300
Mn (total)	100	100	100	100
As (total)	10	10	10	10
Ba (total)	700	700	700	700
Pb (total)	10	10	10	10
Co (total)	50	50	-	-
Cd (total)	1	1	5	5
Cu	9	9	2000	2000
Cr (total)	50	50	50	50
Hg (total)	0.2	0.2	1	1
Se (total)	10	10	10	10
Zn (total)	180	180	5000	5000
Na	-	-	200000	200000
Cl	250000	250000	250000	250000
F (total)	1400	1400	1500	1500
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	44000	44000	44000	44000
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (total)	250000	250000	250000	250000

Fonte: Brasil, 2004, 2005, 2008; Minas Gerais, 2008.

Na área do estudo os corpos d'água lóticos foram classificados como classe dois, conforme a Deliberação Normativa COPAM-MG, N° 20, de 24 de junho de 1997. Em vista desta



classificação e para fins de comparação, neste trabalho, as águas subterrâneas foram consideradas como de classe dois.

Nas águas superficiais de classe dois o parâmetro pH deve estar entre 6,0 e 9,0 e o parâmetro sólidos totais dissolvidos se apresentar até 500 mg/L, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357, de 2005, e a Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG Nº 01, de 2008.

As concentrações dos metais reportadas nos Relatórios de Resultados de Análise–RRA, apresentadas e discutidas neste capítulo, são concentrações totais, portanto, incluem a fração dissolvida, a fração em suspensão na forma de argilo-minerais, óxidos hidratados e hidróxidos, a fração adsorvida nos sólidos em suspensão. Assim, em princípio, se admite que as concentrações reportadas se apresentaram maiores que as concentrações naturais presentes como fase aquosa dissolvida.

### **8.1.1 Índice de Contaminação por Substâncias Tóxicas – CT**

Em Minas Gerais a contaminação por substâncias tóxicas pode ser avaliada através do índice Contaminação por Tóxicos, CT, que considera os seguintes parâmetros: nitrogênio amoniacal, arsênio, bário, cádmio, chumbo, cianeto livre, cobre, cromo, fenóis, mercúrio, nitritos, nitratos e zinco. Este índice, adotado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas–IGAM, classifica a contaminação como baixa, média ou alta, em função das concentrações observadas, para os parâmetros listados (Brasil, 2006; Von Sperling, 2007).

As concentrações medidas são comparadas com os valores máximos permitidos, das classes de enquadramento, dos cursos d'água, definidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, na Deliberação Normativa Nº 10/86 (Brasil, 2006).




A contaminação baixa refere-se a concentrações iguais ou inferiores a 1,2 vezes os limites de classe de enquadramento do trecho do curso d'água onde se localiza o ponto de amostragem, a contaminação média refere-se a concentrações entre 1,2 e 2,0 vezes os referidos limites, enquanto a contaminação alta refere-se às concentrações maiores que o dobro dos valores limite (Brasil, 2006).

A pior situação identificada, para qualquer parâmetro tóxico, no total de resultados, das campanhas, define a classe de contaminação no período considerado. Assim, se um dos parâmetros tóxicos, em uma dada estação de amostragem, apresentar valor maior que o dobro

do limite, P, em pelo menos uma das campanhas do ano, a contaminação no ponto de amostragem será classificada como alta, no período (BRASIL, 2006; Von Sperling, 2007).

Na Tabela 8.5 estão apresentados os critérios estabelecidos para classificar a contaminação por tóxicos, CT, de acordo com Brasil (2006) e Von Sperling (2007), na qual P é o valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água.

Tabela 8.5 – Grau de contaminação por substâncias tóxicas

Concentração <sup>(1)</sup>	Grau de contaminação	Cor representativa
concentração ≤ 1,2P	baixo	
1,2P < concentração ≤ 2P	médio	
concentração > 2P	alto	

(1) Em relação à classe de enquadramento

Fonte: Brasil, 2006; von Sperling, 2007.

Na Tabela 8.6 estão apresentadas as concentrações máximas, para águas superficiais de classe dois, definidas na deliberação normativa COPAM-CERH-MG N° 01, de 2008 e na resolução CONAMA N° 357, de 2005, para as substâncias tóxicas, que compõem o índice Contaminação por Tóxicos, CT.

Tabela 8.6 – Parâmetros constituintes do índice Contaminação por Tóxicos – CT

Concentrações máximas permitidas (mg/L)											
As	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Hg	Zn	CN	Fenóis	Nitrato	Nitrito
0,01	0,7	0,01	0,009	0,05	0,001	0,0002	0,18	0,005	0,003	10,0	1,0
NH <sub>3</sub>											
3,7 (pH ≤ 7,5)		2,0 (7,5 < pH ≤ 8,0)		1,0 (8,0 < pH ≤ 8,5)		0,5 (pH > 8,5)					

Fonte: Minas Gerais, 2008.

Das substâncias listadas na Tabela 8.6, apenas o cianeto não foi monitorado, nos pontos de monitoramento, na área do estudo, pois não foi incluído no plano inicial de monitoramento.

Na resolução CONAMA N° 396 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas as concentrações máximas permitidas para o cádmio e para o cobre são 0,005 e 2 mg/L, respectivamente. Portanto, valores maiores que para as águas superficiais. Também, esta resolução não especifica o parâmetro nitrogênio amoniacal, neste caso, foram utilizados os valores descritos na Tabela 8.6.

O mercúrio, o selênio e os fenóis não foram quantificados nas amostras analisadas. Para esses parâmetros, os limites de detecção são 0,00020 mg/L e 0,018 mg/L, respectivamente, conforme reportado nos Relatórios de Resultados de Análise–RRA. Conforme reportado nos RRA, o LDM para mercúrio é pequeno, mas para fenol o LDM é elevado e maior que o valor

máximo permitido, descrito na Tabela 8.6. Também, para o cobre o LDM reportado, nos RRA, é maior que o valor máximo permitido descrito na Tabela 8.6.

Justifica-se essa tolerância maior, quanto aos limites de detecção, para os parâmetros cobre e fenóis, pelo fato da Copasa atender aos padrões estabelecidos na portaria N° 518, de 2004, do Ministério da Saúde, que trata da qualidade da água para consumo humano.

A título de comparação, apresenta-se na Tabela 8.7 as concentrações máximas permitidas, para parâmetros descritos na Tabela 8.6 porém, definidos na portaria N° 518/2004, do Ministério da Saúde, como parâmetros de potabilidade de água e designadas como substâncias químicas que representam risco à saúde humana, a saber: arsênio, bário, chumbo, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, cianeto, nitrato e nitrito; e, como padrão de aceitação para consumo humano, a saber: amônia e zinco. O parâmetro fenóis, não se encontra definido nesta portaria.

Tabela 8.7 – Parâmetros de potabilidade da água<sup>1</sup>

Concentrações máximas permitidas (mg/L)											
As	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Hg	Zn	CN	Nitrato	Nitrito	NH <sub>3</sub>
0,01	0,7	0,01	2	0,05	0,005	0,001	5	0,07	10,0	1,0	1,5

1) De acordo com a portaria n° 518/2004, do Ministério da Saúde.

Os padrões de classe estabelecidos pela resolução CONAMA N° 357, para os parâmetros Cu, Cd, Hg, CN<sup>-</sup> e N-NH<sub>3</sub>, são mais restritivos que os padrões estabelecidos na portaria N° 518/2004, do Ministério da Saúde.

### 8.1.2 Índice de Qualidade das Águas – IQA

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no país.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, visto seu caráter reducionista, já que este índice não inclui vários parâmetros de qualidade, importantes para o abastecimento público. Também não é um índice de atendimento à legislação ambiental,

conforme aponta Von Sperling (2007), mas um instrumento de comunicação para o público das condições ambientais dos corpos d'água.

Os valores de IQA para as águas amostradas nos córregos foram calculados, segundo metodologia utilizada pelo Igam-MG, que considera a formulação multiplicativa, através da Equação 8.5.

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (8.5)$$

Onde:

IQA é o índice de qualidade da água, variando de 0 a 100;






$q_i$  é a qualidade obtida do parâmetro  $i$ , por meio da curva média específica de qualidade; e,

$w_i$  é o peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade da água, variando de 0 a 1.

Os parâmetros,  $i$ , utilizados no cálculo do IQA são os seguintes: oxigênio dissolvido, OD; coliformes fecais; pH; demanda bioquímica de oxigênio, DBO; nitrato; fosfato; temperatura da água, turbidez e sólidos totais dissolvidos, STD.

Em Minas Gerais a qualidade da água é classificada conforme descrito na Tabela 8.8, na qual estão apresentadas as classes de qualidade adotadas e o código de cores, em função de faixas de valores do IQA (Plano Nacional de Meio Ambiente–BRASIL, 2006).

**Tabela 8.8 – Classes de qualidade da água**

Grau de Qualidade	Cor atribuída	Faixa
Excelente		$90 < IQA \leq 100$
Bom		$70 < IQA \leq 90$
Médio		$50 < IQA \leq 70$
Ruim		$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim		$0 < IQA \leq 25$

Fonte: BRASIL, 2006.

Para o cálculo do IQA foi utilizado o conjunto de planilhas Excel disponibilizado, por Sperling para acesso livre, em <http://webmail.desa.ufmg.br/~marcos>.

Neste estudo, foi feita uma avaliação da qualidade das águas dos corpos d'água lóticos, monitorados na área do estudo, baseada nos índices de qualidade da água e no índice de contaminação por substâncias tóxicas.

## 8.2 Caracterização das Águas Superficiais na Área do estudo

Foram monitorados um total de quatorze pontos de amostragem de águas superficiais distribuídos em corpos d'água lóticos e lênticos, na área do estudo. Dois desses pontos foram localizados no canal de irrigação principal. Na Tabela 8.9 estão listados os pontos de monitoramento de águas superficiais, na área do estudo.

Tabela 8.9 – Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais na área do estudo

Águas superficiais		Identificação		Coordenadas		Localização
	Denominação	Texto	Plano <sup>(1)</sup>	L (m)	N (m)	
Canal de irrigação	Montante	CAN-1	S3D2-4	586574	784621	ponte antes cultivo orgânico manilha após a lagoa do quiosque
	Jusante	CAN-2	S2D2-5	587846	784799	
Córregos	Jequitibá	JEQ-1	S1D1-1	587612	784550	bomba do pivô 2
	Jequitibá	JEQ-2	S3D1-4	588476	784901	sede Epamig
	Forquilha	FOR-1	S3D1-6	588748	784864	sede Epamig
	Marinheiro	MAR-1	S1D2-2	585069	784570	ponte faz. Marinheiro
	Matadouro	MAT-1	S3D2-2	585317	784966	ponte bairro Areias
	Jequitibá	JEQ-3	S3D2-1	588927	785466	ponte fazenda Monjolos
Lagoas	do Papudo	LAG-1	S1D1-2	585459	784403	vertedor
	Subida da Estação	LAG-2	S1D1-3	586633	784576	casa de bomba
	da Baiana	LAG-3	S1D2-4	585811	784611	vertedor
	Capivara	LAG-4	S2D1-2	587028	784897	casa de bomba
	Olhos d'água	LAG-5	S2D1-3	586577	784959	vertedor
	Poço Verde	LAG-6	S2D2-1	589051	785119	vertedor

(2) Plano de monitoramento

O ponto de monitoramento FOR-1 foi situado no córrego Forquilha que atravessa a cidade de Prudente de Moraes. Este córrego deságua no córrego Jequitibá, no local de coordenadas UTM 7848981 norte e 588654 leste, em terras da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais–Epamig. Aparentemente, no local onde foi implantado o ponto de monitoramento, não havia indícios macroscópicos da presença de esgoto sanitário no fluxo d'água.

Os pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3 foram situados fora da área do CNPMS, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, o primeiro drena parte da cidade de Sete Lagoas, recebendo esgoto sanitário e águas pluviais, desaguando no Jequitibá, no local de coordenadas UTM 7850563 norte e 589036 leste, que é um dos principais afluentes do rio das Velhas.

Os corpos d'água lóticos na área do estudo foram enquadrados como classe dois, de acordo com a deliberação normativa N° 20, de 24 de junho de 1997 do Conselho de Política Ambiental – COPAM, de Minas Gerais (Minas Gerais, 1997; Camargos, 2004).

Na Figura 8.2 está apresentado o mapa de localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais.

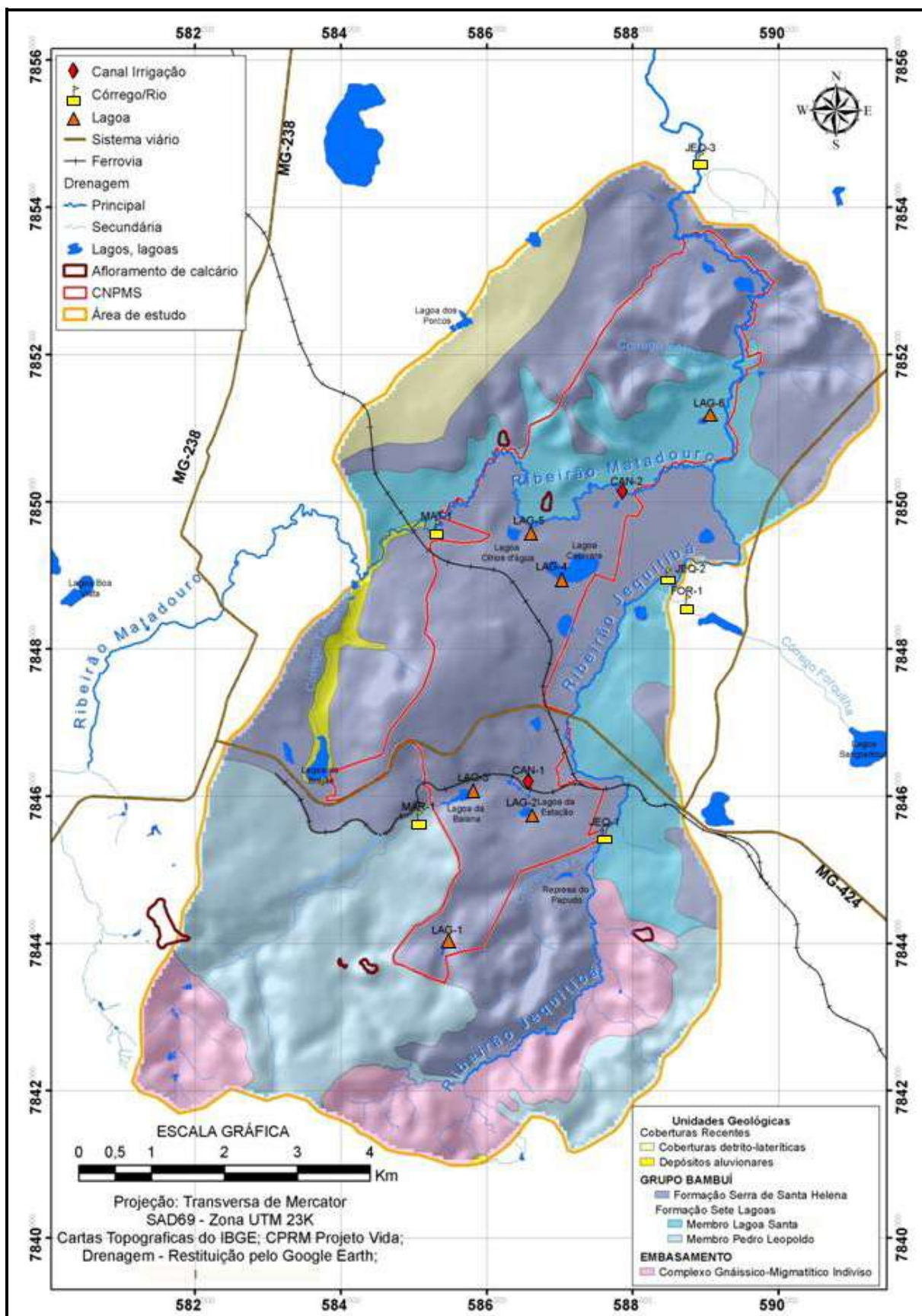


Figura 8.2 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais na área do estudo

Fonte: CPRM, 2003. Adaptação: Santos, F., 2011.

### 8.2.1 Corpos d'Água Lênticos

Na área do estudo, foram monitoradas as águas seis corpos d'água lênticos, a saber, as lagoas do Papudo, da Baiana, da “Subida da Estação”, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde.

Os pontos de monitoramento, situados nesses corpos d'água, estão descritos na Tabela 8.10.

Tabela 8.10 – Localização dos pontos de monitoramento nos corpos d'água lênticos

Lagoa	Identificação do ponto		Coordenadas UTM		Localização
	Texto	Monitoramento	L-O (m)	N-S (m)	
do Papudo da Subida da Estação da Baiana	LAG-1	S1D1-2	585459	7844038	Vertedor
	LAG-2	S1D1-3			Casa de bomba
Capivara	LAG-3	S1D2-4	586633	7845769	Vertedor
	LAG-4	S2D1-2	585811	7846111	Casa de bomba
Olhos d'água	LAG-5	S2D1-3	587028	7848973	Vertedor
			586577	7849598	
Poço Verde	LAG-6	S2D2-1	589051	7851193	Vertedor

Os seis pontos de monitoramento em corpos d'água lênticos monitorados encontram-se na área do CNPMS.

Esses pontos foram implantados, quando possível, no local dos vertedores por se tratar de locais de águas mais movimentadas, então assumidas como mais representativas do corpo d'água. Os pontos de monitoramento LAG-3 e LAG-4, nas lagoas Capivara e Subida da Estação, foram implantados próximos das casas de bombas de captação do sistema de irrigação. A lagoa Capivara é cega, possuindo um extravasor que libera o excesso de água que no período de chuvas.

#### Lagoas do Papudo e da Baiana

##### Pontos de monitoramento LAG-1 e LAG-3

A lagoa do Papudo foi formada pelo represamento do córrego Papudo, em sua parte alta, está localizada em área de mata mais fechada, estabelecida como área de preservação ambiental, no CNPMS, sendo uma lagoa muito sombreada. Essa lagoa receber um aporte maior de matéria orgânica, de origem vegetal. A montante da lagoa, a cerca de 250 m do corpo d'água situa-se a sede do sítio do Papudo, cuja principal atividade era, no período do monitoramento, a pecuária leiteira extensiva.

A lagoa do Papudo na época da estação experimental dos campos de algodão, do então Instituto Agrônomo do Oeste – IAO, anos 1940 ao final dos anos 1960, foi utilizada como

manancial para abastecimento da antiga vila de trabalhadores e da sede desta estação, atualmente, suas águas não são mais utilizadas para qualquer finalidade.

A lagoa da Baiana (LAG-3) foi formada pelo represamento, do leito médio, do córrego Marinheiro, suas águas alimentam o canal de irrigação principal, na área do CNPMS. A montante da lagoa, a cerca de 1400 m do corpo d'água situa-se a sede da fazenda Marinheiro, cuja principal atividade era, no período do monitoramento, a pecuária de corte extensiva porém praticada em pastagens implantadas.

No Anexo F, nas Figuras F46 e F49, estão apresentadas fotografias dos locais dos pontos de monitoramento LAG-1 e LAG-3.

Na imagem mostrada na Figura 8.3 estão apontadas as lagoas do Papudo e da Baiana e a localização dos respectivos pontos de monitoramento nesses corpos d'água.



Figura 8.3 – Locais das lagoas do Papudo e da Baiana e dos respectivos pontos de monitoramento

Fonte: Google Earth, 2011.

Na lagoa da Baiana foi observado durante o período de monitoramento a presença frequente de moradores do bairro Itapoã mostrado, em parte, no canto superior esquerdo da imagem na Figura 8.56, recreando em suas águas (ver Figura F48, no Anexo F).

A variabilidade temporal do parâmetro pH nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.4.



Nos hidrogramas na Figura 8.4, pode ser observado, que o pH das lagoas do Papudo e da Baiana se manteve acima de 7, variando entre 7,0 e 8,2 o que denota águas alcalinas nas duas lagoas, no período em que as lagoas foram monitoradas.

A lagoa do Papudo, no ponto monitorado LAG-1, se apresentou com águas menos alcalinas, em geral, com valores de pH menores que 7,6. As águas da lagoa da Baiana, no ponto de monitorado LAG-3, se apresentaram mais alcalinas, com valores de pH, variando entre 7,6 e 8,2.

A variabilidade do parâmetro pH, representada nos hidrogramas da Figura 8.4, denota que essas duas lagoas recebem águas drenadas de meios litológicos diferentes, portanto de origens diferentes.

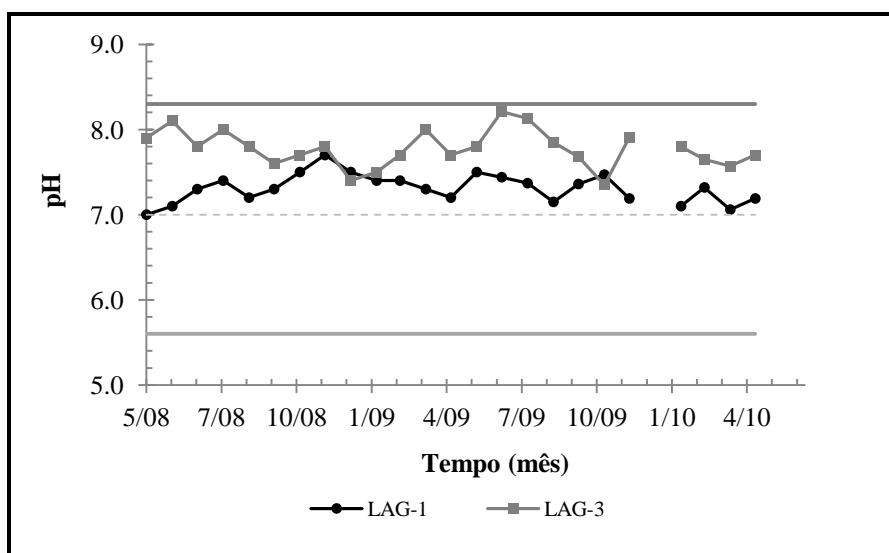


Figura 8.4 – Variabilidade temporal do pH nas lagoas do Papudo e da Baiana

A lagoa do Papudo foi formada pelo represamento do córrego Papudo, que drena terrenos no domínio geológico dos metapelitos da Formação Serra de Santa Helena. Enquanto que, a lagoa da Baiana foi formada pelo represamento do córrego Marinheiro, que drena terrenos no domínio geológico de rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas, o que justifica as diferenças nos hidrogramas do parâmetro pH apresentados na Figura 8.4.

Do ponto de vista ambiental, os hidrogramas apresentados na Figura 8.4, não indicaram águas impactadas à montante dos pontos de monitoramento LAG-1 e LAG-3, os valores de pH se apresentaram no intervalo estabelecido para águas de classe dois, a saber, entre 6,0 e 9,0 de acordo com a resolução CONAM N° 357 de 2005.

Estão apresentados na Figura 8.5 (a) e 8.5 (b) os hidrogramas para os parâmetros condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD, nas lagoas do Papudo e da Baiana.

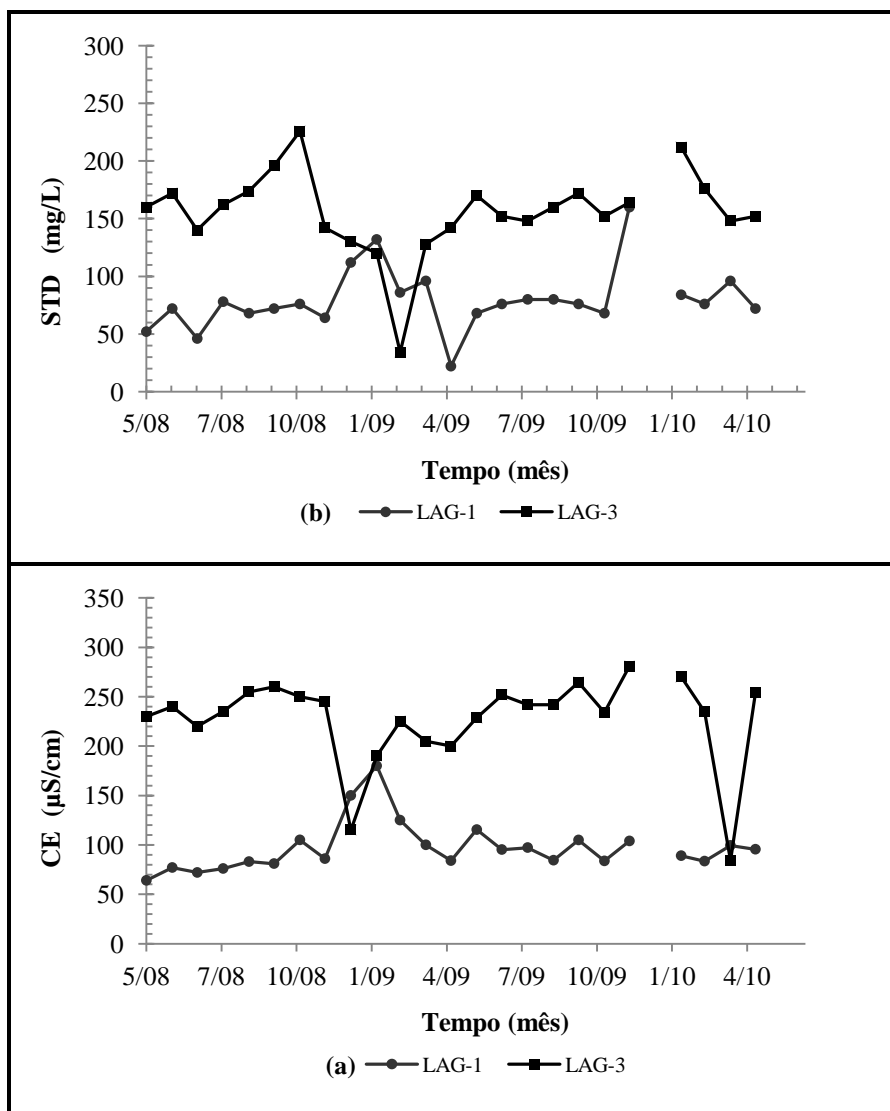


Figura 8.5 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas lagoas do Papudo e da Baiana

De acordo com os hidrogramas na Figura 8.5(a) verifica-se que as águas da lagoa do Papudo apresentaram condutividades elétricas, em geral, menores que 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ou próximas deste valor, enquanto as águas da lagoa da Baiana apresentaram valores de condutividade elétrica, em geral acima de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

A variabilidade do parâmetro condutividade elétrica, representada nos hidrogramas na Figura 8.5 (a), corrobora a origem dessas águas em meios litológicos diferentes.

Os maiores valores de pH e de condutividade elétrica, nas águas da lagoa da Baiana, indicam a influência das rochas carbonáticas (Formação Sete Lagoas) na composição química de suas águas.

Os menores valores de pH e de condutividade elétrica, nas águas da lagoa do Papudo, indicam águas influenciadas por rochas menos solúveis ou mineralogicamente mais pobres.

Os valores mínimos do parâmetro condutividade elétrica, verificados na lagoa da Baiana em janeiro de 2009 e em abril de 2010, não se apresentaram concordantes com a variabilidade temporal deste parâmetro nas águas da lagoa. Em princípio, não se justifica a redução da condutividade elétrica, na magnitude apresentada no hidrograma na Figura 8.5(a), tendo sido mantidos o mesmo local e procedimentos de amostragem e de medida.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos, nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana, grosso modo, refletem o comportamento da condutividade elétrica. Nas águas da lagoa do Papudo as condutividades elétricas se apresentaram menores em consequência das menores concentrações iônicas associadas aos sólidos dissolvidos. Na lagoa da Baiana os maiores valores da condutividade elétrica resultaram das maiores concentrações iônicas associadas aos maiores teores de sólidos dissolvidos.

Nas lagoas do Papudo e da Baiana as razões entre os parâmetros sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica, em média, foram 0,82 e 0,66, respectivamente.

Os parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos reportados nos hidrogramas na Figura 8.5, para a lagoa do Papudo indicam águas menos mineralizadas, portanto menos condutivas que as águas da lagoa da Baiana.

Na Tabela 8.12 estão sumarizadas as estatísticas média, desvio padrão, mínimo, máximo, e amplitude para os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana.

Os valores médios dos parâmetros pH, CE e STD, reportados na Tabela 8.11, para as águas das lagoas do Papudo e da Baiana indicam águas de origens diferentes.

Do ponto de vista ambiental, os valores dos parâmetros pH e sólidos totais dissolvidos, reportados na Tabela 8.11 não indicaram águas impactadas à montante dos pontos LAG-1 e LAG-3 monitorados. Os valores de pH se apresentaram no intervalo estabelecido para águas

de classe dois, a saber, entre 6,0 e 9,0 e as concentrações de sólidos totais dissolvidos se apresentaram menores que 500 mg/L, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005.

Tabela 8.11 – Parâmetros pH, CE e STD nas lagoas do Papudo e da Baiana

Corpo d'Água	Ponto	Estatísticas	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/L)
Lagoa do Papudo	LAG-1	Média	7.31	99.0	81.4
		Desvio padrão	0.19	28.1	32.2
		Mínimo	7.00	64.0	22.0
		Máximo	7.70	180	160
		Amplitude	0.70	116	138
Lagoa da Baiana	LAG-3	Média	7.78	235	156
		Desvio padrão	0.22	22.0	41.9
		Mínimo	7.35	190	34.0
		Máximo	8.21	270	226
		Amplitude	0.86	80.0	192

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.11:

- lagoa do Papudo (LAG-2) — pH ( $7,3 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $99 \pm 28$ ) µS/cm e, sólidos totais dissolvidos ( $81 \pm 32$ ) mg/L;
- lagoa da Baiana (LAG-2) — pH ( $7,8 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $235 \pm 22$ ) µS/cm e, sólidos totais dissolvidos ( $156 \pm 42$ ) mg/L;

A variabilidade estatística dos valores médios do pH, nas águas monitoradas no sistema, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 3% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

As variabilidades estatísticas dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram 28% e 39%, respectivamente, nas águas da lagoa do Papudo e, 9% e 27%%, respectivamente, nas águas da lagoa da Baiana.

A variabilidade estatística do parâmetro CE, nas águas da lagoa da Baiana resultou compatível com determinações de natureza experimental, porém a variabilidade do parâmetro STD resultou elevada.

Nas águas da lagoa do Papudo, as variabilidades dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram, em média, 28% e 39%, respectivamente. Valores considerados elevados para determinações de natureza experimental.

## Constituintes iônicos principais

Conforme a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.12, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, nos pontos de monitoramento LAG-1 e LAG-3, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

Tabela 8.12 – Cátions e ânions principais nas lagoas do Papudo e da Baiana

Corpo d'Água	Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Lagoa do Papudo	LAG-1	Média	0.808	0.153	0.042	0.101	1.03	0.076	0.039	0.023
		Desvio padrão	0.359	0.029	0.017	0.040	0.29	0.037	0.050	0.045
		Mínimo	0.505	0.110	0.021	0.054	0.78	0.028	0.007	0.001
		Máximo	1.81	0.22	0.09	0.22	1.81	0.17	0.19	0.14
		Amplitude	1.31	0.11	0.07	0.17	1.04	0.14	0.18	0.14
Lagoa da Baiana	LAG-3	Média	2.40	0.289	0.029	0.060	2.62	0.083	0.061	0.037
		Desvio padrão	0.36	0.041	0.019	0.022	0.32	0.032	0.092	0.083
		Mínimo	1.67	0.226	0.014	0.022	1.83	0.028	0.007	0.001
		Máximo	2.94	0.342	0.088	0.096	2.99	0.141	0.286	0.319
		Amplitude	1.27	0.116	0.074	0.074	1.15	0.113	0.278	0.318

De acordo com os valores reportados na Tabela 8.12, nas águas dessas lagoas as concentrações dos íons cálcio e bicarbonato se apresentaram dominantes. No entanto, nas águas da lagoa da Baiana as concentrações médias de cálcio e de bicarbonato se apresentaram maiores que na lagoa do Papudo em mais de 100%.

Ainda, com exceção do potássio, as concentrações dos demais constituintes principais na lagoa da Baiana, se apresentaram maiores.

As grandes diferenças nas concentrações dos constituintes principais, nas lagoas do Papudo e da Baiana, corroboram as origens diferentes de suas águas.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 8.12, pode ser verificado que a concentração média do anion bicarbonato na lagoa do Papudo foi cerca de 30% maior que a concentração de cálcio, diferença que na lagoa da Baiana foi cerca de 9 %, o que denota falta de bicarbonato nas águas da lagoa do Baiana. De acordo com Langmuir (1997), o excesso de bicarbonato, em equivalentes, com relação ao cálcio, em média, é de 25%, nas águas naturais.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações de cloreto, nitrato e sulfato reportadas na Tabela 8.12 não indicaram águas impactadas à montante dos pontos LAG-1 e LAG-3, monitorados nas lagoas do Papudo e da Baiana, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005.

Do ponto de vista hidroquímico, as concentrações reportadas na Tabela 8.12 se apresentaram semelhantes aos valores descritos na literatura e apresentados na Tabela 8.2, não ocorrendo grandes diferenças .

Está apresentado na Figura 8.6 o diagrama de Piper, considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ , nas lagoas do Papudo e da Baiana.

Na Figura 8.6 está apresentado o diagrama de Piper, para as amostras das lagoas, do Papudo e da Baiana, de acordo com as concentrações dos cátions cálcio, magnésio e sódio e dos anions bicarbonato, cloreto e sulfato.

Pode ser observado, na Figura 8.6, que o padrão hidroquímico apresentado pelas águas das lagoas do Papudo e da Baiana, caracteriza águas de fácies hidroquímica cálcicas bicarbonatadas. Esse caráter se apresentou com menor intensidade nas águas da lagoa do Papudo, em virtude principalmente das menores concentrações de cálcio e de bicarbonato nesta lagoa.

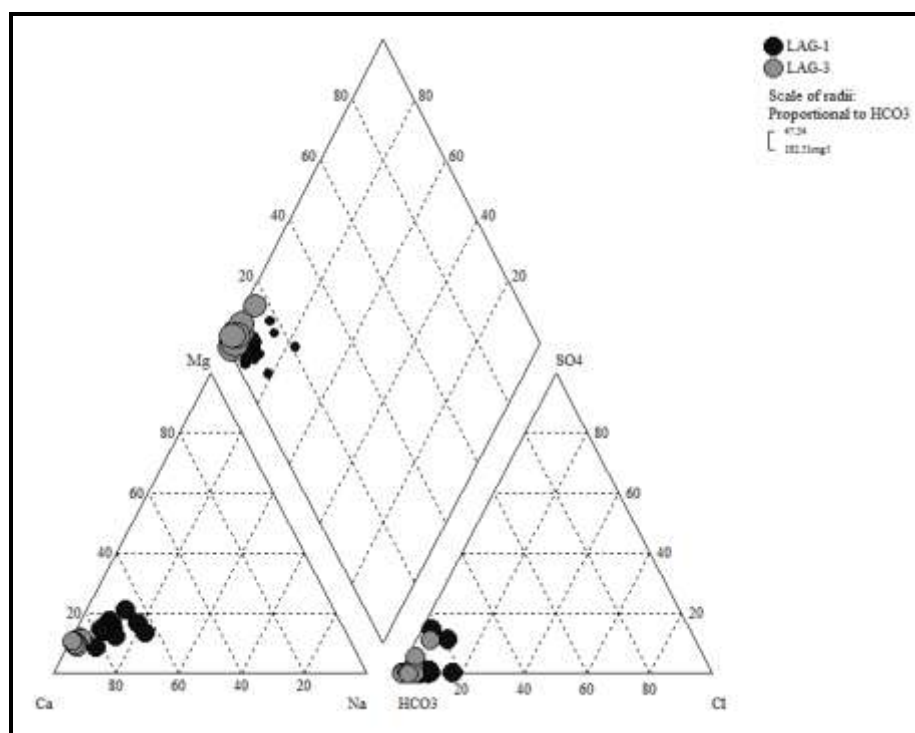


Figura 8.6 – Diagrama de Piper para as águas das lagoas do Papudo e da Baiana

De acordo com o diagrama de Piper apresentado na Figura 8.6, as águas da lagoa da Baiana se apresentaram fortemente cálcicas bicarbonatadas.

As concentrações dos demais constituintes reportadas no diagrama Piper, na Figura 8.6, a saber, magnésio, sódio, potássio, cloreto e sulfato não foram grandes o suficiente para alterar a característica hidroquímica dominante, dessas águas, a saber, cálcicas-bicarbonatadas.

As ocorrências dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, estão sumarizadas nos diagramas ternários apresentados na Figura 8.7.

Na Figura 8.7 (a) pode ser observado que as águas da lagoa da Baiana se apresentaram mais ricas em magnésio, seguido do sódio e pobres em potássio. Na lagoa da Baiana o magnésio ocorreu com teores, em geral, maiores que 50 %, o sódio com teores cerca de 40% e o potássio com menos de 30%, do total dos três metais reportados no diagrama.

De acordo com os diagrama ternário, na Figura 8.7 (a), as águas da lagoa do Papudo apresentaram teores equilibrados dos cátions magnésio, sódio e potássio, em geral menores que 50% do total dos três metais, visto a distribuição na região central do diagrama.

Os teores de cloreto nas lagoas do Papudo e da Baiana se apresentaram mais fortes que os teores de nitrato e de sulfato que, em geral, se apresentou com teor menor que 10% em relação ao total dos anions reportados, no diagrama da na Figura 8.7 (b).

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.7 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana, apontada no diagrama de Piper.

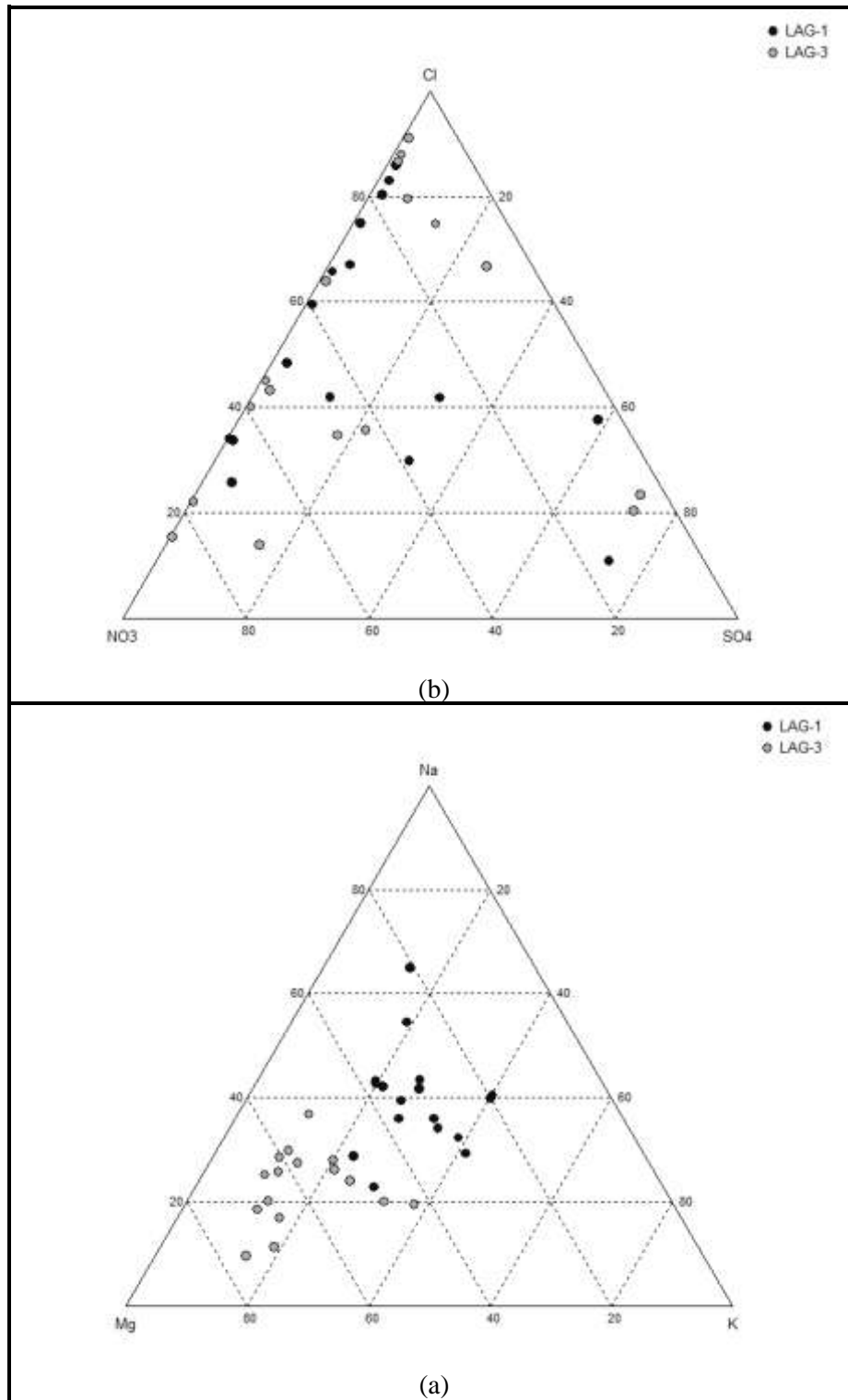


Figura 8.7 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nas lagoas do Papudo e da Baiana

Para as lagoas do Papudo e da Baiana, foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, em massa, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.12:

- lagoa do Papudo (LAG-1) — Ca > Mg > Na > K; e, HCO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub> > Cl > NO<sub>3</sub> ; e,



- lagoa da Baiana (LAG-3) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .

## Constituintes secundários e traços

### Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca valor máximo permitido, para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise utilizado.

Na Figura 8.8, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de alumínio verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, no período monitorado.

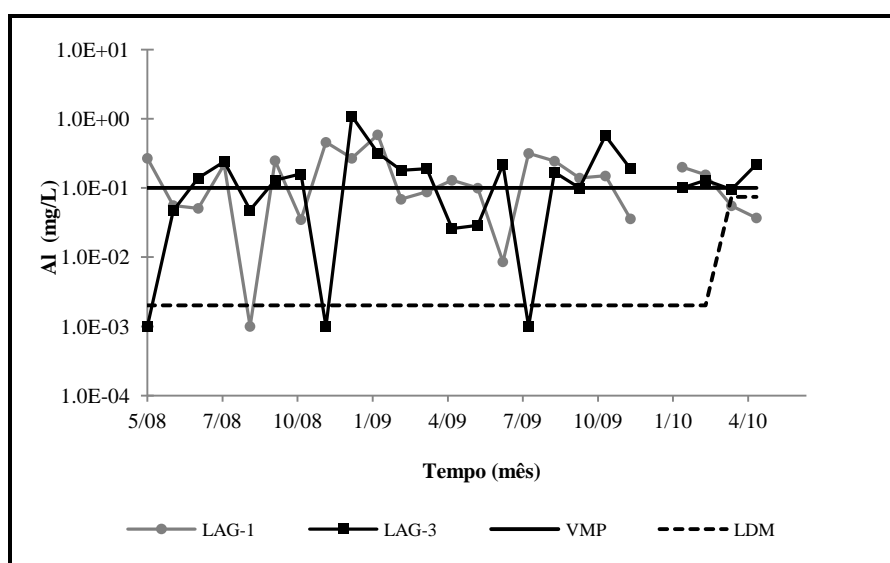


Figura 8.8 – Ocorrências de alumínio nas lagoas do Papudo e da Baiana

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado nas lagoas do Papudo e da Baiana com frequência de 95 e de 88 %, respectivamente. Ocorreram concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido de classe com frequência de 15 % na lagoa do Papudo e de 10 % na lagoa da Baiana. As concentrações máximas observadas foram de 0,320 mg/L, em fevereiro de 2009, na lagoa do Papudo e de 1,10 mg/L, em janeiro de 2009, na lagoa da Baiana.

Conforme pode ser observado nos hidrogramas, não foram frequentes concentrações elevadas de Al acima da norma. Também, não ocorreram concentrações próximas das máximas frequência alta.

Conforme pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.8, a mudança no limite de detecção do metal para um valor menos rigoroso, refletiu a mudança do método de análise.

Na Figura 8.9, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, no período monitorado.

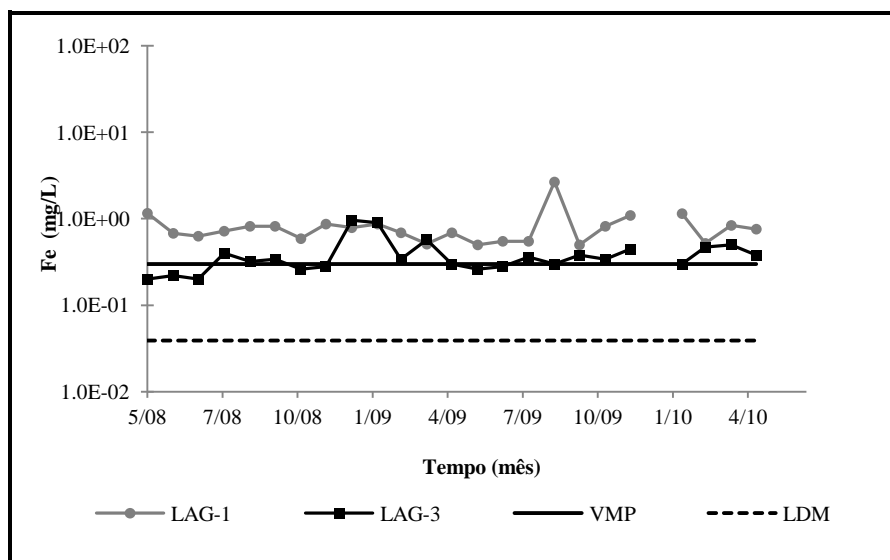


Figura 8.9 – Ocorrências de ferro nas lagoas do Papudo e da Baiana

O ferro foi quantificado com frequência de 100 % nas lagoas do Papudo e da Baiana. Conforme pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.9, as concentrações do metal, se apresentaram acima do valor máximo permitido de classe com frequência de 100% na lagoa do Papudo e com frequência de 58% na lagoa da Baiana. As concentrações máximas observadas foram 0,96 e 2,67 mg/L nas lagoas do Papudo e da Baiana, respectivamente. Não foram frequentes ocorrências próximas dos valores máximos verificados.

Na Figura 8.10, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de manganês, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, no período monitorado.

O manganês foi quantificado com frequência de 92% na lagoa do Papudo e com frequência de 80% na lagoa da Baiana. Ocorreram cerca de 60% de quantificações acima da norma estabelecida de 0,1 mg/L na lagoa do Papudo, e não houve ocorrências do metal, acima da norma na lagoa da Baiana. As concentrações máximas observadas foram 0,45 e 0,10 mg/L nas lagoas do Papudo e da Baiana, respectivamente.

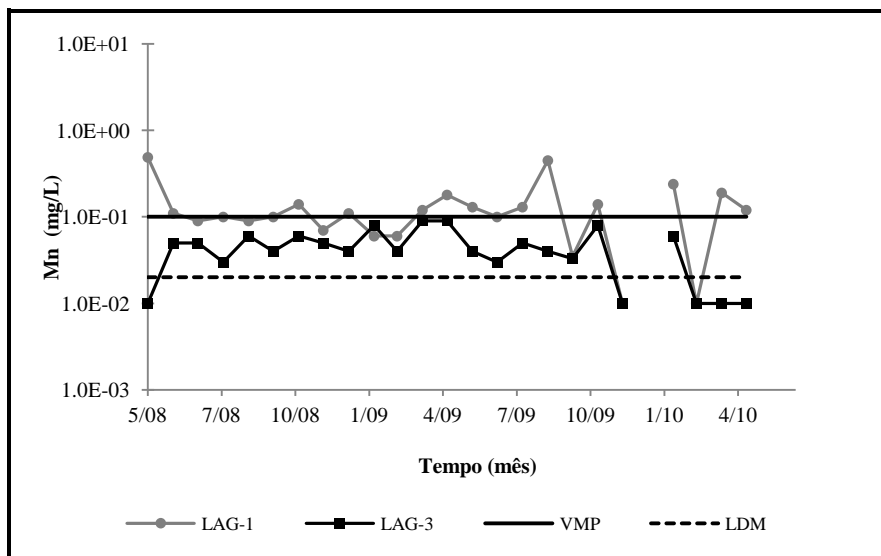


Figura 8.10 – Ocorrências de manganês nas lagoas do Papudo e da Baiana

As concentrações de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas das Figuras 8.61, a 8.63 não caracterizaram anomalia geoquímica para esses metais, nos córregos à montante das lagoas do Papudo e da Baiana e nos terrenos no entorno dessas lagoas.

As ocorrências reportadas de alumínio, ferro e manganês nas lagoas do Papudo e da Baiana estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.11.

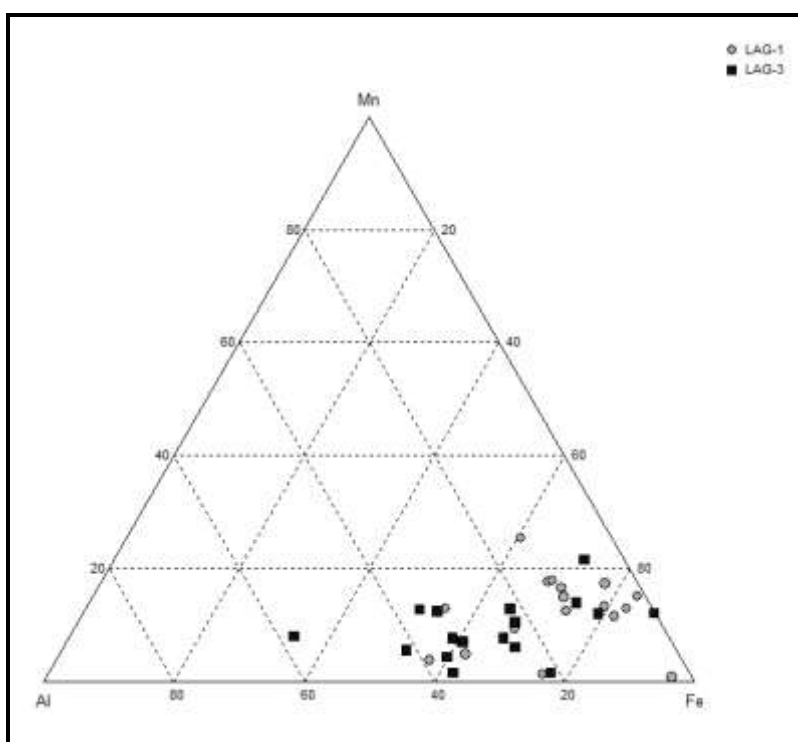


Figura 8.11 – Teores de alumínio, ferro e manganês nas lagoas do Papudo e da Baiana

Pode ser observado no diagrama ternário da Figura 8.11, que as águas dessas duas lagoas se apresentaram mais ricas em ferro que os metais alumínio e manganês, a variabilidade dos valores verificados, corrobora a ausência de anomalia geoquímica nas microbacias a montante das lagoas do Papudo e da Baiana.

As concentrações frequentemente elevadas de ferro são atribuídas à realização das análises em amostras acidificadas, o que acarretou a dissolução dos respectivos óxidos hidratados ou do próprio metal, presentes no material particulado em suspensão nas águas dessas lagoas. A concentração de ferro (III) em águas naturais, não poluídas, com pH acima de 4,0 é menor que  $10^{-4}$  mg/L, devido à pequena solubilidade do óxido hidratado de ferro (III), conforme indica a sua constante do produto de solubilidade que é da ordem de  $10^{-39}$ .

As concentrações de alumínio e manganês presentes, como fase dissolvida, nas águas dessas lagoas, também devem ser menores que as reportadas, em virtude da realização das análise em amostras não filtradas e acidificadas.

Os maiores teores de alumínio, ferro e manganês refletem a natureza dos terrenos drenados pelos corpos d'água formadores das respectivas lagoas e no entorno dessas lagoas, a saber, Latossolos Vermelhos e Vermelhos Amarelos, bem desenvolvidos, originados do intemperismo de rochas pelíticas e carbonáticas.

À natureza desses terrenos, em parte, modificadores da composição das águas, associa-se a execução das análise em amostras não filtradas e acidificadas, o que acarreta a dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

Na Figura 8.12, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, no período monitorado.

O bário foi quantificado com frequência de 100%, considerando o limite de detecção que prevaleceu até dezembro de 2010, nas lagoas do Papudo e da Baiana. As concentrações máximas reportadas permaneceram abaixo da norma estabelecida, durante todo o período do monitoramento, apresentando-se maiores na lagoa do Papudo.

As concentrações máximas de bário observadas foram 0,30 mg/L, em agosto de 2009, na lagoa do Papudo e 0,14 mg/L na lagoa da Baiana, em outubro de 2008.

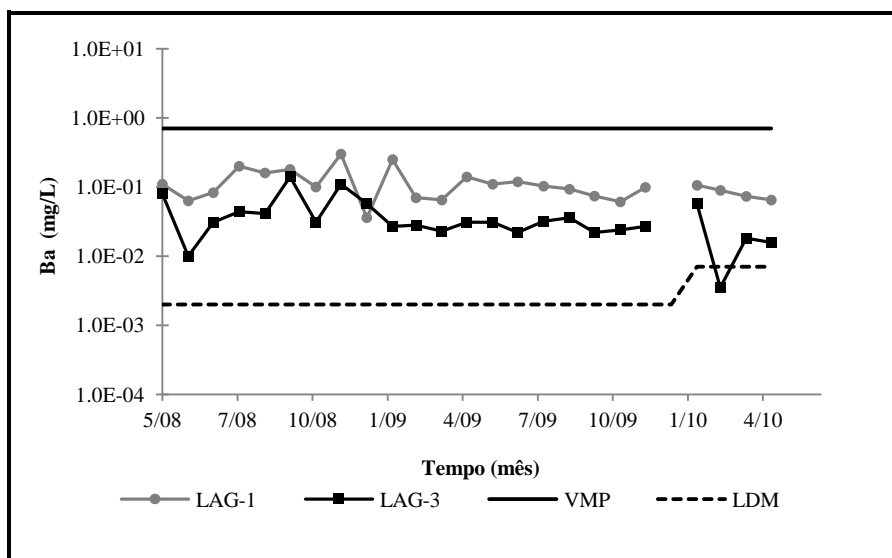


Figura 8.12 – Ocorrências de bário nas lagoas do Papudo e da Baiana

Do ponto de vista ambiental, em geral, as concentrações de bário se apresentaram menores que o valor máximo permitido para o metal, estabelecido para águas de classe dois, na resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357 de março de 2005, nos pontos de monitoramento dos córregos Forquilha e Marinheiro, conforme mostrado no diagrama na Figura 8.12.

Na Figura 8.13, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de cromo, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, no período monitorado.

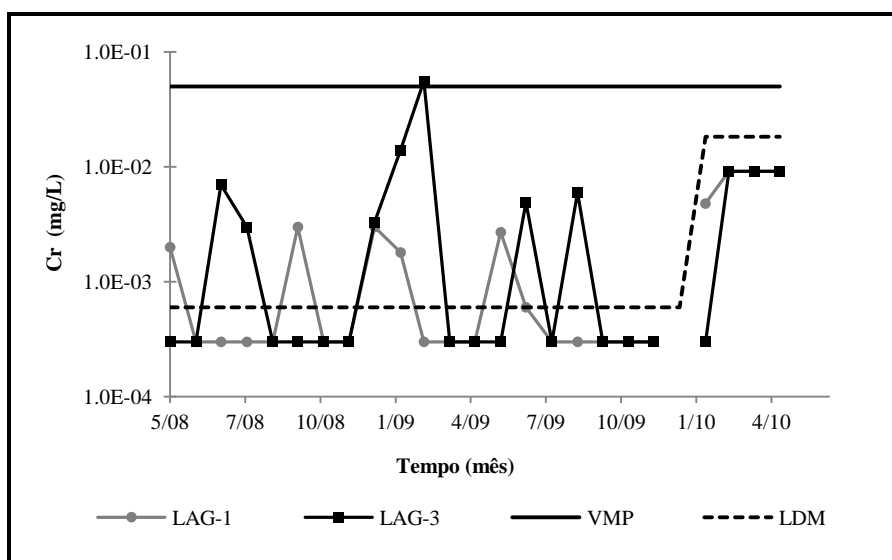


Figura 8.13 – Ocorrências de cromo nas lagoas do Papudo e da Baiana

O cromo foi quantificado com frequência de cerca de 30% na lagoa do Papudo e de 20% na lagoa da Baiana.

As concentrações máximas de cromo observadas foram 0,0048 mg/L, em fevereiro de 2010, na lagoa do Papudo e 0,056 mg/L na lagoa da Baiana em março de 2009.

Do ponto de vista ambiental foi verificada apenas uma quantificação acima do valor máximo permitido para o metal, em águas de classe dois conforme a resolução CONAMA No 357 de março de 2005, a saber, 0,056 mg/L no mês de março de 2009, no ponto de monitoramento na lagoa da Baiana.

Conforme mostrado no diagrama na Figura 8.13, a partir de dezembro de 2010 foi adotado um método analítico para o cromo, com limite de detecção mais elevado, o que certamente deverá reduzir a frequência de quantificação do metal, nas águas naturais.

### **Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco**

Nas lagoas do Papudo e da Baiana também foram quantificados os metais chumbo, cobre, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento.

Na Figura 8.14, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de chumbo e de cobre, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana, no período monitorado.

Conforme apresentado, nos hidrogramas da Figura 8.14 verifica-se que as frequências absolutas de quantificação do chumbo e do cobre, nos dois corpos d'água foram pequenas.

Em valores relativos, o chumbo foi quantificado com frequências de 38 e de 13% e o cobre foi quantificado com frequências de 29 e de 4%, nas lagoas do Papudo e da Baiana, respectivamente.

Do ponto de vista ambiental, 56 e 67% das quantificações de Pb, nas lagoas do Papudo e da Baiana, e 100% das quantificações de Cu se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos, de 0,01 e 0,009 mg/L, para esses dois metais em águas de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357 de 2005.

As concentrações máximas de chumbo e de cobre foram de 0,132 mg/L e de 0,21 mg/L, na lagoa do Papudo, e 0,075 mg/L e 0,08 mg/L na lagoa da Baiana, sendo que o cobre foi quantificado uma única vez nesse corpo d'água.

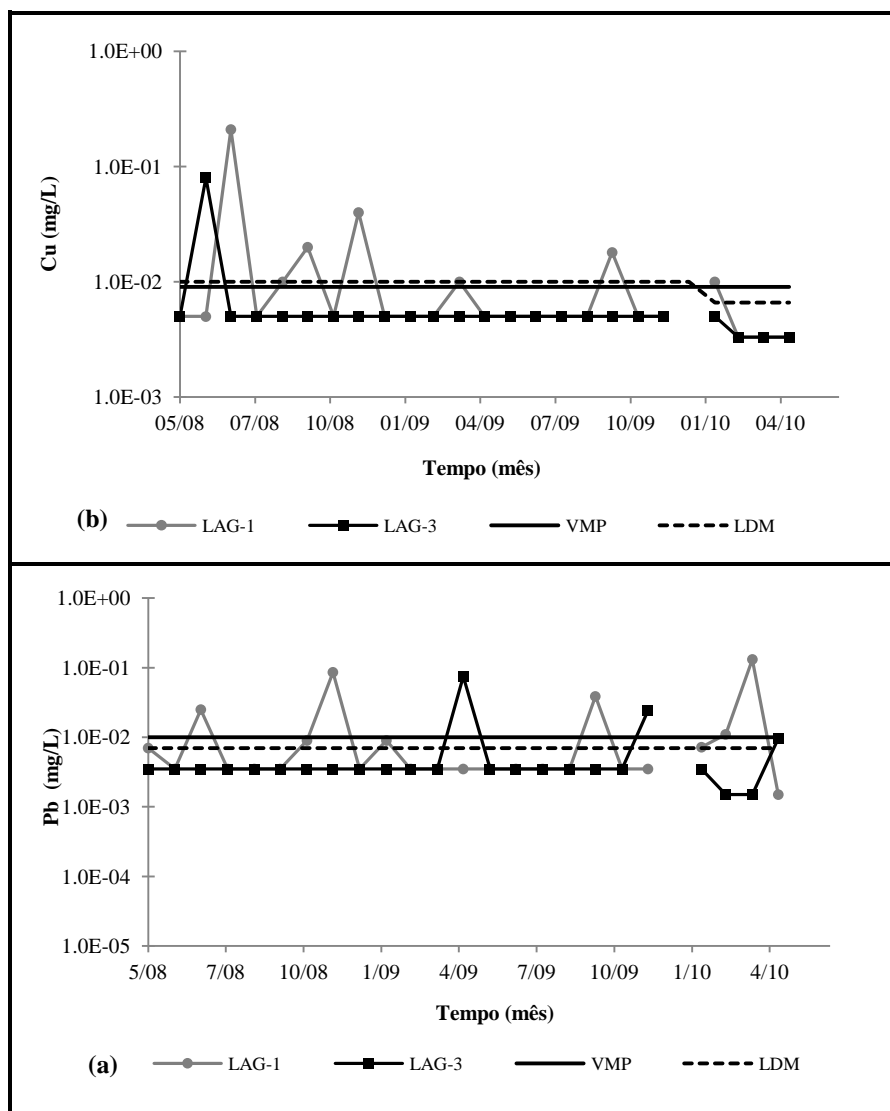


Figura 8.14 – Ocorrências de chumbo e de cobre nas lagoas do Papudo e da Baiana

Conforme mostrado nos diagramas na Figura 8.14, os limites de detecção para os metais chumbo e cobre são altos e muito próximos dos valores máximo permitidos, estabelecidos pela resolução CONAMA N° 357, para as concentrações desses metais em águas superficiais de classe dois, fato ao qual é atribuída à baixa frequência de quantificação desses metais.

Na Figura 8.15 estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de zinco e de cádmio, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana.

O zinco foi quantificado com frequência de 90 % na lagoa do Papudo e de 87 % na lagoa da Baiana. As maiores concentrações de zinco foram 0,69 mg/L, verificada na lagoa do Papudo, em fevereiro de 2010 e 0,52 mg/L verificada na lagoa da Baiana, em dezembro de 2009.

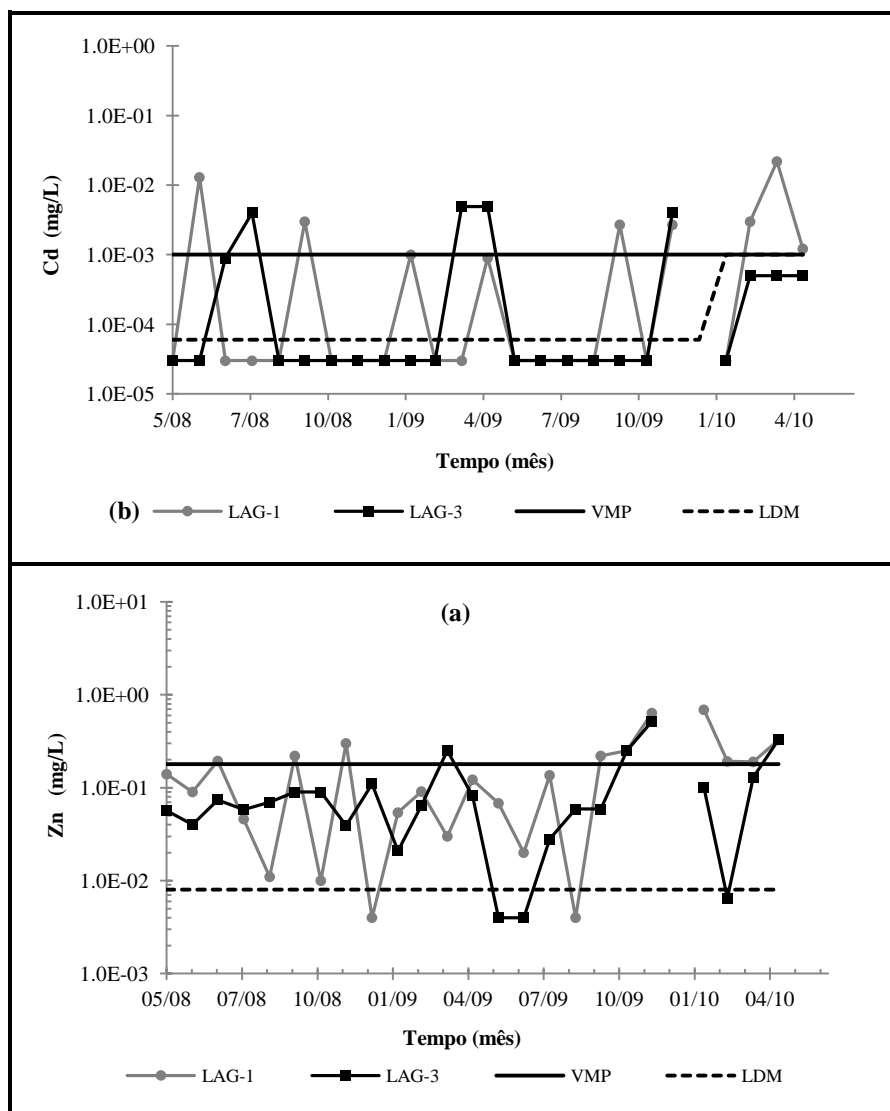


Figura 8.15 – Ocorrências de cromo e de cádmio nas lagoas do Papudo e da Baiana

O cádmio foi quantificado com frequência de 38% na lagoa do Papudo e de 21 % na lagoa da Baiana. As maiores concentrações de cádmio foram 0,022 mg/L, verificada na lagoa do Papudo, em abril de 2010 e 0,0049 mg/L verificada na lagoa da Baiana, em abril e maio de 2009.

Do ponto de vista ambiental, 45% e 19% das quantificações de zinco, nas lagoas do Papudo e da Baiana e 80% das quantificações de Cd se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos, de 0,18 e 0,001 mg/L, para as concentrações desses dois metais, em águas de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005.

As concentrações verificadas de bário, chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco reportadas nos hidrogramas das Figuras 8.12 a 8.15, não caracterizaram anomalias geoquímica para esses



metais, nos corpos d'água a montante das lagoas do Papudo e da Baiana e nos terrenos no entorno das respectivas lagoas.

Na Tabela 8.13, estão apresentadas as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana.

Tabelas 8.13 – Constituintes secundários e traços nas lagoas do Papudo e da Baiana

Lagoa	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Papudo (LAG-1)	Média	181	836	158	110	36.1	51.3	2.56	5.50	205
	Mínimo	8.60	500	35.0	36.0	7.00	10.0	0.600	0.900	10.0
	Máximo	590	2670	490	300	132	210	4.80	22.0	690
Baiana (LAG-3)	Média	180	372	56.0	38.4	42.3	-	15.2	3.68	112
	Mínimo	26.0	200	30.0	15.8	9.60	-	3.00	0.90	21.0
	Máximo	570	900	90.0	140	75.0	-	56.0	4.90	330

Do ponto de vista ambiental, considerando as concentrações médias reportadas na Tabela 8.13 e os valores máximos permitidos (VMP), de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, estão sumarizadas na Tabela 8.14, as concentrações dos constituintes secundários e traços, que se apresentaram maiores que o VMP.

Tabela 8.14 – Constituintes secundários e traços acima dos valores máximos permitidos

Lagoa	Concentração	Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Papudo (LAG-1)	mínima									
	média									
	máxima									
Baiana (LAG-3)	mínima									
	média									
	máxima									

 Concentração acima do valor máximo permitido.

Com exceção do alumínio e do ferro, a frequência absoluta de ocorrências dos constituintes secundários e traços, com concentrações acima dos valores máximos permitidos, monitorados nas lagoas do Papudo e da Baiana foi pequena.

As concentrações mínimas, médias e máximas reportadas na Tabela 8.13, se apresentaram mais elevadas, que as concentrações dos constituintes secundários e traços, descritas na literatura, e sumarizadas na Tabela 8.3. Entretanto, o fato das determinações terem sido realizadas em amostras não filtradas e acidificadas, em parte, contribuiu para que as concentrações desses constituintes se apresentassem aumentadas.

Também, deve ser considerado que tanto o intemperismo, como a lixiviação mais intensos, do meio geológico, em regiões de clima tropical acarretam maiores concentrações nas águas naturais, que percolam esse meio.

Para as lagoas do Papudo e da Baiana, foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes secundários e traços, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.13

- lagoa do Papudo (LAG-1) — Fe > Zn > Al > Mn > Ba > Cu > Pb > Cd > Cr; e,
- lagoa da Baiana (LAG-3)— Fe > Al > Zn > Mn > Pb > Ba > Cr > Cd .

### **Lagoas da Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde**

#### **Pontos de monitoramento LAG-2, LAG-4, LAG-5 e LAG-6**

As lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde foram formadas com a construção de barragens em dolinamentos pré-existentes, na área do CNPMS, nos quais já havia afloramentos de águas subterrâneas.

As lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água estão implantadas em área de culturas intensivas, no CNPMS, e são usadas para irrigação. A lagoa Poço Verde foi implantada em uma área de várzea, do córrego Matadouro, sistematizada para experimentos com cultivo de arroz e de trigo, de 1960 a 1973. No período do monitoramento, as lagoas Olhos d'Água e Poço Verde encontravam-se eutrofizadas e intensamente colonizadas por plantas flutuantes e macrófitas aquáticas (ver Anexo F, Figuras F53 e F56).

A lagoa Capivara se formou pela coalescência de dolinas pré-existentes, que já interceptavam o nível freático. Trata-se da lagoa com o maior espelho d'água na área do CNPMS, tendo sido redesenhada com a construção de uma península artificial, atualmente florestada, para fins de composição da paisagem da sede do CNPMS (ver Anexo F, Figuras F50 e F51).

No Anexo F, nas Figuras F47, F50, F52 e F54, estão apresentadas fotografias dos locais dos pontos de monitoramento LAG-2, LAG-4, LAG-5 e LAG-6.

Na imagem mostrada na Figura 8.16 estão apontadas as lagoas da Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde e a localização dos respectivos pontos de monitoramento nesses corpos d'água.



Figura 8.16 – Locais das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde e dos respectivos pontos de monitoramento

Fonte: Google Earth, 2011.

A variabilidade temporal do parâmetro pH nas águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.17.

Conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.17, verifica-se que as águas dessas lagoas se apresentaram, com valores de pH, em geral, variando entre 7 e 8,0.

As águas da lagoa Capivara, no ponto de monitoramento LAG-4, apresentaram os menores valores de pH, em geral, entre 7,0 e 7,5. As águas das lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde apresentaram, nos pontos de monitoramento, valores de pH, em geral, maiores que os valores verificados na lagoa Capivara (LAG-4).

Nas lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde as águas se apresentaram mais alcalinas, de acordo com os valores de pH reportados nos respectivos hidrogramas, com o pH variando entre 7,2 e 8,2.

Segundo o diagramas, na Figura 8.17, observa-se que os hidrogramas do parâmetro pH para as águas das lagoas Capivara e Olhos d'Água apresentaram um aspecto decrescente, no período monitorado, enquanto que os hidrogramas do parâmetro pH, nas lagoas Subida da Estação e Poço Verde apresentaram um aspecto crescente.

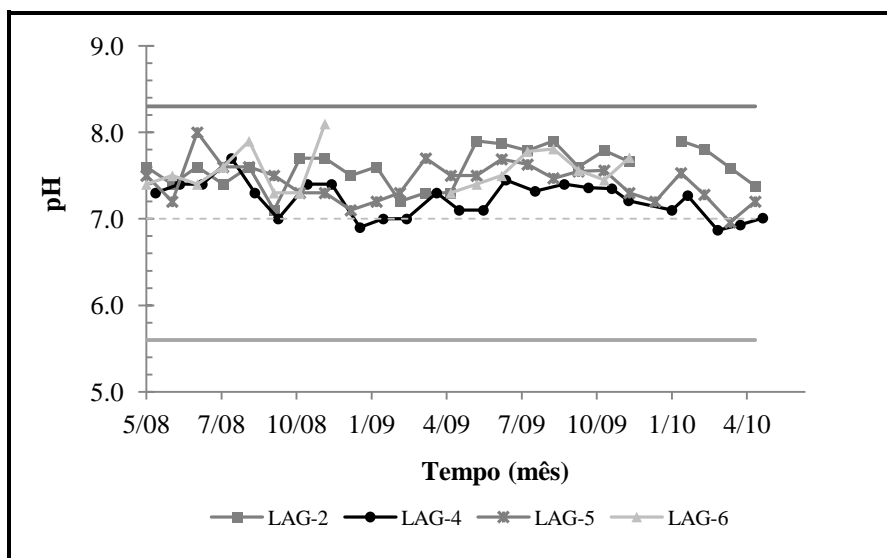


Figura 8.17 – Variabilidade do pH nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

Do ponto de vista ambiental, os valores de pH reportados nos hidrogramas, na Figura 8.17, não denotaram águas impactadas nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, nos pontos de monitoramento LAG-1, LAG-4, LAG-5 e LAG-6 e, se apresentaram no intervalo de pH estabelecido para águas de classe dois, conforme a resolução CONAMA No 357, de março de 2005, a saber entre 6,0 e 9,0.

A variabilidade temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, nos pontos de monitoramento LAG-1, LAG-4, LAG-5 e LAG-6, está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.18.

Na Figura 8.18 (a), no hidrograma do parâmetro CE, na lagoa Capivara, pode ser observado que as condutividades elétricas se apresentaram, em geral, variando em torno de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em média, não considerando os máximos verificados em abril e setembro de 2009, que indicam uma inconsistência nessas duas medidas, em relação aos demais valores da série.

Sem considerar os máximos ocorridos nas condutividades elétricas verificadas nas surgências, os valores reportados no hidrograma na Figura 8.18 (a), para a lagoa Capivara (LAG-4), em média, se apresentaram cerca de 25 e de 17  $\mu\text{S}/\text{cm}$  maiores que os valores das condutividades verificadas nas surgências da Mata da Usina (SURG-1) e Subida da Estação (SURG-2), respectivamente. E cerca de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em média, maiores que os valores verificados na surgência do NIA (SURG-3).

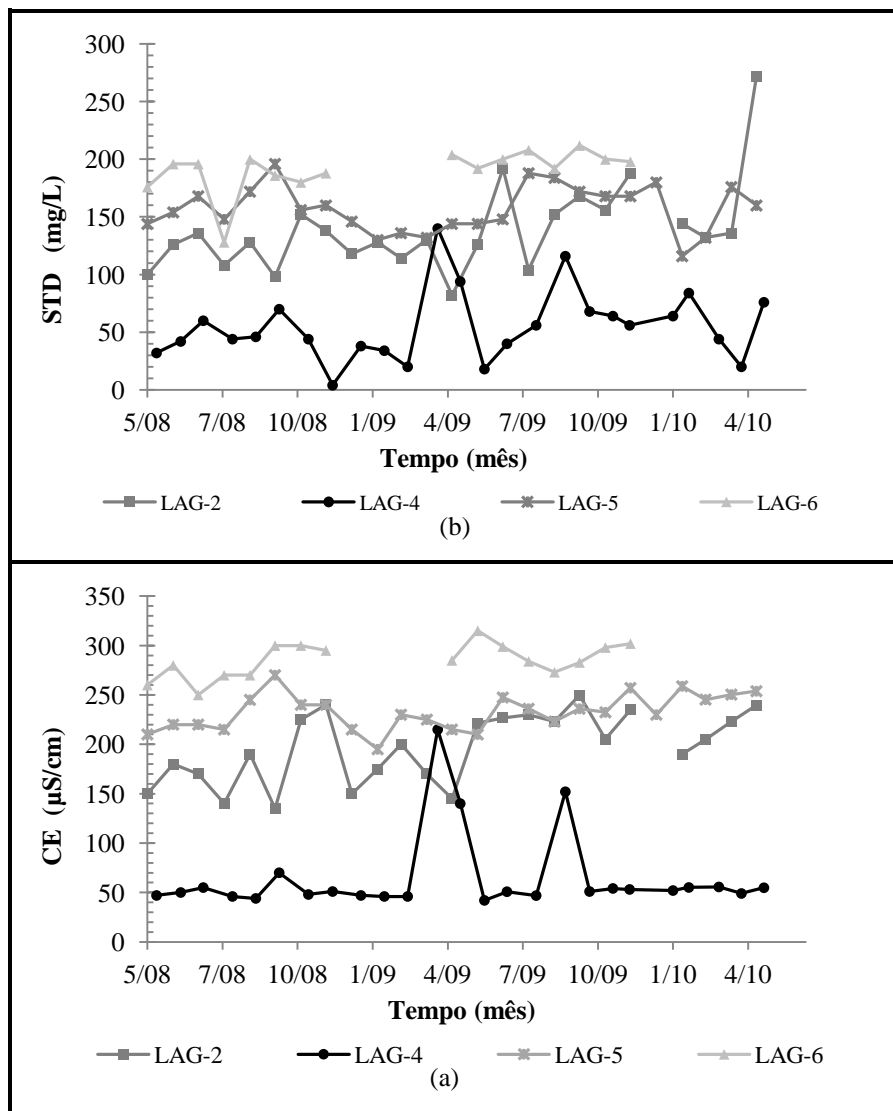


Figura 8.18 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

De modo geral, as baixas condutividades elétricas verificadas na lagoa Capivara, denotam águas de circulação rápida e com pequeno tempo de residência no subsolo. As condutividades verificadas nesta lagoa se apresentaram próximas das condutividades verificadas nas surgências, e dentro da mesma ordem de grandeza, o que indica águas semelhantes, em origem.

As águas das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água apresentaram valores de condutividades elétricas, em geral variando de 150 a 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , semelhantes às condutividades elétricas verificadas nos córregos Forquilha e Marinheiro. Enquanto que as águas da lagoa Poço Verde se apresentaram mais condutivas, com valores de condutividade elétrica maiores que 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  da ordem dos valores verificados nas águas dos poços tubulares.

As águas da lagoa Subida da Estação apresentaram maior amplitude de variação da condutividade elétrica, denotando águas mais sujeitas a impactos originados na sua área de captação. Essa flutuação mais acentuada dos valores da condutividade deve-se ao aporte de material iônico, solúvel, da mata a montante da lagoa e das áreas de cultivo adjacentes.

As águas da lagoa Poço Verde apresentaram as maiores condutividades elétricas, denotando águas salinizadas. Essa lagoa está situada em várzea, em local de menores cotas na área do CNPMS, portanto sujeita a receber materiais iônicos solubilizados e nutrientes, por águas de escoamento superficial, de todo o entorno, o que é corroborado pela intensa eutrofização desta lagoa (ver Figura F55).

Os hidrogramas do parâmetro CE para as águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde apresentaram tendência crescente, indicando o enriquecimento de suas águas em espécies iônicas dissolvidas.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos, nas águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e da Baiana, refletem o comportamento da condutividade elétrica. As águas da lagoa Capivara apresentaram as menores concentrações de sólidos totais dissolvidos, portanto denotando águas mais pobres em substâncias solúveis, inclusive as iônicas, enquanto as águas da lagoa Poço Verde apresentaram as maiores concentrações de STD, caracterizando águas mais ricas em substâncias dissolvidas.

As razões médias STD/CE verificadas para as águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde foram respectivamente, 0,70, 0,95, 0,67 e 0,68, que refletem os valores medidos dos parâmetros STD e CE, nas suas águas.

Na Tabela 8.15 estão sumarizadas as estatísticas média, desvio padrão, mínimo, máximo, e amplitude para os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde.

Em relação aos valores médios dos parâmetros pH, CE e STD, reportados na Tabela 8.15, as águas dessas lagoas denotam influência do seu meio de percolação, a saber: as águas das lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água, Poço Verde se apresentaram sob a influência das rochas carbonáticas da Formação Lagoa Santa; e as águas da lagoa Capivara se apresentaram sob a influência dos Latossolos e metapelitos da Formação Serra de Santa Helena.

Tabela 8.15 – Estatísticas dos parâmetros pH, CE e STD nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

Lagoa	Ponto	Estatísticas	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/L)
Subida da Estação	LAG-2	Média	7.60	196	137
		Desvio padrão	0.25	34.2	28.4
		Mínimo	7.10	135	82.0
		Máximo	7.90	250	192
		Amplitude	0.80	115	110
Capivara	LAG-4	Média	7.15	69.0	62.0
		Desvio padrão	0.18	40.9	31.9
		Mínimo	6.90	42.0	18.0
		Máximo	7.40	152	116
		Amplitude	0.50	110	98.0
Olhos d'Água	LAG-5	Média	7.46	233	155
		Desvio padrão	0.24	20.0	22.2
		Mínimo	7.10	195	116
		Máximo	8.00	270	196
		Amplitude	0.90	75.0	80.0
Poço Verde	LAG-6	Média	7.54	287	196
		Desvio padrão	0.26	17.5	8.62
		Mínimo	7.30	250	180
		Máximo	8.10	315	212
		Amplitude	0.80	65.0	32.0

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.15:

- lagoa Subida da Estação (LAG-2) — pH ( $7,3 \pm 0,3$ ), condutividade elétrica ( $196 \pm 34$ ) µS/cm e, sólidos totais dissolvidos ( $137 \pm 28$ ) mg/L;
- lagoa Capivara (LAG-4) — pH ( $7,2 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $69 \pm 41$ ) µS/cm e, sólidos totais dissolvidos ( $62 \pm 32$ ) mg/L;
- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) — pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $233 \pm 20$ ) µS/cm e, sólidos totais dissolvidos ( $155 \pm 22$ ) mg/L; e,
- lagoa Poço Verde (LAG-6) — pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $287 \pm 18$ ) µS/cm e, sólidos totais dissolvidos ( $196 \pm 9$ ) mg/L.

A variabilidade estatística dos valores médios do pH, nas águas monitoradas nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 5% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

As variabilidades do parâmetro condutividade elétrica, CE, resultaram 17%, 59%, 9% e 6% nas águas da lagoa Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, respectivamente. A variabilidade apresentada pelas condutividades elétricas médias,

verificadas nas águas das lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde, se mostraram compatíveis com medições de natureza experimental.

As variabilidades dos sólidos totais dissolvidos resultaram 20 %, 14 % e 5% nas águas da lagoa Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde compatíveis com medições de natureza experimental.

Nas águas da lagoa Capivara, as variabilidades dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram, em média, 59 % e 52%, respectivamente. Valores considerados elevados para determinações de natureza experimental, o que indica problemas na amostragem, em função do local escolhido, ou de ordem laboratorial.

### **Constituintes iônicos principais**

Conforme a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.16, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

De acordo com os valores reportados na Tabela 8.16, as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram maiores nas águas das lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde. Se destacando a lagoa Poço Verde que se apresentou, ainda, mais rica em cálcio e bicarbonato. As concentrações de cálcio e bicarbonato nessas lagoas indicam águas sob a influência do aquífero cárstico-carbonático.

Na lagoa Capivara foram verificadas concentrações médias de cálcio e de bicarbonato cerca de um terço das concentrações médias indicando águas de origem diferente das demais lagoas.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.16, pode ser verificado que as concentrações médias dos íons cálcio e bicarbonato, em miliequivalentes por litro, se apresentaram estequiometricamente equivalentes, aproximadamente. A menor diferença ocorreu nas águas da lagoa Poço Verde, onde a concentração de bicarbonato se apresentou cerca de 2 % maior que a concentração de cálcio. Nas lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'Água as diferenças foram cerca de 11%.



Tabela 8.16 – Cátions e ânions principais nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

Lagoa	Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Subida da Estação	LAG-2	Média	1.98	0.278	0.017	0.088	2.19	0.102	0.080	0.059
		Desvio padrão	0.357	0.047	0.006	0.058	0.403	0.042	0.118	0.045
		Mínimo	1.38	0.204	0.008	0.049	1.50	0.062	0.016	0.019
		Máximo	2.81	0.364	0.033	0.270	2.81	0.212	0.443	0.123
		Amplitude	1.43	0.160	0.025	0.221	1.31	0.149	0.427	0.104
Capivara	LAG-4	Média	0.683	0.050	0.042	0.058	0.760	0.072	0.021	0.054
		Desvio padrão	0.551	0.016	0.064	0.016	0.539	0.017	0.007	0.060
		Mínimo	0.359	0.016	0.012	0.043	0.434	0.056	0.014	0.004
		Máximo	1.82	0.072	0.222	0.074	1.92	0.099	0.032	0.142
		Amplitude	1.46	0.055	0.210	0.031	1.48	0.042	0.018	0.137
Olhos d'Água	LAG-5	Média	2.29	0.270	0.030	0.064	2.54	0.116	0.077	0.078
		Desvio padrão	0.272	0.035	0.058	0.015	0.254	0.075	0.091	0.046
		Mínimo	1.72	0.201	0.008	0.050	1.99	0.068	0.016	0.002
		Máximo	2.68	0.315	0.245	0.091	2.75	0.282	0.289	0.115
		Amplitude	0.961	0.114	0.237	0.042	0.766	0.214	0.273	0.112
Poço Verde	LAG-6	Média	3.17	0.132	0.017	0.077	3.24	0.111	0.105	0.147
		Desvio padrão	0.359	0.027	0.010	0.015	0.254	0.036	0.110	0.087
		Mínimo	2.59	0.066	0.005	0.047	2.84	0.056	0.014	0.042
		Máximo	3.89	0.170	0.041	0.104	3.84	0.189	0.360	0.279
		Amplitude	1.30	0.104	0.036	0.057	1.00	0.133	0.346	0.237

Os resultados reportados na Tabela 8.16 mostram que as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram dominantes nas quatro lagoas, indicando águas de fácies hidroquímica cálcicas-bicarbonatadas.

Está apresentado na Figura 8.19 o diagrama de Piper, considerando o terno catiônico Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e o terno aniônico HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e Cl<sup>-</sup>, nas lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'Água e Poço Verde.

De acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.19, que o padrão hidroquímico apresentado pelas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no diagrama de Piper, caracteriza águas de fácies hidroquímica cálcicas-bicarbonatadas.

De acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.19, as águas da lagoa Capivara apresentaram menores concentrações de cálcio e de bicarbonato, porém mantendo o mesmo padrão hidroquímico.

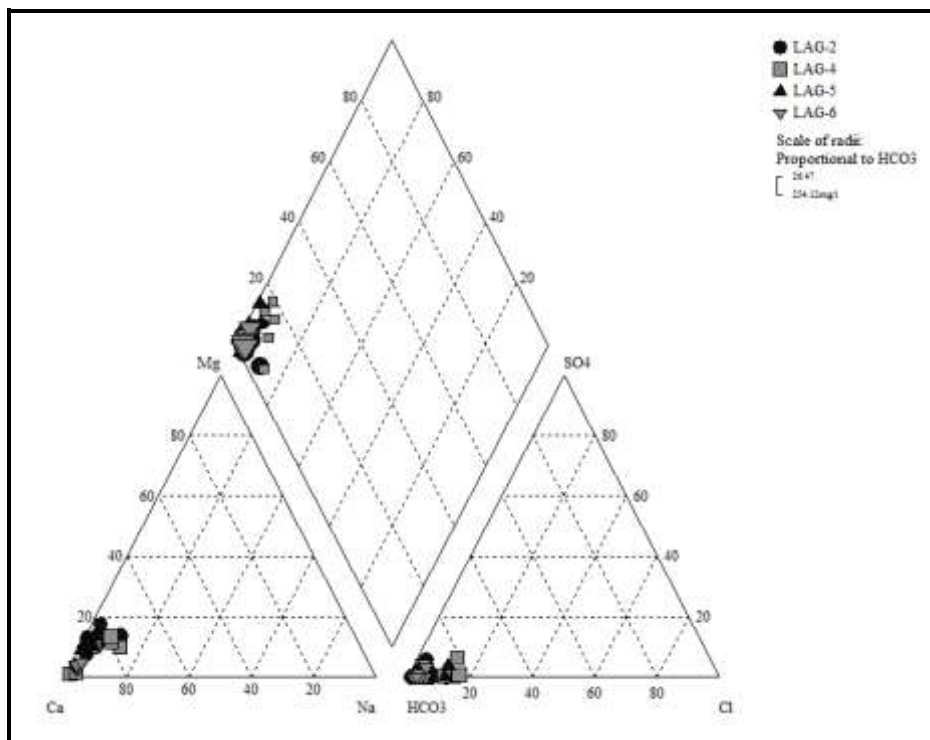


Figura 8.19 – Diagrama de Piper — águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

As ocorrências dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde estão sumarizadas nos diagramas ternários apresentados na Figura 8.20 (a) e (b).

De acordo com o diagrama (a), na Figura 8.20, as lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde apresentaram teores de magnésio e de sódio, em geral, maiores que na lagoa Capivara. O magnésio ocorreu com teores acima de 70 % nas lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde.

As águas da lagoa Capivara se apresentaram com mais potássio e mais pobres em sódio e magnésio.

Conforme apresentado no diagrama (b), na Figura 8.20, os teores de cloreto predominaram sobre o nitrato e o sulfato nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde. A dispersão apresentada por algumas amostras foram atribuídas a eventuais concentrações mais elevadas de sulfato.

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.20 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente nas águas das respectivas lagoas, a saber, cálcicas-bicarbonatadas.

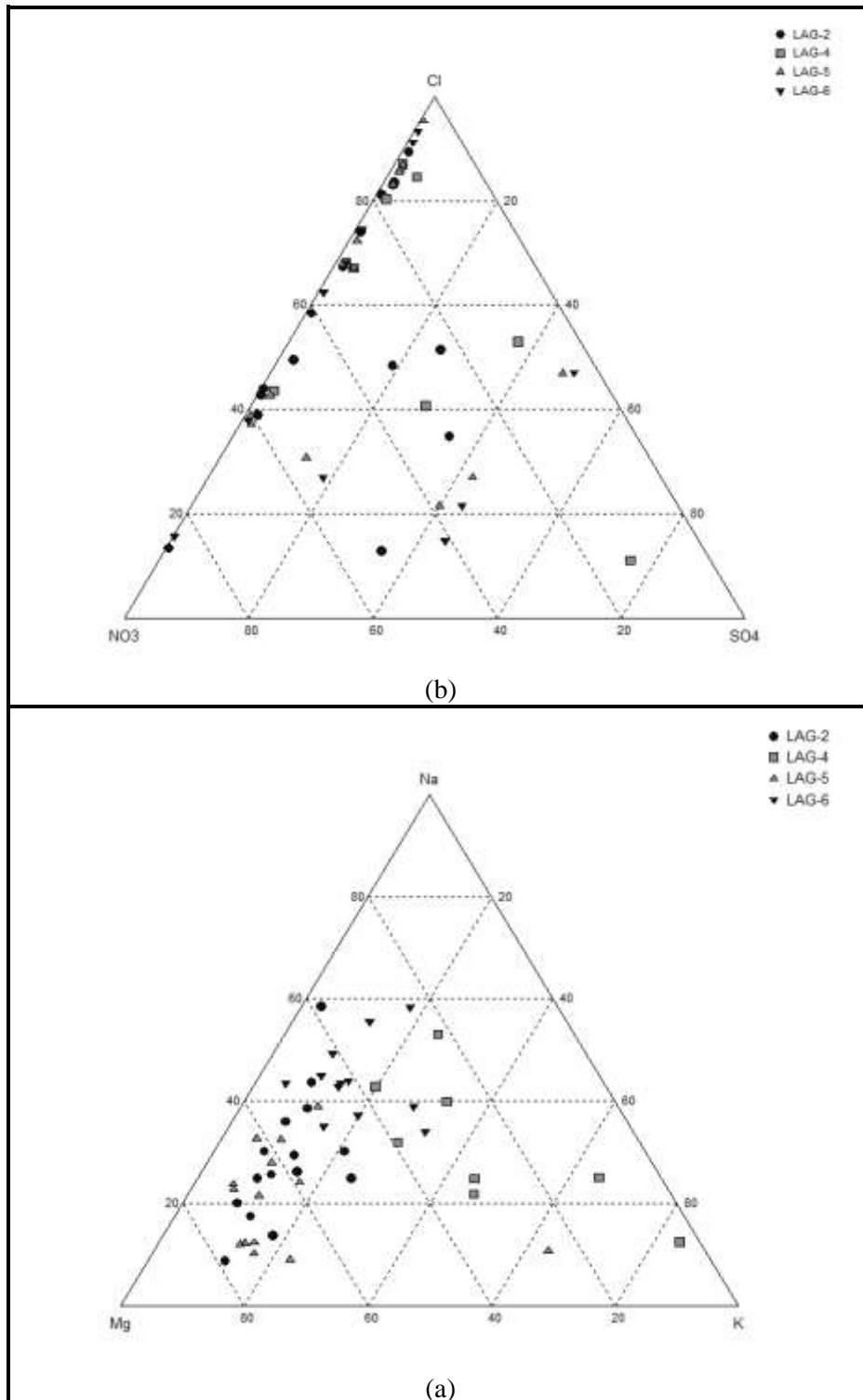


Figura 8.20 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

Para as lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.36:

- lagoa Subida da Estação (LAG-2) — Ca > Mg > Na > K; e, HCO<sub>3</sub> > Cl > NO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub>;

- lagoa Capivara (LAG-4) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3$  ;
- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3$ ; e,
- lagoa Poço Verde (LAG-6) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3$ .

### Constituintes secundários e traços

#### Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo

Nas águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde foram monitorados e quantificados os seguintes constituintes secundários e traços: alumínio, ferro, manganês, bário, chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco.

As ocorrências desses constituintes estão apresentadas nos hidrogramas, a seguir, nos quais foram traçados duas linhas para as seguintes referências: o valor máximo permitido do constituinte, em águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005, marcado pela linha cheia; e, o valor do limite de detecção do método de análise utilizado na determinação do constituinte, marcado pela linha tracejada.

Na Figura 8.21, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de alumínio, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

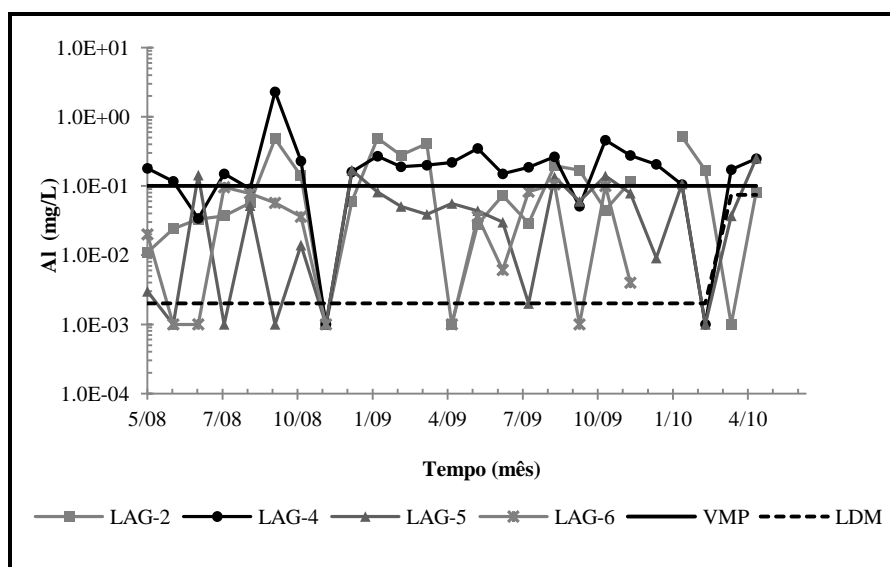


Figura 8.21 – Ocorrências de alumínio nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado nas lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'água com as freqüências de 88%, 92% e 80%, respectivamente. Na lagoa Poço Verde as freqüências de quantificação do metal foi de 68%.

Como pode ser observado no hidrogramas da Figura 8.21, ocorreram concentrações de alumínio maiores que a norma estabelecida nas lagoas Subida da Estação, Capivara, e Olhos d'Água, com freqüências de 48% , 87% e 30 %, respectivamente. Na lagoa Poço verde as ocorrências de alumínio acima da norma estabelecida foram apenas 9 %.

As maiores concentrações de alumínio ocorreram na lagoa Capivara, sendo que a concentração máxima verificada foi de 2,30 mg/L, em outubro de 2008. Fato atribuído à alimentação da lagoa por águas de circulação mais rasa, que percolam através dos Latossolos Vermelhos e Vermelhos Amarelos no entorno da lagoa. De modo geral, as concentrações do metal situaram-se em torno de 0,23 mg/L nesta lagoa.

Na Figura 8.22, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

O ferro foi quantificado com freqüência de 100% nas lagoas Subida da Estação e Poço Verde, e com freqüências de 88% e 965 nas lagoas Capivara e Olhos d'Água, respectivamente.

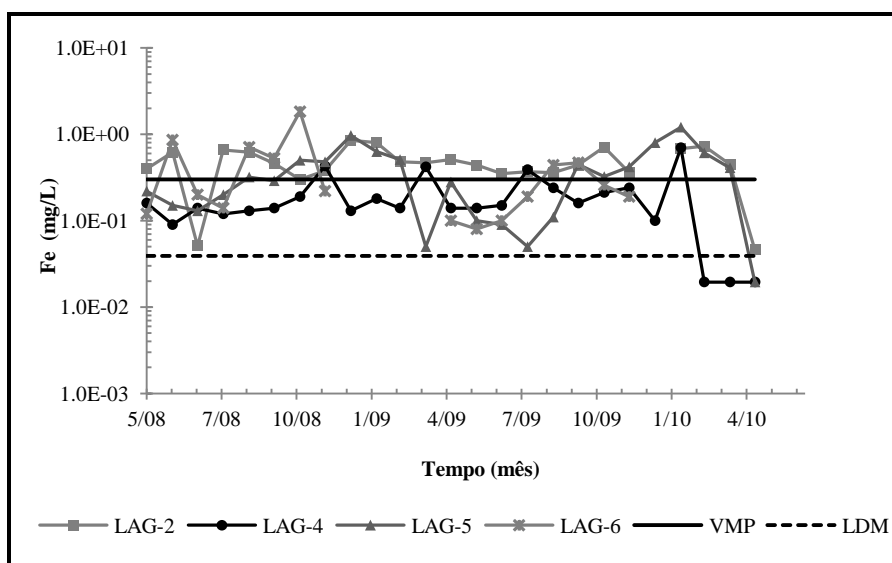


Figura 8.22 – Ocorrências de ferro nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde

Ocorrências acima da norma estabelecida, de 0,3 mg/L, foram mais frequentes nas lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, com freqüência maior que 50%. Nas lagoas Capivara e Poço Verde as ocorrências de ferro acima da norma foram 18 % e 38 %, respectivamente.

As concentrações máximas observadas foram de 1,83 mg/L, na lagoa Poço Verde em outubro de 2008, de 1,21 mg/L na lagoa Olhos d'Água em janeiro de 2010 e de 0,80 mg/L na lagoa Capivara, também em janeiro de 2010.

Na Figura 8.23, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de manganês, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

O manganês foi quantificado com frequência de 92 % na lagoa Subida da Estação, apresentando 41 % de ocorrências acima da norma estabelecida, de 0,1 mg/L, para este metal em águas de classe dois.

Nas lagoas Olhos d'Água e Poço Verde as quantificações de manganês ocorreram com frequências de 48 % e 44%, respectivamente, e na lagoa Capivara a frequência de quantificação foi de 28%. Nessas três lagoas foi verificado apenas uma quantificação acima da norma estabelecida, que ocorreu na lagoa Olhos d'Água.

A concentração máxima verificada foi de 0,23 mg/L, na lagoa Subida da Estação, em setembro de 2008.

Nas lagoas Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde o manganês não se apresentou em concentrações maiores que a norma estabelecida, conforme pode ser observado nos hidrogramas, na Figura 8.23.

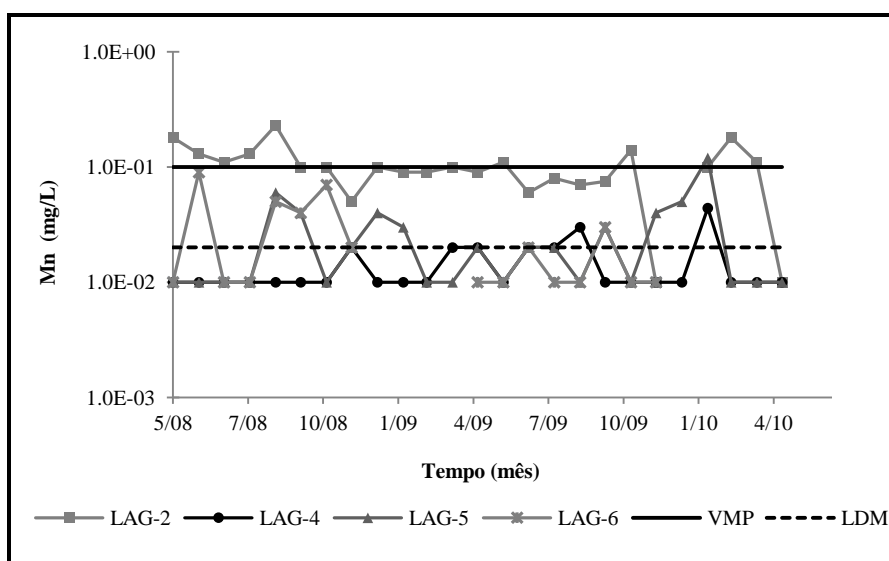


Figura 8.23 – Ocorrências de manganês nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês, reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.21, 8.22 e 8.23, estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.24.

De acordo com os resultados sumarizados no diagrama ternário da Figura 8.24 as águas das lagoas Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde se apresentaram mais ricas em ferro

que alumínio, que ocorreu em teor maior na lagoa Capivara. As quatro lagoas se apresentaram pobres em manganês, com teores , em geral, menores que 20%.

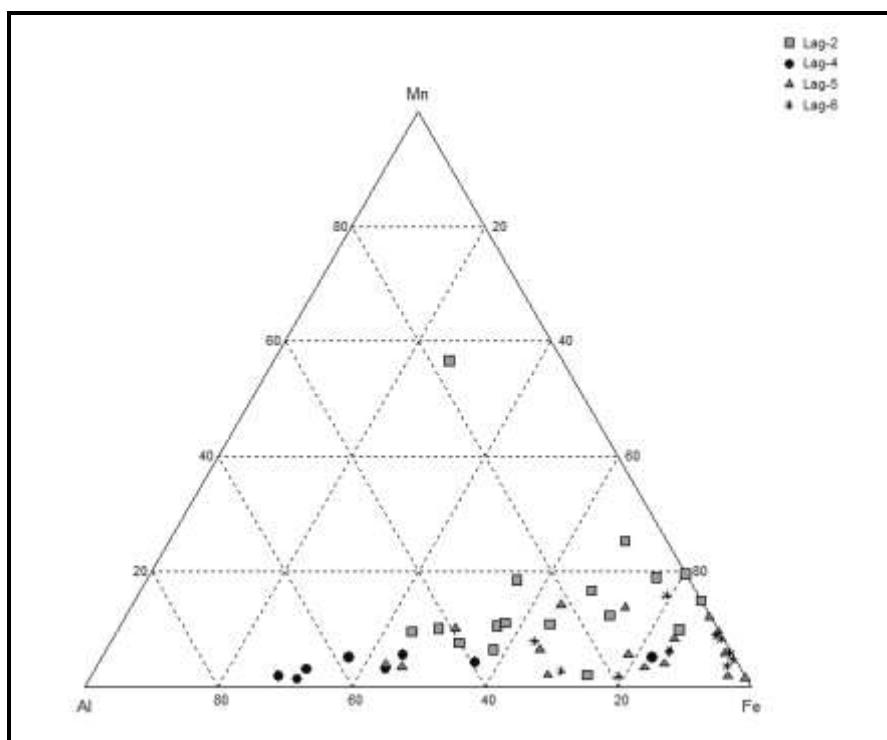


Figura 8.24 – Teores de alumínio, ferro e manganês nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d’água e Poço Verde

Na lagoa Capivara (LAG-4) a ocorrência de alumínio é mais forte e com suas águas apresentando-se mais pobres em ferro e manganês que nas lagoas Subida da Estação, Olhos d’água e Poço Verde.

Os teores de manganês nessas lagoas, em geral, foram pequenos, no entanto os teores de manganês se apresentaram maiores na lagoa Subida da Estação (LAG-2), porém os valores reportados não caracterizam uma anomalia geoquímica.

A ocorrência dos metais alumínio, ferro e manganês nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d’água e Poço Verde é devida a percolação das águas subterrâneas rasas através dos Latossolos que ocorrem na área de captação dessas lagoas. Também, em razão do transporte de material terrígeno para esses corpos d’água, pelo escoamento superficial, no período de chuvas, ou por transporte eólico, em época de seca, se apresentando nas águas como parte dos sólidos em suspensão.

O ácido nítrico utilizado na preservação das amostras coletadas promoveu a dissolução do material particulado, originando teores mais elevados desses metais.

As ocorrências mais fracas dos metais alumínio e manganês nas lagoas Olhos d'Água e Poço Verde é atribuída à ação da matéria orgânica na remoção desses metais, por adsorção de argilo minerais, de óxidos de ferro e de manganês, ou mesmo dos metais dissolvidos, na forte massa vegetal presente nessas lagoas, que se encontravam fortemente eutrofizadas (ver Figuras F53 e F56, no Anexo F).

Na Figura 8.25, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

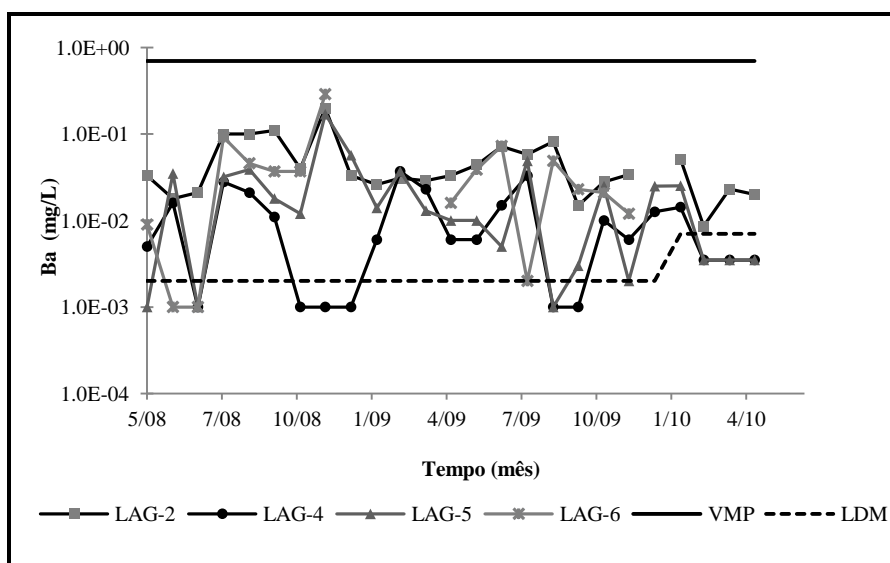


Figura 8.25 – Ocorrências de bário nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

O bário foi quantificado com frequência de 100 % na lagoa Subida da Estação, com frequência cerca de 65%, nas lagoas Capivara e Olhos d'Água nas demais lagoas e com frequência cerca de 80%, na lagoa Poço Verde.

As maiores concentrações de bário foram 0,170 mg/L verificada na lagoa Olhos d'Água e 0,290mg/L, verificada na lagoa Poço Verde, ambas em dezembro de 2008.

Conforme pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.25, não foram verificadas ocorrências acima do valor máximo permitido, de 0,7 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

A maior frequência de quantificação do bário, na lagoa Subida da Estação, se relaciona ao fato desta lagoa estar em uma área de descarga de águas subterrâneas, conforme o modelo de fluxo proposto por Machado (2011), o que é corroborado pelo poço tubular surgente localizado a cerca de 50 m do ponto de monitoramento LAG-2.



Na Figura 8.26, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de cromo, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

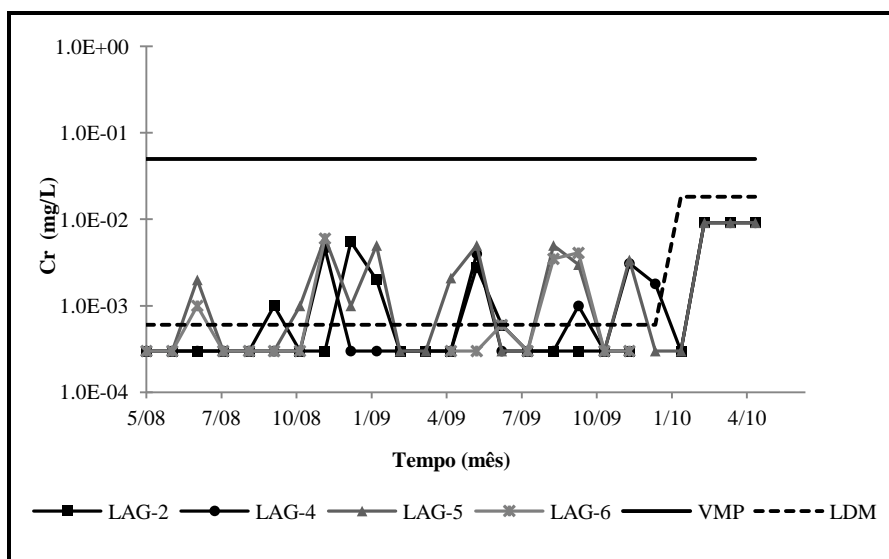


Figura 8.26 – Ocorrências de cromo nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

O cromo foi quantificado nas lagoas Subida da Estação, Capivara com frequência de 20%, com frequência de 25 % na lagoa Poço Verde e com frequência de 44% na lagoa Olhos d'Água.

A maior concentração de cromo, nas águas dessas lagoas, foi 0,006 mg/L, verificada na lagoa Subida da Estação, em janeiro de 2009 e nas lagoas Olhos d'Água e Poço Verde, em dezembro de 2008.

Conforme pode ser observado no diagrama na Figura 8.25, não foram verificadas concentrações acima do valor máximo permitido, de 0,05 mg/L, para o cromo em águas de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março 2005.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde foram quantificados os metais bário, chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento. Os hidrogramas para as ocorrências desses metais são apresentados a seguir.

Nos diagramas mostrados na Figura 8.27 estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de chumbo e de cobre, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

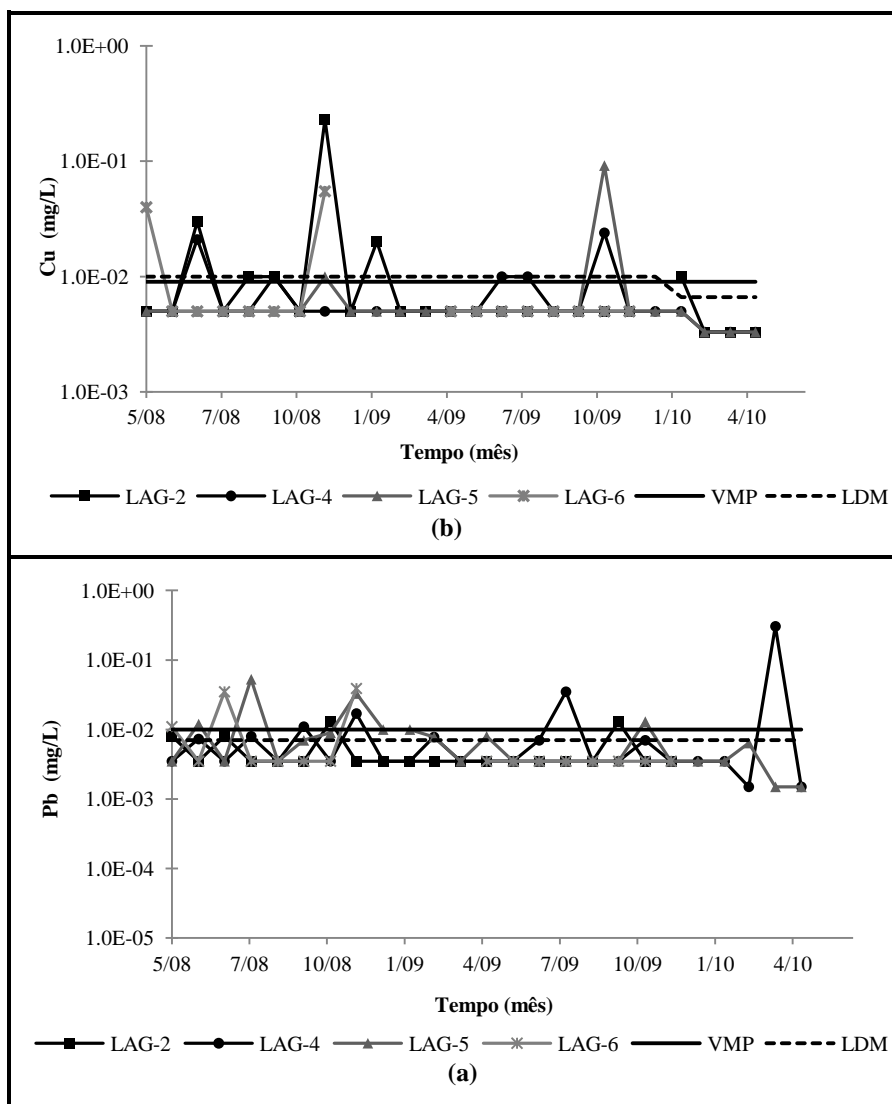


Figura 8.27 – Ocorrências de chumbo e de cobre nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde

As freqüências absolutas de quantificações de chumbo e de cobre nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde foram pequenas. As freqüências relativas de quantificações do chumbo foram 25% na lagoa Subida da Estação, 36% na lagoa Capivara, 44% na lagoa Olhos d'Água e 19% na lagoa Poço Verde. O cobre foi quantificado com freqüências menores que 25 % nas águas dessas lagoas.

Nas águas dessas lagoas, as maiores concentrações de chumbo, foram 0,306 mg/L, verificada na lagoa Capivara, em abril de 2010 e 0,053 mg/L, verificada na lagoa Olhos d'Água, em agosto de 2008 e as maiores concentrações de cobre foram 0,230 mg/L verificada na lagoa Subida da Estação, em dezembro de 2008 e 0,092 mg/L verificada na lagoa Olhos d'Água em novembro de 2009.

Conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.27, verifica-se que nos meses em que o chumbo e o cobre foram quantificados, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde, suas concentrações se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos, para esses metais, em águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março 2005.

As pequenas frequências de quantificação dos metais chumbo e cobre foram atribuídas aos limites de detecção elevados, dos métodos analíticos praticados. Além disto, no caso do cobre até dezembro de 2010, o LDM utilizado era maior que a norma estabelecida de 0,009 mg/L como limite de classe.

Na Figura 8.28 estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de zinco e de cádmio, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, no período monitorado.

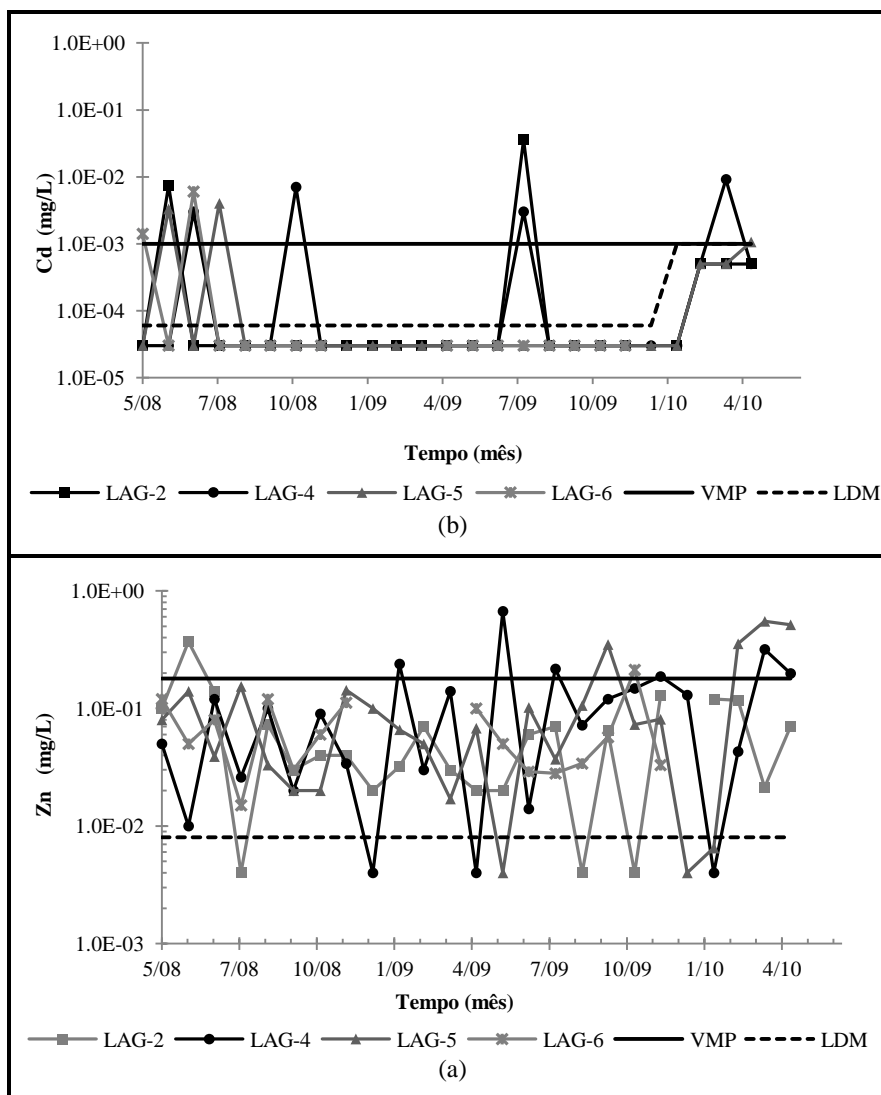


Figura 8.28 – Ocorrências de zinco e de cádmio nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

O zinco foi quantificado com frequência cerca de 90% nas lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'Água e com frequência de 100% na lagoa Poço Verde. O cádmio foi quantificado com frequências menores que 15% nas águas dessas lagoas.

Nas águas dessas lagoas, as maiores concentrações de zinco, foram 0,670 mg/L, verificada na lagoa Capivara, em junho de 2009 e 0,551 mg/L, verificada na lagoa Olhos d'Água, em abril de 2010 e as maiores concentrações de cádmio foram 0,036 mg/L verificada na lagoa Subida da Estação, em agosto de 2009 e 0,0091 mg/L verificada na lagoa Capivara em abril de 2010.

Do ponto de vista ambiental, nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'água e Poço Verde as concentrações de cádmio maiores que o valor máximo permitido, de 0,001 mg/L, estabelecido para o metal, em águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março 2005 se apresentaram com frequência de 100%. As concentrações de zinco maiores que o valor máximo permitido de 0,18 mg/L, estabelecido para o metal, em águas superficiais de classe dois, conforme a resolução CONAMA N° 357, ocorreram com frequências cerca de 5% nas lagoas Subida da Estação e Poço Verde e com frequências de 27 % e 18% nas lagoas Capivara e Olhos d'Água, respectivamente.

Nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, em média, as concentrações dos metais Pb, Cu e Cd maiores que os valores máximos permitidos ultrapassaram 60% do total de quantificações, para o Fe e Al alcançaram cerca de 50% e para o Mn e Zn cerca de 15%, no período de monitoramento.

Na Tabela 8.17, estão apresentadas as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços, verificadas nas lagoas do Papudo e da Baiana.

Tabela 8.17 – Constituintes secundários e traços nas lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde

Lagoa	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Subida da Estação (LAG-3)	média	215	491	107	44	14	16	2.4	-	62
	mínimo	28.0	51.0	60.0	8.6	3.0	10	0.6	-	20
	máximo	520	850	230	110	33	30	5.5	-	140
Capivara (LAG-4)	média	228	224	31.3	8	156	24	2.9	9.1	234
	mínimo	91.0	100	20.0	1.0	7.0	-	1.8	-	72
	máximo	460	700	44.0	21	306	-	4.0	-	670
Olhos d'Água (LAG-5)	média	91.0	428	47.5	16	9.1	92	3.0	1.1	116
	mínimo	9.10	50.0	20.0	1.0	6.4	-	1.0	-	17
	máximo	252	1210	120	57	13	-	5.0	-	515
Poço Verde (LAG-6)	média	59.9	483	45.7	53	37	55	3.0	6.0	78
	mínimo	6.10	80.0	20.0	1.0	35	-	0.6	-	29
	máximo	106	1830	90.0	290	39	-	6.0	-	213


As concentrações de alumínio e de ferro reportadas na Tabela 8.17 se apresentaram maiores que os valores máximos descritos na literatura, sumarizados na Tabela 8.3. As concentrações dos demais constituintes secundários e traços se apresentaram maiores que os valores médios descritos na literatura, sumarizados na Tabela 8.3, mas menores que as concentrações máximas, quando descritas.

Do ponto de vista ambiental, considerando as concentrações médias reportadas na Tabela 8.17 e os valores máximos permitidos (VMP), de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005, estão sumarizadas na Tabela 8.18, as concentrações dos constituintes secundários e traços, que se apresentaram maiores que o VMP.

O fato das concentrações reportadas na Tabela 8.17 se apresentarem, em geral, aumentadas em relação aos valores descritos na literatura, em parte, é atribuído à dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

Tabela 8.18 – Constituintes secundários e traços concentrações maiores que os VMP

Lagoa	Concentração	Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Subida da Estação (LAG-3)	mínima									
	média									
	máxima									
Capivara (LAG-4)	mínima									
	média									
	máxima									
Olhos d'Água (LAG-5)	mínima									
	média									
	máxima									
Poço Verde (LAG-6)	mínima									
	média									
	máxima									

 Concentração maior que o valor máximo permitido.

Com exceção dos metais Al, Fe, Mn, Ba e Zn, as quantificações dos metais Pb, Cu, Cr e Cd foram poucas, em frequências absolutas, entretanto se apresentaram, em geral, em concentrações maiores que os valores máximos permitidos.

Para as lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes secundários e traços, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.16:

- lagoa Subida da Estação (LAG-2) — Fe > Al > Mn > Zn > Ba > Cu > Pb > Cr;
- lagoa Capivara (LAG-4) — Zn > Al > Fe > Mn > Pb > Cu > Ba > Cd > Cr;

- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) — Fe > Zn > Al > Cu > Mn > Ba > Pb > Cr > Cd; e,
- lagoa Poço Verde (LAG-6) — Fe > Zn > Al > Mn > Ba > Cu > Pb > Cd > Cr.

Entre os constituintes secundários e traços, verificados nos corpos d'água lênticos monitorados na área do estudo, foram quantificados com frequência em média, maior que 80% os metais Al, Fe, Ba e Zn. O manganês foi quantificado com frequência, em média, cerca de 65%, o chumbo com frequência, em média, de 28 %, e os metais cobre, cromo e cádmio com frequências menores que 20%.

Com relação às concentrações verificadas se destacaram os metais ferro, alumínio e zinco, cujas concentrações, em geral, se apresentaram maiores que 50 µg/L, seguidos do manganês.

A água armazenada em lagos e represas, em geral, não se apresenta uniformemente misturada, portanto, as concentrações das espécies presentes na massa d'água podem ser diferentes em função do local e da profundidade de amostragem. A estratificação térmica é um dos fatores responsáveis por mudanças na composição da água. Desta forma, amostras simples de lagos ou represas representam apenas uma porção localizada, no corpo de água, a partir da qual a amostra é proveniente (Hem, 1985).

O efeito da estratificação da água na sua composição química é perceptível nas concentrações de íons, cujo comportamento é influenciado por processos de oxidação e redução. Espécies reduzidas comumente têm sua concentração aumentada com a profundidade, podendo assumir a forma de material particulado, nas águas mais rasas e oxidantes. Também, os constituintes que são nutrientes para formas de vida aquática, muitas vezes têm suas concentrações consideravelmente afetadas (Hem, 1985).

Com o objetivo de minimizar os efeitos da estratificação e da biota aquática nas concentrações das espécies dissolvidas, a amostragem das águas nas lagoas foi realizada, na região dos vertedouros, onde se admite que as águas se apresentam mais misturadas, portanto mais representativas de sua composição química. Com exceção da lagoa Capivara, pela ausência do equipamento e por não apresentar um local para escoamento de suas águas.

### **8.2.2 Corpos d'Água Lóticos**

As águas de um rio representam a média dos seus afluentes mais as águas meteóricas e a água subterrânea que o alimenta. Em condições determinadas substâncias dissolvidas precipitam,

sólidos em suspensão sedimentam, materiais são adsorvidos em argilas e matéria orgânica, organismos retiram nutrientes.

Os rios pequenos refletem melhor as características litológicas da região ou dos locais, que drenam, do que os grandes rios. Mudanças na composição da água ocorrem ao longo do curso, no qual macro e micronutrientes necessários aos organismos são retirados. No período chuvoso as substâncias dissolvidas tendem a diminuir, devido à diluição, enquanto que no período seco tendem a aumentar (IG-USP, 1993).

## Canal de Irrigação Principal

### Pontos de monitoramento CAN-1 e CAN-2

Esses pontos foram situados em um canal artificial, com largura na lâmina d' água, de cerca de 0.60 m e profundidade de cerca de 0,30 m, construído para irrigação das áreas de cultivo, no CNPMS, e alimentação de algumas lagoas. Este canal conduz e distribui águas da represa da Baiana (ver Figuras F31 a F34, no Anexo F), cujas águas provêm do córrego Marinheiro, em toda extensão das áreas de cultivo, percorrendo a área do CNPMS de sudoeste para nordeste, por cerca de 9 km, até o ponto de desaguamento no córrego Matadouro. As coordenadas dos dois pontos de amostragem no canal de irrigação estão descritas na Tabela 8.19

Tabela 8.19 – Localização do pontos de monitoramento no canal de irrigação

Canal de irrigação	Identificação		Coordenadas UTM		Localização
	Texto	Plano <sup>(1)</sup>	L (m)	N (m)	
Montante	CAN-1	S3D2-4	586574	7846211	Ponte antes cultivo orgânico
Jusante	CAN-2	S2D2-5	587846	7847990	Manilha após a lagoa do quiosque

1) Plano de monitoramento

No Anexo F, nas Figuras F32 a F33, estão apresentadas fotografias dos locais dos pontos de monitoramento CAN-1 e CAN-2.

Os dois pontos de monitoramento no canal de irrigação estão apontados na imagem da Figura 8.29.

A amostragem das águas nesses pontos era feita no mesmo dia, sempre no período da manhã, apenas com a diferença de tempo de locomoção de um ponto ao outro.



Figura 8.29 – Locais dos pontos de monitoramento no canal de irrigação

Fonte: Google Earth, 2011.

A represa da Baiana, implantada no córrego Marinheiro, alimenta o canal de irrigação. O ponto marcado, à esquerda do ponto de monitoramento CAN-1, apontado na imagem da Figura 8.29 identifica o local de início do canal de irrigação.

Do ponto de monitoramento de montante (CAN-1), as águas são conduzidas até a chamada “lagoa da bomba 8”, ao norte, e daí fluem em direção nordeste, na área do CNPMS, até alcançar o córrego Matadouro. O trecho percorrido pelas águas, entre os dois pontos de monitoramento, alcança cerca de 5,5 km.

Ao longo do percurso do canal de irrigação foram construídas lagoas pulmão, mantidas por suas águas, para abastecerem os sistemas de irrigação. Também, algumas lagoas naturais foram aproveitadas, para esta finalidade, recebendo águas do canal.

As águas que alimentam o canal de irrigação, basicamente são as águas do córrego Marinheiro, entretanto devido ao barramento deste córrego com a formação da lagoa da Baiana, as águas de montante e de jusante à barragem podem ter características hidrogeológicas diferentes.

A variabilidade temporal do parâmetro pH no canal de irrigação, nos pontos de monitoramento CAN-1 e CAN-2, está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.30.



As águas do canal de irrigação apresentaram valores de pH sempre acima de 7, refletindo a natureza alcalina de suas águas. Os valores do pH no ponto de monitoramento, a jusante (CAN-2), foram sempre maiores que no ponto de montante (CAN-1). Coincidentemente, no primeiro mês de monitoramento foi medido o mesmo valor de pH, nas águas do canal, nesses dois pontos.

Verifica-se na Figura 8.30 que os hidrogramas para o pH, nas águas do canal de irrigação, apresentaram aspecto decrescente, no período monitorado.

A variabilidade temporal do pH nas águas do canal de irrigação se apresentou muito semelhante, nos dois pontos de monitoramento. No ponto de monitoramento a jusante (CAN-2), as águas apresentaram valores de pH, em geral, acima de 7,4, portanto mais básicas, o que reflete a contribuição de corretivo agrícola alcalino, utilizado na correção do pH do solo no trajeto entre os dois pontos de monitoramento, transportado para o canal por escoamento superficial e deriva atmosférica.

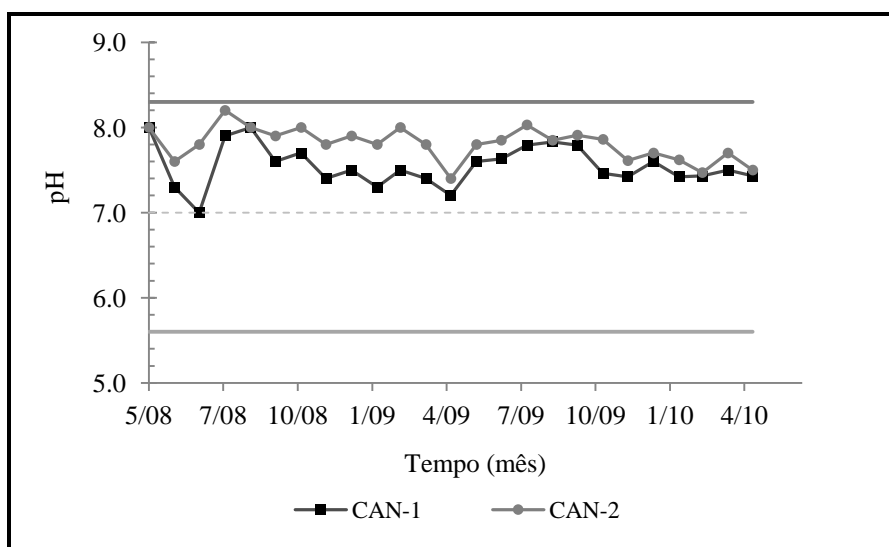


Figura 8.30 – Variabilidade do pH no canal de irrigação

Os hidrogramas não mostraram variações do pH maiores que uma unidade de pH durante o período monitorado.

Nos diagramas mostrados na Figura 8.31 estão apresentados os hidrogramas dos parâmetros condutividade elétrica, CE, sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nas águas do canal de irrigação.

Na Figura 8.31(a), as condutividades elétricas, reportadas nos hidrogramas, mostram tendência crescente.

Nos dois pontos de monitoramento, as condutividades elétricas se apresentaram menores no período de chuva do ano hidrológico 2008-2009, e maiores a partir do início do período de estiagem de 2009.

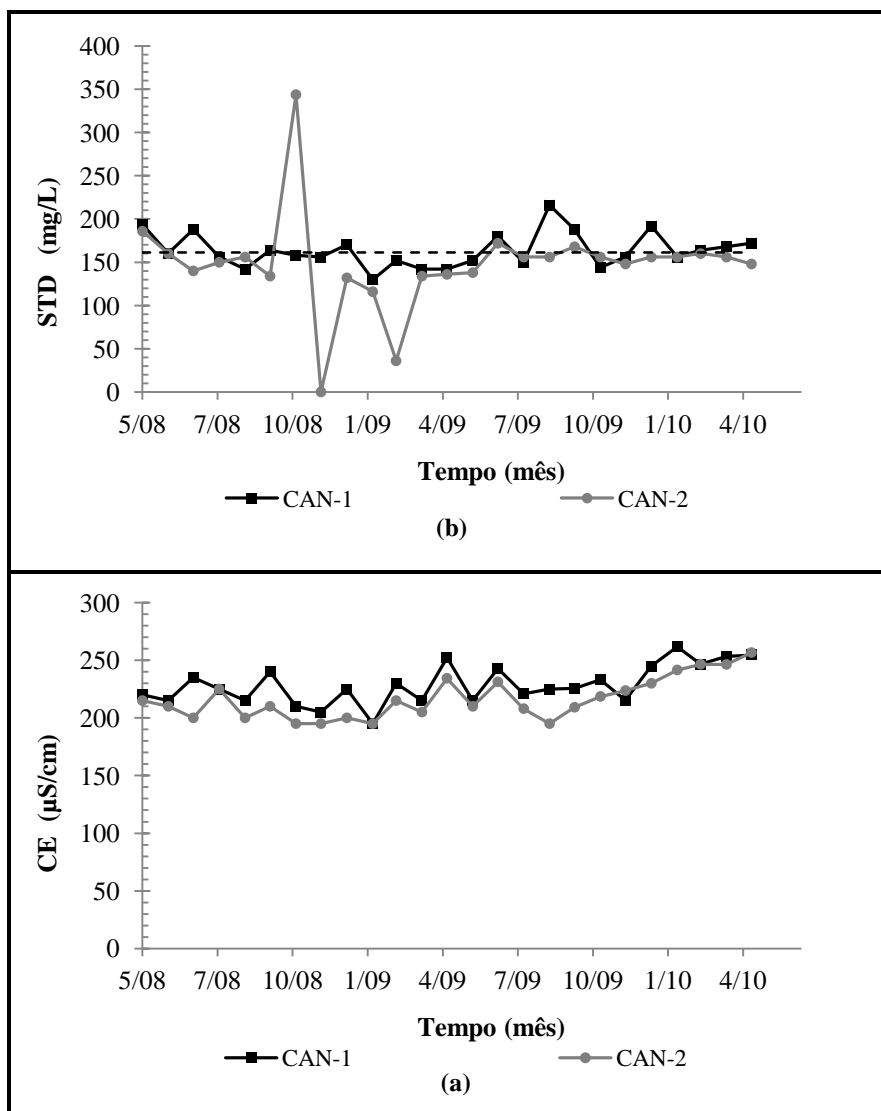


Figura 8.31 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD no canal de irrigação

Diferentemente do comportamento temporal do pH, as condutividades das águas do canal de irrigação mostraram uma tendência linear crescente, e mais acentuada no ponto de jusante.

Ao contrário do parâmetro pH, as condutividades elétricas apresentaram valores maiores no ponto de monitoramento de montante.

Na Figura 8.31(b), pode ser observado que o parâmetro STD apresentou pequena variabilidade, durante o período do monitoramento, sem considerar os mínimos e máximos verificados nos meses de outubro e novembro de 2008 e no mês de fevereiro de 2009.

Sem considerar os valores verificados nos meses de outubro e novembro de 2008 e no mês de fevereiro de 2009, o comportamento do parâmetro STD, durante o período monitorado, apresentou certa constância, e de acordo com os valores verificados do parâmetro CE, ou seja, menores que a condutividade elétrica por um fator de 0,72 em média.

Também, neste caso, os maiores valores de STD ocorreram no ponto de monitoramento de montante. Os maiores valores dos parâmetros CE e STD verificados nas águas do canal de irrigação, no ponto de monitoramento de montante (CAN-1), podem ser atribuídos à maior turbulência do fluxo d'água, no trecho inicial do canal, acarretando maior transporte de massa em suspensão e dissolvida. A partir deste ponto, o fluxo laminar com baixa velocidade aparente, permite a deposição parcial do material transportado acarretando os menores valores verificados desses parâmetros, verificados no ponto de monitoramento de jusante (CAN-2).

Pode ser observado, nos diagramas (a) e (b), na Figura 8.5, que a variabilidade temporal da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos, nas águas do canal de irrigação se apresentou pequena. Nessas águas, as amplitudes máximas da variação da condutividade foram de 67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e de 62  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , nos pontos CAN-1 e CAN-2, e nos sólidos totais dissolvidos foram de 86 mg/L e de 70 mg/L no ponto CAN-2, sem considerar os valores de STD, nos meses de outubro e novembro de 2008 e no mês de fevereiro de 2009, para as águas do canal, no ponto de monitoramento CAN-2.

Na Tabela 8.20, para os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, estão apresentadas as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Tabela 8.20 – Parâmetros pH, CE e STD no canal de irrigação

Canal de irrigação	Ponto	Estatísticas	pH	CE	STD
Montante	CAN-1	Média	7.49	236	168
		Desvio padrão	0.24	17.0	21.2
		Mínimo	7.00	205	142
		Máximo	7.90	262	216
		Amplitude	0.90	56.8	74.0
Jusante	CAN-2	Média	7.76	222	151
		Desvio padrão	0.21	20.7	14.2
		Mínimo	7.40	195	116
		Máximo	8.20	257	172
		Amplitude	0.80	61.7	56.0

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas no canal de irrigação, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.20:

- canal de irrigação, a montante (CAN-1) — pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $236 \pm 17$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $168 \pm 21$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ; e,
- canal de irrigação, a jusante (CAN-2) — pH ( $7,8 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $222 \pm 21$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $151 \pm 14$ )  $\text{mg}/\text{L}$ .

A variabilidade estatística dos valores médios do pH, nas águas monitoradas no sistema, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 3% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

As variabilidades dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram 7% e 13%, respectivamente, nas águas monitoradas no ponto de monitoramento a montante, no canal de irrigação e, 9% nas águas monitoradas no ponto de monitoramento a jusante.

A variabilidade estatística dos parâmetros CE e STD nas águas do canal de irrigação resultaram compatíveis com determinações de natureza experimental.

No canal de irrigação, no ponto de monitoramento de montante (CAN-1), o menor valor do pH foi 7,00 e o maior 8,00, enquanto que no segundo ponto de monitoramento o menor pH foi 7,40 e o maior 8,20, com valores médios de 7,49 e 7,76 respectivamente, conforme apresentado na Tabela 8.18.

As águas percorrem a maior parte do trecho, entre os dois pontos de monitoramento, a céu aberto e em terreno com declividade no sentido transversal ao eixo do canal, de modo que o canal pode receber águas de escoamento superficial em épocas de chuvas, ou algum excesso de águas de irrigação, o que pode afetar a constituição das águas no canal de irrigação. Assim, os maiores valores de pH verificados ponto de monitoramento a jusante, refletem o possível uso de corretivos agrícolas alcalinos, aplicados nos solos agrícolas, ao longo do trecho percorrido pelo canal de irrigação.

Os valores da condutividade elétrica, nos dois pontos de monitoramento do canal de irrigação, apresentaram variação entre o mínimo de 195,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o máximo de 261,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , conforme pode ser verificado no diagrama (a) da Figura 8.31. Maiores condutividades elétricas foram

maiores no ponto de monitoramento de montante (CAN-1), no canal. As condutividades elétricas médias foram de 228,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no ponto de monitoramento a montante e de 216,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no ponto de monitoramento a jusante, respectivamente.

Pode ser observado no diagrama (a) da Figura 8.31, que os hidrogramas mostram uma tendência de aumento das condutividades elétricas, a partir do mês de agosto de 2009. Este fato é associado ao aumento das concentrações iônicas dissolvidas na massa de água, o que é corroborado pelas maiores concentrações de STD, verificadas no mesmo período, como pode ser observado no diagrama (b), na Figura 8.31, decorrentes do possível aporte de material transportado das áreas de cultivo.

Tanto os sólidos totais dissolvidos, quanto a condutividade elétrica, apresentaram valores freqüentemente maiores no ponto de monitoramento de montante (CAN-1), de acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.31.

Os menores valores desses parâmetros verificados no ponto de monitoramento de jusante podem ser atribuídos a possíveis reações de precipitação de minerais, ao longo do trecho entre os dois pontos de monitoramento do canal, à adsorção de material dissolvido na matéria orgânica vegetal, visto que as águas do canal apresentaram, com freqüência, extensas colônias de plantas aquáticas e com a presença de macrófitas, nos trechos a céu aberto.

O máximo de STD observado em outubro de 2008 e os mínimos observados em novembro de 2008 e fevereiro de 2009 nas águas do canal, no ponto de monitoramento de jusante, não corresponderam aos valores da condutividade elétrica verificados, nas mesmas datas, conforme pode ser observado nos hidrogramas, na Figura 8.31, fato atribuído ao possível armazenamento prolongado das respectivas amostras, entre as medições dos dois parâmetros, ou mesmo a erros na determinação do parâmetro STD, ou ainda problemas na amostragem em campo.

### **Constituintes principais**

Para os cátions e ânions principais determinados nas águas do canal de irrigação estão apresentadas, na Tabela 8.20, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo e máximo e amplitude.

Conforme os resultados na Tabela 8.21 as diferenças entre concentrações médias dos cátions cálcio, magnésio e potássio, nos dois pontos de monitoramento, foram menores que 2%,

portanto praticamente inexistentes. A diferença entre concentrações médias do sódio, nos dois pontos de monitoramento, foi cerca de 11%, ou seja, a concentração de sódio aumentou, indicando que houve ganho de sódio ao longo do trecho entre esses dois pontos.

Tabela 8.21 – Constituintes principais nas águas do canal de irrigação

Canal de irrigação	Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Montante	CAN-1	Média	2.35	0.267	0.031	0.056	2.66	0.080	0.068	0.067
		Desvio padrão	0.225	0.032	0.077	0.016	0.196	0.040	0.069	0.075
		Mínimo	1.82	0.206	0.007	0.043	2.12	0.056	0.018	0.002
		Máximo	2.63	0.318	0.340	0.077	2.94	0.212	0.225	0.133
		Amplitude	0.806	0.113	0.333	0.034	0.828	0.155	0.207	0.131
Jusante	CAN-2	Média	2.37	0.271	0.031	0.062	2.55	0.079	0.080	0.065
		Desvio padrão	0.361	0.036	0.074	0.018	0.179	0.019	0.085	0.075
		Mínimo	1.68	0.202	0.006	0.043	2.12	0.056	0.016	0.002
		Máximo	3.53	0.317	0.344	0.089	2.83	0.124	0.265	0.152
		Amplitude	1.85	0.114	0.338	0.046	0.710	0.068	0.249	0.150

Segundo os resultados na Tabela 8.20 as diferenças entre as concentrações médias dos ânions bicarbonato, cloreto e sulfato foram menores que 5%, nos dois pontos de monitoramento, praticamente, podendo ser consideradas iguais. No entanto, a diferença entre as concentrações médias de nitrato, nos dois pontos de monitoramento, foi cerca de 18 %, ou seja, no ponto de monitoramento de jusante (CAN-2), o nitrato aumentou.

O aumento nas concentrações de sódio e de nitrato é atribuído ao transporte, por escoamento superficial, de material terrígeno das áreas de cultivo para o canal, no trecho entre os dois pontos de monitoramento.

Considerando a concentração média total dos cátions e dos ânions principais, em miliequivalentes/L, verificou-se que no ponto de monitoramento a jusante, (CAN-2), essas concentrações se apresentaram 2% e 4% menores que no ponto de monitoramento de montante, (CAN-1), o que também corrobora o comportamento temporal dos parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, observados nos diagramas (a) e (b) na Figura 8.5, ou seja, esses parâmetros apresentaram valores menores no ponto de monitoramento à jusante (CAN-2).

As concentrações reportadas na Tabela 8.21, verificadas nas águas do canal de irrigação, se apresentaram dentro da faixa de concentrações consideradas normais, para águas doces superficiais não poluídas, descritas na literatura e sumarizadas na Tabela 8.2.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações dos íons sódio, cloreto, nitrato e sulfato se apresentaram menores que os valores máximos permitidos, em águas de classe dois, estabelecidos pela resolução CONAMA N° 357, de 2005.

A semelhança verificada entre as concentrações dos cátions e anions principais e entre os parâmetros pH, CE e STD, nos dois pontos de monitoramento do canal de irrigação, foi atribuída à ação da represa da Baiana, que possibilitou o amortecimento das concentrações e atenuou as influências de montante, na composição das águas do canal.

Também o sistema de cultivo em nível e em talhões, separados por curvas de nível, nas áreas agrícolas, servidas pelo canal, dificulta o transporte de material presente na superfície do terreno por escoamento superficial, para o canal de irrigação, o que é corroborado pelas baixas turbidezes médias, a saber, 4,5 e 2,9 UNT verificadas no canal de irrigação, nos pontos monitorados CAN-1 e CAN-2, respectivamente.

As pequenas amplitudes de variação das concentrações dos cátions e anions principais e dos parâmetros pH, CE e STD, nas águas do canal de irrigação, refletiram o efeito amortecedor causado pela represa da Baiana na sua composição química.

Para as águas do canal de irrigação foi elaborado o diagrama de Piper, apresentado na Figura 8.32, considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , cujas concentrações estão representadas em porcentagem de miliequivalentes. Os vértices dos dois triângulos da base representam 100% da espécie indicada, em miliequivalentes.

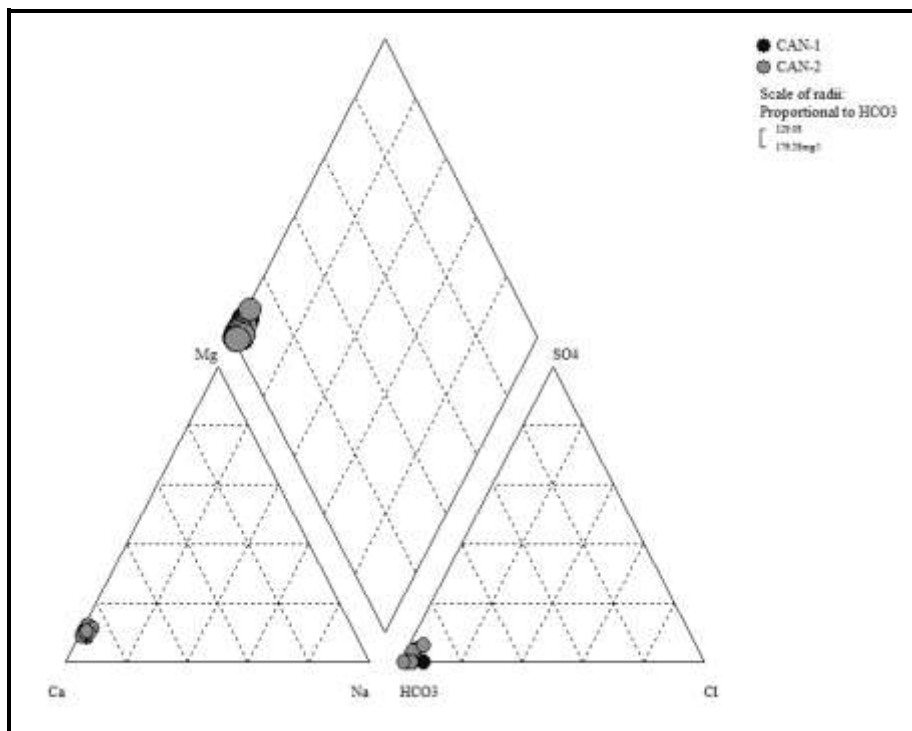


Figura 8.32 – Diagrama de Piper — águas do canal de irrigação

Sob o ponto de vista hidroquímico, as águas do canal de irrigação se apresentaram fortemente cálcicas bicarbonatadas e pobres em magnésio.

As concentrações de magnésio nas águas do canal não foram grandes o suficiente para imprimir a característica magnesiana, no diagrama de Piper. Também, as concentrações dos íons potássio, cloreto e sulfato não se apresentaram suficientemente fortes, para modificar a característica apresentada.

As concentrações de cálcio e de bicarbonato, no canal de irrigação, refletiram percentagens em miliequivalentes muito homogêneas, no diagrama de Piper, visto a sobreposição de valores no mesmo local, conforme mostrado na Figura 8.32, o que indica águas de constituição, praticamente, idênticas nos dois pontos de monitorados, com relação aos cátions e anions reportados.

As ocorrências dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, no canal de irrigação estão sumarizadas, separadamente, nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.33.



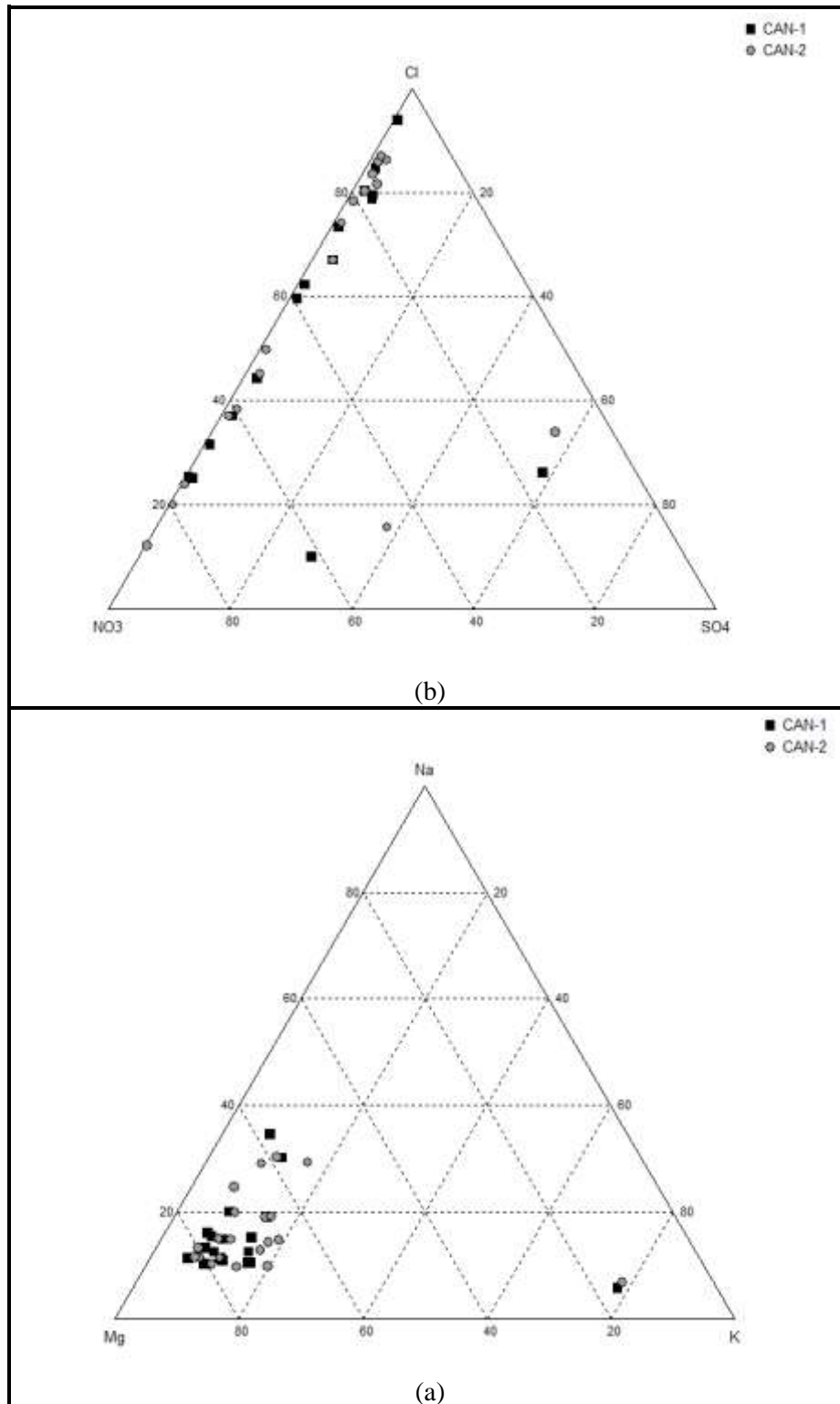


Figura 8.33 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> no canal de irrigação

Conforme se verifica na Figura 8.33 (a), no canal de irrigação o magnésio se apresentou em concentrações dominantes em relação ao sódio e ao potássio, ocorrendo com teores acima de 60 %, em geral.

O cloreto e o nitrato se apresentaram mais fortes que o sulfato que, em geral, se apresentou com teor menor que 10% em relação ao total dos ânions reportados na Figura 8.33(b), no canal de irrigação.

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.33 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente das águas do canal de irrigação, a saber, cálcicas bicarbonatadas.

Para o canal de irrigação, foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.13:

- canal de irrigação (ponto CAN-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4; \text{e},$
- canal de irrigação (ponto CAN-2) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4.$

### **Constituintes secundários e traços**

#### **Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo**

Os constituintes secundários e traços que foram quantificados na área do estudo, estão reportados em hidrogramas, nos quais a linha cheia marca o valor máximo permitido, VMP, estabelecido para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005, e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.34, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de alumínio verificadas no canal de irrigação.

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado com frequência de 88% nos dois pontos monitorados no canal de irrigação.

Ocorreram concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido, no canal de irrigação, com frequência de 36% no ponto de monitoramento CAN-1 e de 45% no ponto de monitoramento CAN-2. As concentrações máximas observadas foram de 1,3 mg/L, em dezembro de 2008, nos dois ponto de monitoramento do canal de irrigação. Conforme descrito, as ocorrências de alumínio em concentrações maiores que a norma estabelecida se apresentaram com maior frequência no ponto de monitoramento de jusante, no canal.

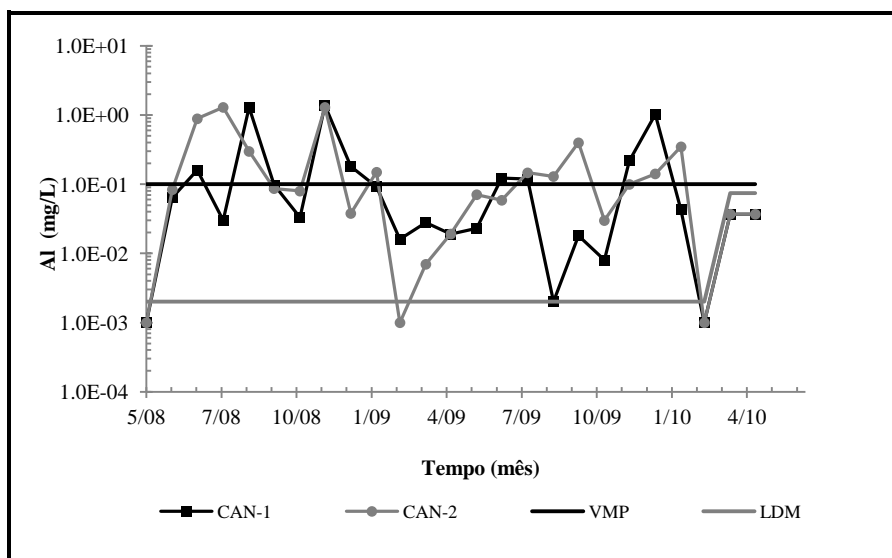


Figura 8.34 – Ocorrências de alumínio no canal de irrigação

Na Figura 8.35, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro, no canal de irrigação.

O ferro foi quantificado com frequência de 95%, no ponto de monitoramento CAN-1 e de 88% no ponto de monitoramento CAN-2. Ocorreram concentrações acima da norma estabelecida de 0,3 mg/L, com uma frequência de 42% no ponto de monitoramento CAN-1 e de 14% no ponto de monitoramento CAN-2. As concentrações máximas observadas foram de 1,56 mg/L, no ponto de monitoramento de montante, CAN-1 e de 1,00 mg/L, no ponto de monitoramento de jusante, CAN-2, em janeiro de 2010.

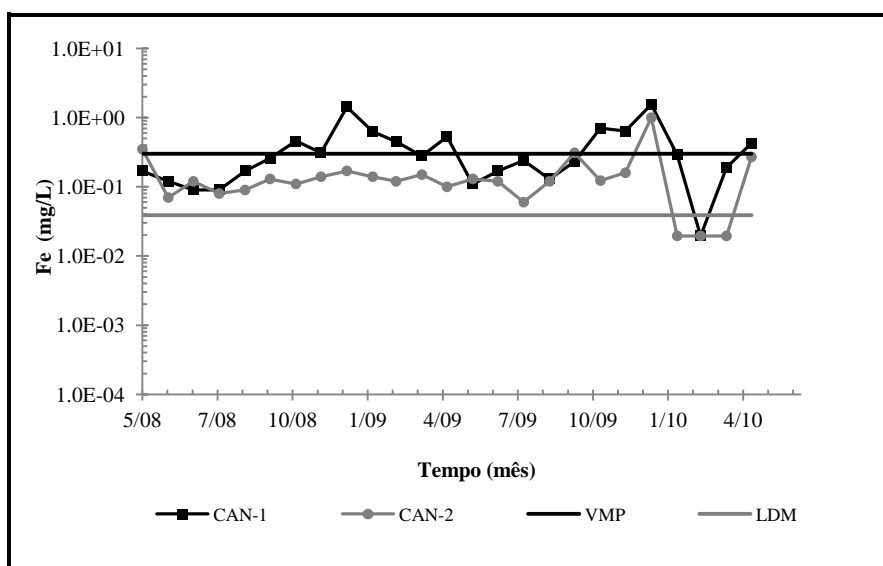


Figura 8.35 – Ocorrências de ferro no canal de irrigação

De acordo com os hidrogramas na Figura 8.35, as concentrações de ferro, em geral, foram maiores no ponto de monitoramento de montante, CAN-1.

Na Figura 8.36, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de manganês, verificadas no canal de irrigação.

O manganês foi quantificado com frequência de 56% no ponto de monitoramento CAN-1e com frequência de 32% no ponto de monitoramento CAN-2, não tendo ocorrido concentrações acima da norma estabelecida de 0,1 mg/L, nos dois pontos de monitoramento do canal de irrigação.

Pode ser observado na Figura 8.36 que as concentrações de manganês, em geral, se apresentaram maiores no ponto de monitoramento, CAN-1.

O manganês ocorreu no canal de irrigação com frequência menor que o alumínio e o ferro. As concentrações do metal, em geral, foram menores que a norma estabelecida.

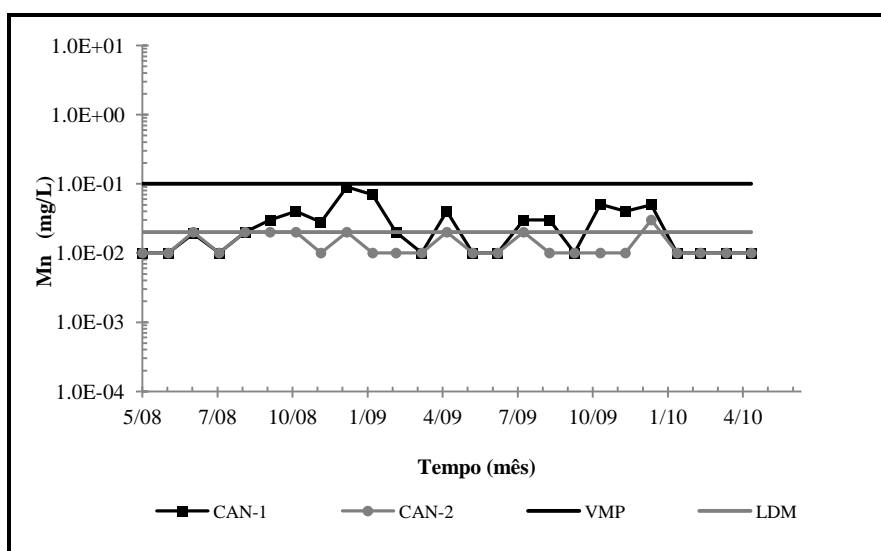


Figura 8.36 – Ocorrências de manganês no canal de irrigação

As concentrações de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.34 a 8.36, estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.11.

Pode ser verificado no diagrama na Figura 8.37, que o teor de ferro nas águas do canal de irrigação se apresentou maior no ponto de monitoramento de montante, CAN-1 e o de alumínio mais forte no ponto de monitoramento a jusante, CAN-2, que os teores de alumínio e de manganês. As águas do canal de irrigação se apresentaram pobres em manganês.

Além das frequentes ocorrências acima das normas estabelecidas, conforme exposto na Tabela 8.5, as concentrações de alumínio, ferro e manganês não se apresentaram em conformidade com os valores reportados nas Tabela 8.4, como pode ser verificado na Tabela

8.14, fato que pode ser explicado, em princípio, pela dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

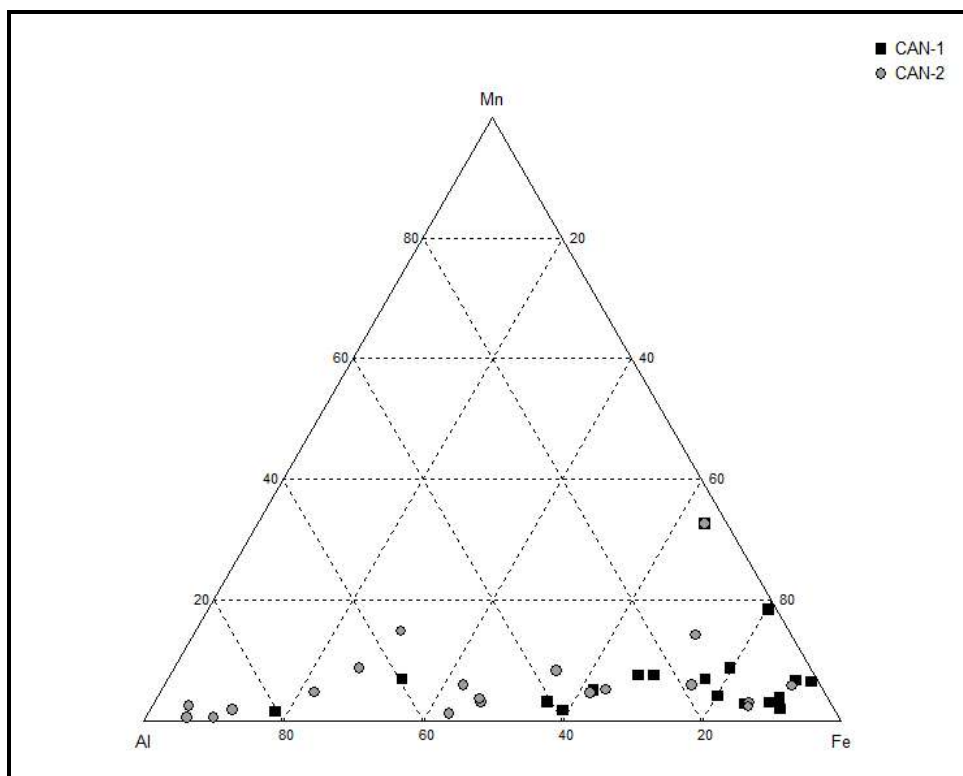


Figura 8.37 – Teores de alumínio, ferro e manganês no canal de irrigação

Na Figura 8.38, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, verificadas no canal de irrigação, nos pontos monitorados.

O bário foi quantificado com frequência cerca de 80 % nos dois pontos monitorados no canal de irrigação.

Não foram verificadas concentrações maiores que o valor máximo permitido, para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAM N° 357 de 2005.

As concentrações verificadas se apresentaram muito próximas nos dois pontos monitorados, conforme pode ser observado nos hidrogramas apresentados na Figura 8.38. Tendo sido verificadas as concentrações máximas de 0,098 mg/L no ponto de monitoramento de montante (CAN-1), em dezembro de 2008, e de 0,144 mg/L no ponto de monitoramento de jusante (CAN-2), em maio de 2010.

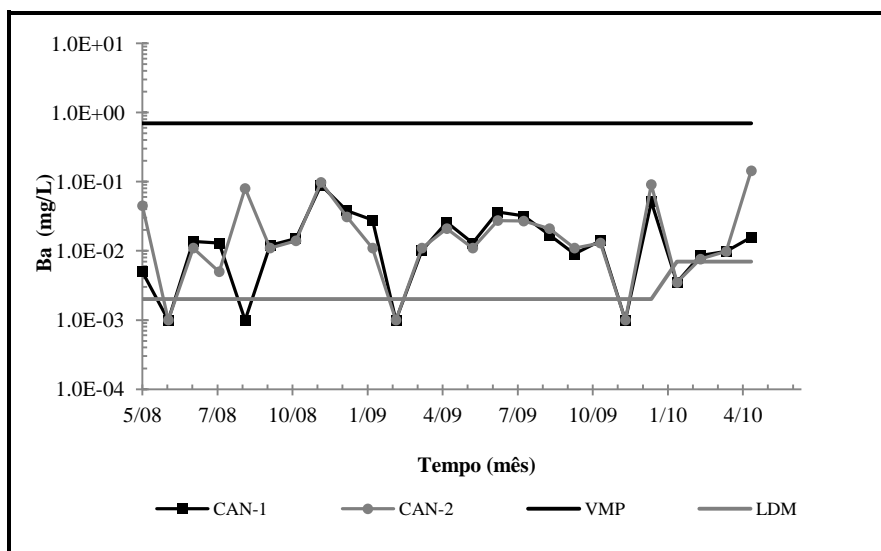


Figura 8.38 – Ocorrências de bário no canal de irrigação

Na Figura 8.39, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de cromo, verificadas no canal de irrigação, nos pontos monitorados.

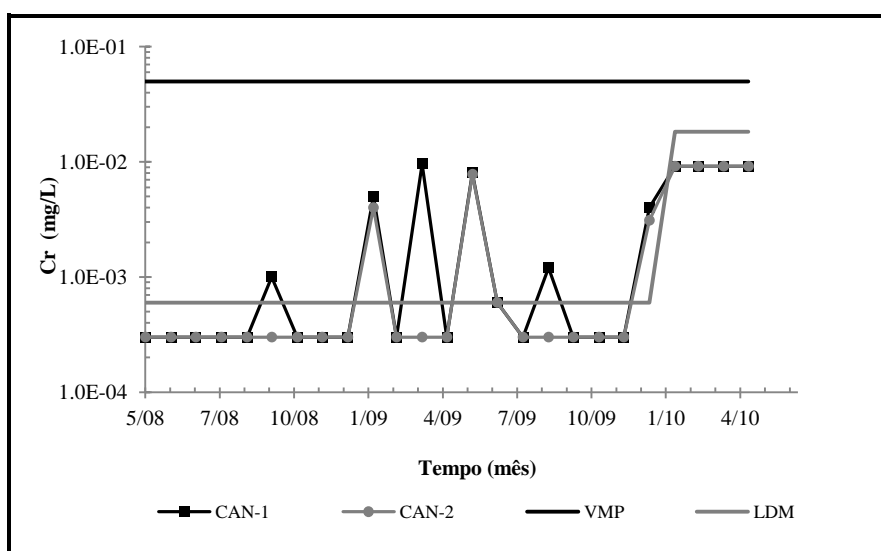


Figura 8.39 – Ocorrências de cromo no canal de irrigação

O cromo foi quantificado no canal de irrigação, com frequência de 24 % no ponto CAN-1 e com frequência de 16 % no ponto CAN-2.

As maiores concentrações do metal foram 0,0096 mg/L, verificada no ponto de monitoramento CAN-1, em abril de 2009 e 0,0078 mg/L verificada no ponto de monitoramento CAN-2, em junho de 2009.

Conforme mostrado no diagrama na Figura 8.39, não foram verificadas concentrações de cromo maiores que o valor máximo permitido, de 0,05 mg/L, para águas de classe dois, de

acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março 2005, nos pontos monitorados do canal de irrigação.

Ainda, de acordo com o diagrama na Figura 8.30, a partir de dezembro de 2010 foi adotado um método analítico com limite de detecção mais alto, o que certamente reduzirá a quantificação do metal nas águas superficiais.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Além dos metais já descritos, foram quantificados no canal de irrigação os metais chumbo, cobre, cádmio, e zinco.

Na Figura 8.40, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de chumbo e de cobre, verificadas no canal de irrigação.

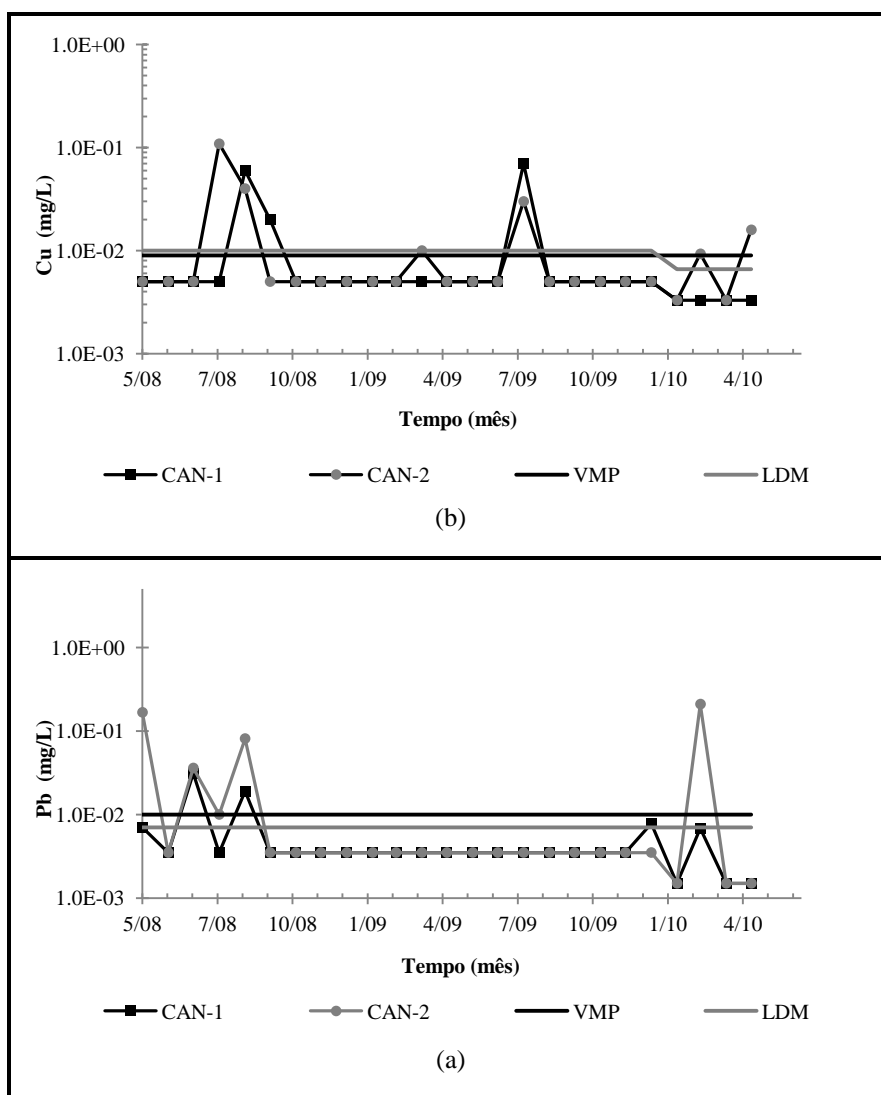


Figura 8.40 – Ocorrências de chumbo e de cobre no canal de irrigação

De acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.39, as frequências absolutas de quantificação do chumbo e do cobre foram pequenas, no canal de irrigação. No entanto, em geral, as concentrações verificadas desses metais nas águas do canal de irrigação, nos dois pontos monitorados, se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos, para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005.

O chumbo foi quantificado com frequência relativa de 20% nos dois pontos de monitoramento no canal de irrigação. O cobre foi quantificado com frequência de 12% no ponto de monitoramento CAN-1 e de 24% no ponto de monitoramento CAN-2.

Nas águas do canal de irrigação, a maior concentração de chumbo foi 0,210 mg/L, verificada no ponto CAN-2, em março de 2010 e a maior concentração de cobre foi 0,159 mg/L, também, verificada no ponto CAN-2, em agosto de 2008.

Do ponto de vista ambiental foram verificadas concentrações de chumbo maiores que o valor máximo permitido, de 0,01 mg/L, com frequências de 40% e de 80% nos pontos CAN-1 e CAN-2, monitorados no canal de irrigação. Concentrações de cobre maiores que o valor máximo permitido, de 0,009mg/L, foram verificadas com frequência de 100%, nos dois pontos monitorados.

Para o cobre o limite de detecção do método de análise empregado, até dezembro de 2009, era maior que o valor máximo permitido para a concentração do metal, em águas superficiais de classe dois.

O valor elevado dos limites de detecção do chumbo e do cobre mascarou a ocorrência desses metais nas águas do canal de irrigação, acarretando uma frequência elevada de detecções, mas uma pequena frequência de quantificações.

Na Figura 8.41, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de zinco e de cádmio, verificadas nas águas do canal de irrigação.

No canal de irrigação, o zinco foi quantificado com frequência de 88 % no ponto de montante CAN-1 e, com frequência de 80 % no ponto de jusante CAN-2.

Do ponto de vista ambiental, concentrações de zinco maiores que valor máximo permitido, de 0,18mg/L, foram verificadas com frequências, cerca de 4%, nos dois pontos de monitoramento do canal de irrigação.



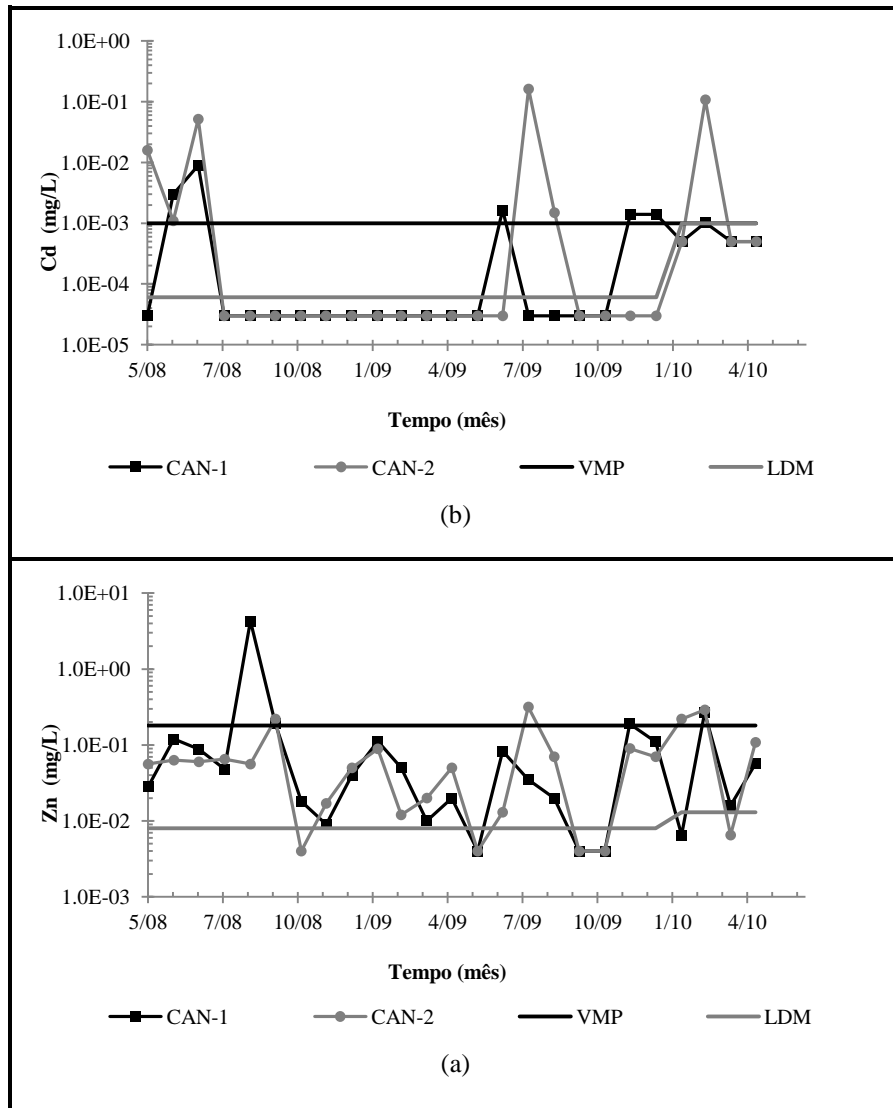


Figura 8.41 – Ocorrências de zinco e de cádmio no canal de irrigação

As maiores concentrações de zinco foram 4,30 mg/L verificada no ponto CAN-1, em setembro de 2008 e, 0,317 mg/L verificada no ponto CAN-2, em agosto de 2009.

O cádmio foi quantificado, no canal de irrigação, com frequência de 24 % nos dois pontos monitorados.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de cádmio maiores que o valor máximo permitido, de 0,001 mg/L, com frequência de 100 % nos dois pontos monitorados do canal de irrigação.

No canal de irrigação, as maiores concentrações verificadas de Cd foram 0,0090 mg/L, no ponto de montante (CAN-1) e, 0,163mg/L no ponto de jusante (CAN-2).

Conforme mostrado nos diagramas da Figura 8.41 verifica-se foram adotados métodos analíticos com limites de detecção mais altos, partir de dezembro de 2010, o que certamente irá reduzir as quantificações dos metais zinco e cádmio nas águas naturais.

Na Tabela 8.22 estão apresentadas as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços verificados no canal de irrigação.

Tabela 8.22 – Constituintes secundários e traços no canal de irrigação

Canal de irrigação	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Montante (CAN-1)	Média	208	361	39.8	22.9	15.2	20.0	4.20	3.21	82.1
	Mínimo	2.00	90.0	19.0	8.60	6.80	20.0	0.60	1.02	9.00
	Máximo	1380	1560	70.0	89.0	31.0	20.0	9.60	9.00	267
Jusante (CAN-2)	Média	308	181	21.4	32.9	84.2	35.7	3.88	65.2	108
	Mínimo	7.00	60.0	20.0	5.00	10.0	9.30	0.60	1.10	13.0
	Máximo	1300	1000	30.0	144	210	109	7.80	163	317

As concentrações mínimas, médias e máximas reportadas na Tabela 8.22, se apresentaram maiores, que as concentrações dos constituintes secundários e traços, descritas na literatura e sumarizadas na Tabela 8.3. Entretanto, o fato das determinações terem sido realizadas em amostras não filtradas e acidificadas, contribuiu para que as concentrações desses constituintes se apresentassem maiores.

Para o canal de irrigação, foram identificadas as seguintes sequências, em ordem decrescente de abundância dos constituintes secundários e traços, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.22:

- canal de irrigação (ponto CAN-1) — Fe > Al > Zn > Mn > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd; e,
- canal de irrigação (ponto CAN-2) — Al > Fe > Zn > Pb > Cd > Cu > Ba > Mn > Cr.

### **Córregos não Poluídos por Esgoto Sanitário**

A área do estudo, situada na alta bacia do rio Jequitibá, é drenada por três córregos principais, nos quais foram implantados quatro pontos de monitoramento, a saber, os córregos Forquilha, Marinheiro e Jequitibá, enquadrados como classe dois.

As águas dos córregos Forquilha, Marinheiro e Jequitibá, na área do estudo, macroscópica e qualitativamente, considerando a cor e turbidez aparentes, e o odor, não apresentavam características de poluição por esgoto sanitário, durante o período do monitoramento (ver

Figuras F33 e F35, no Anexo F). Os pontos de monitoramento, nesses córregos, estão descritos na Tabela 8.23.

Tabela 8.23 Pontos de monitoramento nos córregos não poluídos por despejos sanitários

Córrego	Identificação		Coordenadas		Localização
	Texto	Plano <sup>(1)</sup>	L (m)	N (m)	
Marinheiro	MAR-1	S1D2-2	585069	7845708	ponte na entrada da fazenda Marinheiro
Forquilha	FOR-1	S3D1-6	588748	7848640	Ponte na estrada atrás da sede Epamig
Jequitibá	JEQ-1	S1D1-1	587612	7845500	na bomba do pivô 2
	JEQ-2	S3D1-4	588476	7849010	ponte na saída sede Epamig para o CNPMS

1) Plano de monitoramento

Na imagem mostrada na Figura 8.42 estão apontados os pontos de monitoramento descritos na Tabela 8.23.

O ponto de monitoramento JEQ-1 foi implantado, no local onde se encontrava instalada uma captação de água para irrigação por pivô central, em áreas de cultivos experimentais. O ponto de monitoramento JEQ-2 foi implantado, em uma ponte, nas proximidades das instalações de apoio da EPAMIG. O ponto FOR-1, foi implantado na área da EPAMIG, a jusante da represa da fazenda Maravilhas e o ponto MAR-1 em uma ponte na entrada da fazenda Marinheiro, aparentemente, o local mais preservado.



Figura 8.42 – Locais dos pontos de monitoramento nos córregos Marinheiro, Forquilha e Jequitibá

Fonte: Google Earth, 2011.

## Córregos Forquilha e Marinheiro

### Pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1

Considerando o aspecto macroscópico, as águas desses dois corpos d'água nos respectivos pontos de monitoramento eram, aparentemente, as de melhor qualidade. No Anexo F, nas Figuras F35 e F38, estão apresentadas fotografias dos locais dos pontos de monitoramento MAR-1 e FOR-1.

A variabilidade temporal do parâmetro pH nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.43.

Com exceção dos mínimos verificados em outubro de 2008, março de 2009 e abril de 2010, as águas dos córregos Forquilha e Marinheiro apresentaram valores de pH sempre acima de 7,2, refletindo a natureza alcalina de suas águas.

Não considerando os três valores mínimos, nos hidrogramas da Figura 8.43, o parâmetro pH apresentou variabilidade semelhante nos dois córregos, nos pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1, indicando águas de natureza semelhante.

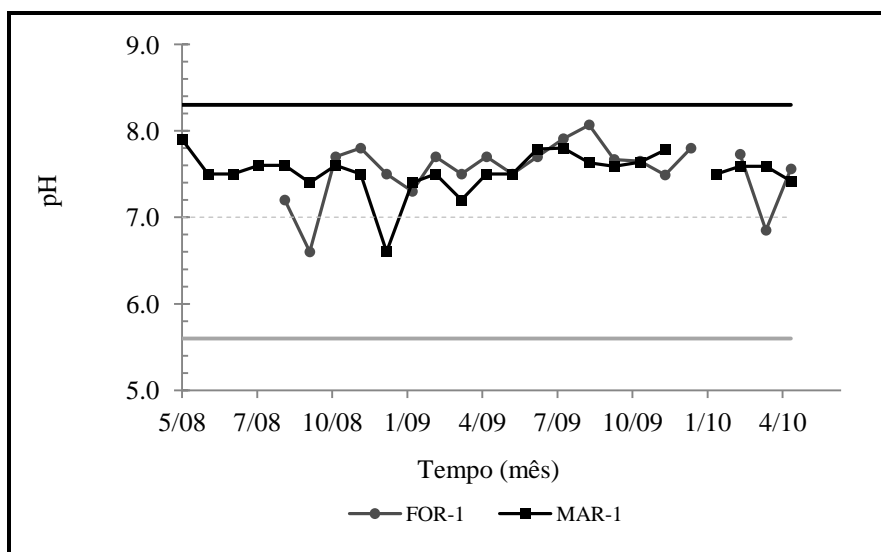


Figura 8.43 – Variabilidade do pH nos córregos Forquilha e Marinheiro

De acordo com os hidrogramas, na Figura 8.43, ocorreram as seguintes variações máximas do pH: no córrego Marinheiro o pH variou de 6,6 a 7,9 no ponto MAR-1; e, no córrego Forquilha de 7,3 a 7,9 no ponto FOR-1.

De modo geral, o comportamento do parâmetro pH representado nos hidrogramas da Figura 8.17, está condizente com a natureza das águas dos córregos Forquilha e Marinheiro. Esses córregos drenam terrenos no domínio geológico das rochas carbonáticas, e percorrem áreas rurais mais preservadas. De acordo com o modelo hidrogeológico de Machado (2001), esses córregos são afluentes, portanto recebem água de circulação mais profunda.

Os valores de pH reportados nos hidrogramas, na Figura 8.43, não denotaram águas impactadas à montante dos pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1, e se apresentaram no intervalo de pH estabelecido para águas de classe dois, a saber entre 6,0 e 9,0.

A variabilidade temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, nos pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1, está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.44.

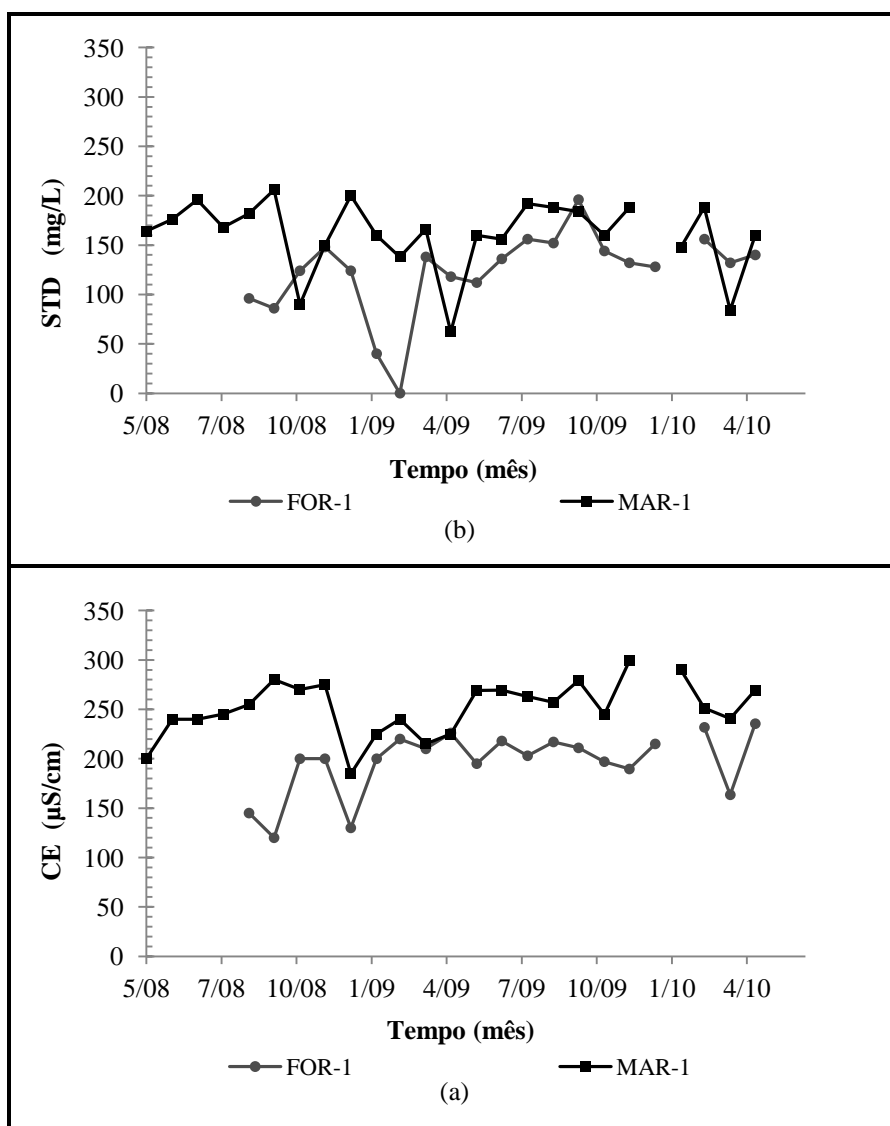


Figura 8.44 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nos córregos Forquilha e Marinheiro

As águas do córrego Marinheiro se apresentaram mais mineralizadas que as águas do córrego Forquilha, conforme os valores de condutividades elétricas reportados, que variaram entre o mínimo de 185  $\mu\text{S}/\text{cm}$  até o máximo de 290  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 244  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já as condutividades elétricas verificadas nas águas do córrego Forquilha denotaram águas menos mineralizadas, que as do córrego Marinheiro, variando entre o mínimo de 130  $\mu\text{S}/\text{cm}$  até o máximo de 236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 205  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nas águas do córrego Marinheiro, os sólidos totais dissolvidos variaram entre o mínimo de 62,0 mg/L e o máximo de 200 mg/L, nas águas deste córrego, com média de 154 mg/L, e no córrego Forquilha os sólidos totais dissolvidos variaram entre o mínimo de 40,0 mg/L e o máximo de 156 mg/L, com média de 129 mg/L, nas águas deste córrego.

Os hidrogramas do parâmetro condutividade elétrica apresentados na Figura 8.44 (a) apresentam um aspecto crescente, contrário ao aspecto decrescente apresentado pelo parâmetro STD, nos hidrogramas da Figura 8.44 (b).

De acordo com Sayer et al., (1994), o parâmetro STD é proporcional à condutividade elétrica por um fator empírico, situado entre 0,55 e 0,9. No entanto, o valor apropriado deste fator é dependente da composição iônica da água.

Para as águas dos córregos Marinheiro e Forquilha, em média, esse fator de proporcionalidade foi 0,63. Desta forma, a grandeza STD deveria se apresentar proporcional à condutividade elétrica da água, por este fator ou por um valor próximo deste.

No entanto, o parâmetro STD se apresentou decrescente, contrariamente ao parâmetro condutividade elétrica, no córrego Marinheiro no ponto de monitoramento MAR-1, com o conforme pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.18 (a) e (b). No córrego Forquilha, no ponto FOR-1, o parâmetro STD se apresentou crescente com o aumento da condutividade elétrica.

O comportamento dos parâmetros, pH, CE e STD, nos córregos Forquilha e Marinheiro, apresentado nos hidrogramas mostrados nas Figuras 8.17 e 8.18 foi atribuído aos seguintes fatores:

- no córrego Forquilha, a montante do ponto de monitoramento, já existia alguma influência da urbanização, acarretando no corpo d'água concentrações iônicas mais elevadas, devido ao escoamento superficial na malha urbana, já bastante impermeabilizada.

- no córrego Marinheiro prevaleciam os efeitos das atividades agrícolas e pecuárias, desenvolvidas a montante do ponto de monitoramento.

Considerando os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, estão apresentadas na Tabela 8.24, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

**Tabela 8.24 – Parâmetros pH, CE e STD nos córregos Forquilha e Marinheiro**

Ponto monitorado	Estatísticas	pH	CE	STD
FOR-1	Média	7.55	229	164
	Desvio padrão	0.24	17.2	20.1
	Mínimo	7.00	195	130
	Máximo	8.00	262	216
	Amplitude	1.00	66.8	86.0
MAR-1	Média	7.80	217	154
	Desvio padrão	0.19	18.2	49.0
	Mínimo	7.40	195	36.0
	Máximo	8.20	257	344
	Amplitude	0.80	61.7	308

De acordo com os dados reportados na Tabela 8.24, os valores médios dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, nos córregos Forquilha e Marinheiro se apresentaram bem próximos, fato que caracteriza águas de natureza semelhante, ou seja, originadas do aquífero cárstico-carbonático.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.24:

- córrego Forquilha (FOR-1) — pH ( $7,6 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $229 \pm 17$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $164 \pm 20$ ) mg/L; e,
- córrego Marinheiro (MAR-1) — pH ( $7,8 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $217 \pm 18$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $154 \pm 49$ ) mg/L.

A variabilidade estatística dos valores médios do pH, nas águas monitoradas no sistema, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 3% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

As variabilidades dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram 7% e 12%, respectivamente, nas águas monitoradas no córrego Forquilha e, 8 % e 32% nas águas monitoradas no córrego Marinheiro.

A variabilidade estatística dos parâmetros CE e STD nas águas do córrego Forquilha resultaram compatíveis com determinações de natureza experimental. No córrego Marinheiro, a variabilidade do parâmetro STD se apresentou elevada, indicando possíveis falhas na amostragem, ou erro laboratorial.

Durante o período monitorado, a variabilidade do parâmetro condutividade elétrica, nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, foi semelhante à variabilidade da condutividade no canal de irrigação, sendo 17  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no córrego Forquilha e 18  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no córrego Marinheiro. O parâmetro sólidos totais dissolvidos apresentou maior variabilidade no córrego Marinheiro, a saber, 49 mg/L o dobro dos valores verificados nas águas do canal de irrigação e do córrego Forquilha.

As amplitudes de variação dos parâmetros condutividade e sólidos totais dissolvidos no córrego Forquilha se apresentaram semelhantes às amplitudes desses parâmetros, verificadas no canal de irrigação. O que indica certa constância nas concentrações iônicas nas águas do córrego Forquilha.

As amplitudes de variação dos parâmetros pH e condutividade elétrica, reportadas na Tabela 8.22, podem ser consideradas iguais, praticamente, indicando que as águas drenam meios litologicamente semelhantes.

Deve ser considerado que a cerca de 300 m, a montante do ponto de monitoramento FOR-1, está localizado o vertedouro da represa da fazenda Maravilhas, onde começa o segundo trecho do córrego Forquilha. A represa amortece as concentrações das substâncias presentes na água, em virtude da sedimentação de material particulado em suspensão e da precipitação de minerais, que pode ocorrer devido à forte redução da velocidade do fluxo d'água, refletindo nos valores dos parâmetros CE e STD. O que justifica o fato das águas do córrego Forquilha se apresentarem um pouco menos condutivas e salinizadas que as águas do córrego Marinheiro.

Os valores verificados dos parâmetros CE e STD, reportados na Tabela 8.24, podem estar afetados pela deposição de poeiras das indústrias de calcinação e fundições, na área a montante dos pontos de monitoramento e nas no águas.

Os valores dos parâmetros pH e sólidos totais dissolvidos, STD, reportados nos hidrogramas, na Figura 8.43 e 8.44 (b), não denotaram águas impactadas nos córregos Forquilha e Marinheiro, à montante dos pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1.



Os valores do parâmetro pH, reportados na Tabela 8.24 se apresentaram no intervalo de pH estabelecido para águas de classe dois, a saber pH entre 6,0 e 9,0 e os valores do parâmetro STD menores que 500 mg/L.

De acordo com as resoluções CONAMA 357, de 2005 e 396, de 2008 e a portaria 518, de 2004, ainda não foram estabelecidos padrões legais para a condutividade elétrica.

No entanto, de acordo com BRASIL, 2006, em geral, águas superficiais com condutividade elétrica acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados (PNMA II, 2006).

Os valores médios da condutividade elétrica indicaram as águas pobres em substâncias iônicas dissolvidas, nos córregos Forquilha e Marinheiro. Esses valores se apresentaram maiores que o dobro do valor limite de, 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com variabilidade pequenas mas com amplitudes de variação elevadas, conforme pode ser verificado na Tabela 8.24.

A pequena variabilidade nas condutividades elétricas indicam certa constância das concentrações iônicas, nas águas desses córregos, o que é corroborado pelas concentrações de sólidos dissolvidos.

As águas do córrego Forquilha se apresentaram menos salinizadas que as águas do córrego Marinheiro. Este fato é atribuído ao pequeno percurso do córrego, cerca de 300 m, em terreno de baixa declividade de sua origem, à montante, na represa da fazenda Maravilha, até o ponto de monitoramento FOR-1, e ao efeito amortecedor causado pela represa a partir da qual o córrego tem parte de seu percurso, até desaguar no córrego Jequitibá.

Em média, no córrego Marinheiro os parâmetros pH, CE e STD se apresentaram semelhantes aos valores médios desses parâmetros para as águas dos poços de produção Matadouro 1, Matadouro 2 e Olhos d'Água. Fato que corrobora a origem de suas águas no aquífero cárstico-carbonático. No córrego Forquilha, em média, esses parâmetros se apresentaram mais semelhantes aos valores médios verificados nas águas do poço de produção Epamig.

### **Constituintes iônicos principais**

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nos córregos Forquilha e Marinheiro, nos pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1, estão apresentadas na Tabela 8.25 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.25, a hidroquímica dos córregos Marinheiro e Forquilha se apresenta sob a influência dominante das concentrações de cálcio e bicarbonato.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações de cloreto e de sulfato, reportadas na Tabela 8.24 não denotaram águas impactadas, por fontes antrópicas, a montante dos pontos de monitoramento. Em geral, essas concentrações se apresentaram menores que os valores máximos permitidos para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005.

Tabela 8.25 – Cátions e ânions principais nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro

Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
MAR-1	Média	2.42	0.301	0.030	0.079	2.70	0.136	0.048	0.093
	Desvio padrão	0.368	0.048	0.022	0.025	0.470	0.172	0.031	0.124
	Mínimo	1.67	0.217	0.013	0.043	1.400	0.056	0.014	0.015
	Máximo	2.91	0.398	0.094	0.142	3.20	0.705	0.099	0.304
	Amplitude	1.24	0.181	0.081	0.098	1.80	0.649	0.085	0.289
FOR-1	Média	2.16	0.132	0.018	0.074	2.18	0.115	0.059	0.207
	Desvio padrão	0.390	0.014	0.009	0.025	0.326	0.056	0.061	0.125
	Mínimo	1.15	0.114	0.008	0.055	1.32	0.068	0.014	0.015
	Máximo	2.77	0.161	0.041	0.130	2.50	0.254	0.161	0.366
	Amplitude	1.62	0.047	0.033	0.075	1.18	0.186	0.146	0.352

As concentrações de nitrato reportadas na Tabela 8.25, nos córregos Marinheiro e Forquilha, se apresentaram menores que o valor máximo permitido para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005. No entanto, com frequência, ocorreram concentrações maiores que 0,035 meq/L (ou 22,0 mg/L, como nitrato) o que pode ser indicativo de contaminação por fonte antrópica, conforme Santos (1997, 2008).

Está apresentado na Figura 8.45 o diagrama de Piper, considerando o terno catiônico Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e o terno aniônico HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e Cl<sup>-</sup>, nos córregos Forquilha e Marinheiro.

As águas desses dois córregos, nos pontos de monitoramento, se apresentaram cálcicas bicarbonatadas, de acordo com o diagrama de Piper na Figura 8.45.

As concentrações do anion bicarbonato no córrego Forquilha se apresentaram menores e com maior variabilidade, o que acarretou a sua maior dispersão no diagrama apresentado na Figura 8.45.

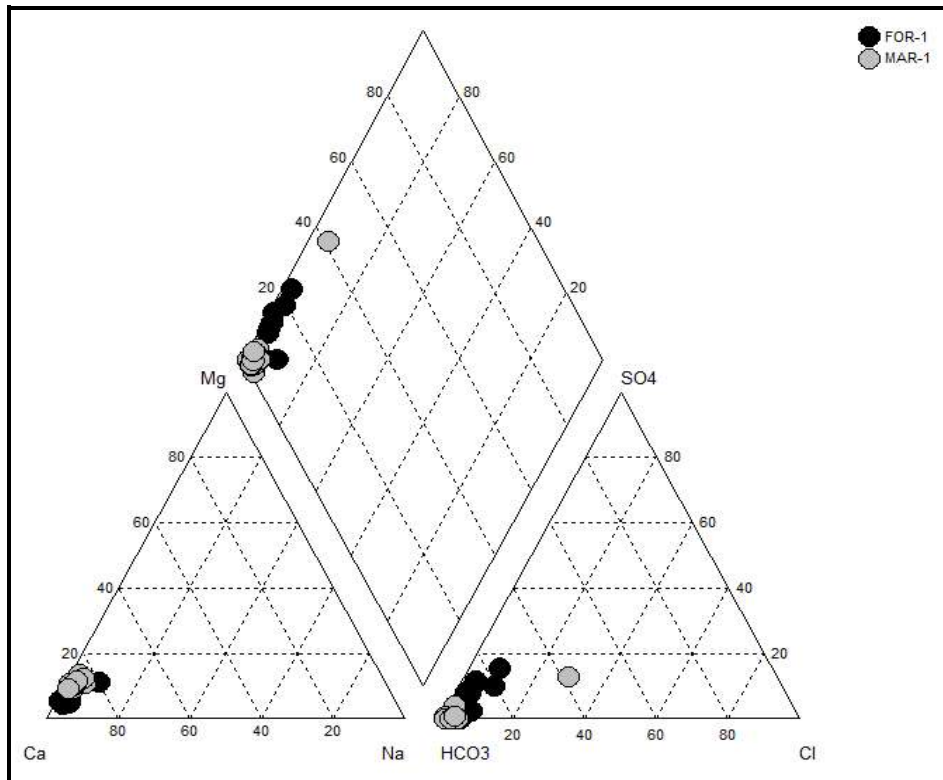


Figura 8.45 – Diagrama de Piper — córregos Forquilha e Marinheiro

De acordo com o diagrama, na Figura 8.45 que as águas do córrego Forquilha se apresentaram mais sulfatadas, porém as concentrações verificadas não foram grandes o suficiente para imprimir esta característica nas suas águas.

A maior ocorrência de sulfato nas águas do córrego Forquilha é atribuída ao efeito da corrosão de estruturas de concreto, aos fumos expelidos pelas chaminés das calcinações e ao tráfego intenso na rodovia MG-424, que atravessa a cidade de Prudente de Moraes, em parte, drenada por este córrego.

No diagrama de Piper apresentado na Figura 8.45, as concentrações dos constituintes magnésio, sódio, potássio, nitrato, sulfato e cloreto foram mascaradas pelas fortes concentrações de cálcio e de bicarbonato, nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro. Por essa razão, as ocorrências desses constituintes foram sumarizadas nos diagramas ternários apresentados na Figura 8.46.

Na Figura 8.46 (a) pode ser verificado que as concentrações de magnésio e de sódio se apresentaram com importância na hidroquímica das águas dos córregos Forquilha e Marinheiro. No entanto, suas águas se apresentaram pobres em potássio com teores de 10 a 20 %, em geral.

De acordo com a Figura 8.46 (b) verifica-se que as concentrações de nitrato e de cloreto se apresentaram mais importantes na hidroquímica das águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, que as concentrações de sulfato, em geral .

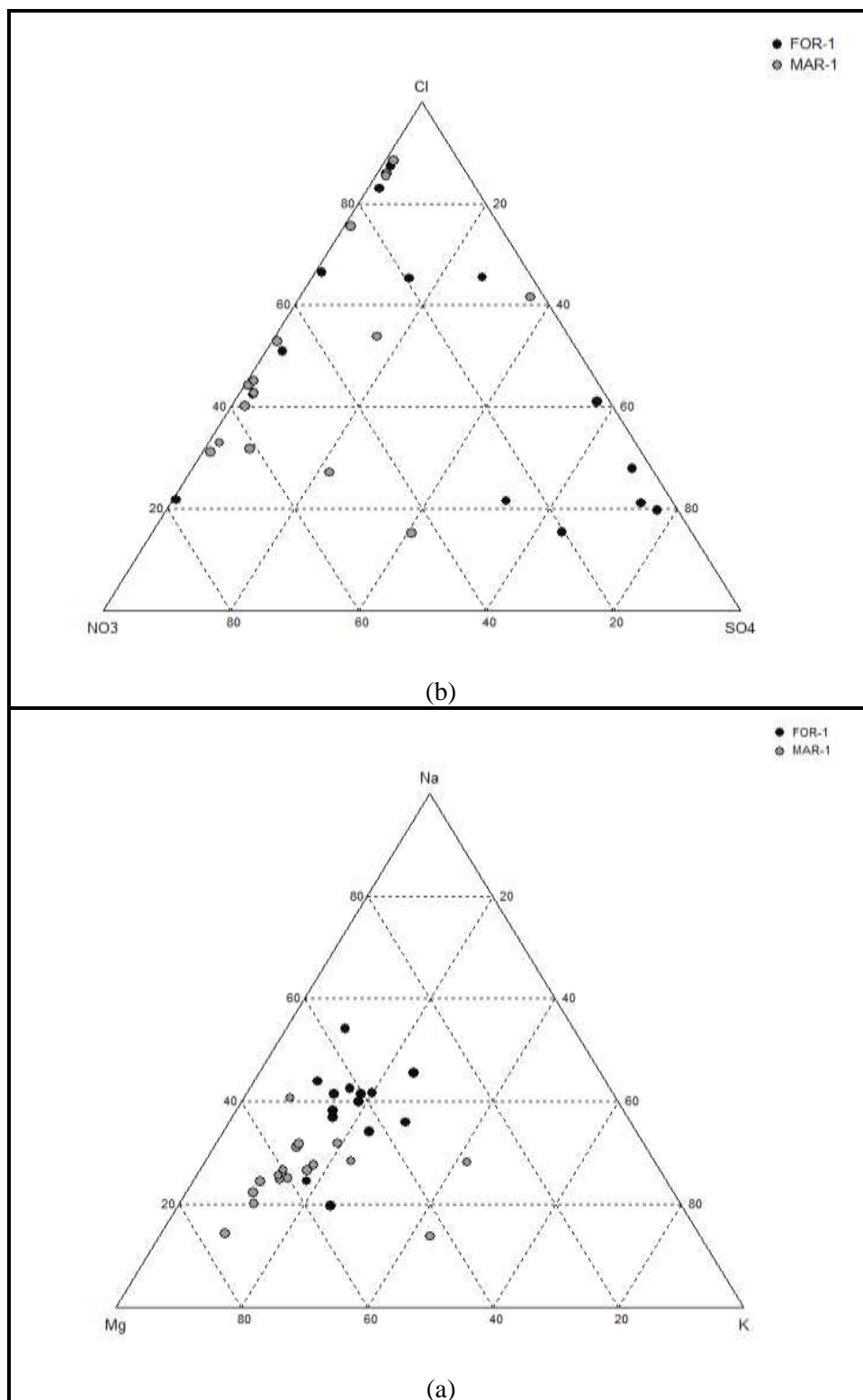


Figura 8.46 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nos córregos Forquilha e Marinheiro

Algumas amostras de água do córrego Forquilha se apresentaram com sulfato mais alto, fato atribuído ao aporte de material particulado de origem urbana e industrial, nas águas desse córrego que, em parte, flui na zona urbana de Prudente de Moraes.

Para os córregos Forquilha e Marinheiro foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.17:

- córrego Forquilha (ponto FOR-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3$  ; e,
- córrego Marinheiro (ponto MAR-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3$ .

### Ocorrências de Constituintes Secundários e Traços

#### Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca o valor máximo permitido, VMP, para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.47, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de alumínio nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

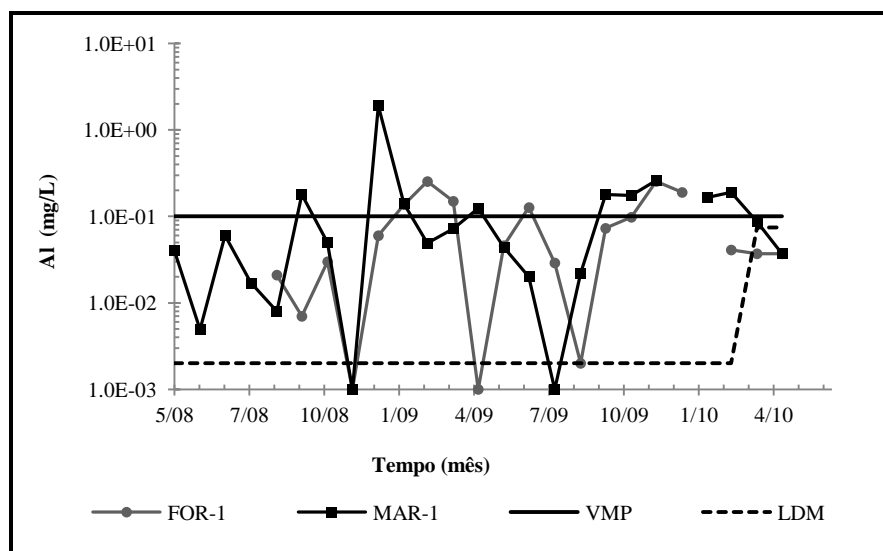


Figura 8.47 – Ocorrências de alumínio nos córregos Forquilha e Marinheiro

O alumínio foi quantificado com frequência de 80% no córrego Forquilha e de 92% no córrego Marinheiro.

Concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido foram verificadas com frequência de 30% no córrego Forquilha, e com frequência de 37% no córrego Marinheiro. Assim, ocorrências de alumínio em concentrações maiores que o valor máximo permitido para águas de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005, foram mais frequentes no córrego Marinheiro, no ponto de monitoramento MAR-1.

As concentrações máximas verificadas foram de 0,255 mg/L, em dezembro de 2009, no córrego Forquilha, no ponto de monitoramento FOR-1 e de 1,91 mg/L no córrego Marinheiro, no ponto MAR-1, em janeiro de 2009.

Na Figura 8.48, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro, nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

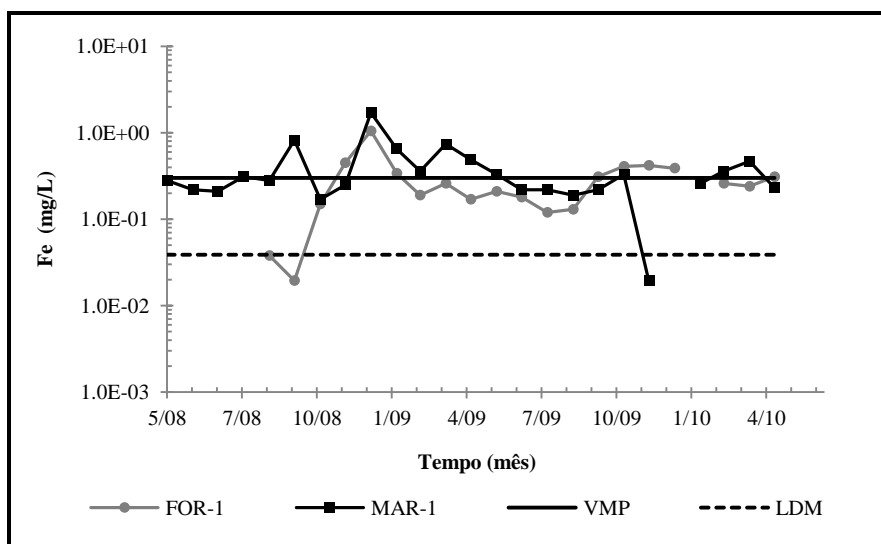


Figura 8.48 – Ocorrências de ferro nos córregos Forquilha e Marinheiro

O ferro foi quantificado com frequência de 95%, nos córregos Forquilha e Marinheiro nos pontos FOR-1 e MAR-1. Foram verificadas concentrações acima do valor máximo permitido com uma frequência de 40% no córrego Forquilha e de 45% no córrego Marinheiro.

As concentrações máximas observadas foram de 1,05 mg/L no córrego Forquilha, no ponto de monitoramento FOR-1 e de 1,72 mg/L no córrego Marinheiro, no ponto de monitoramento MAR-1, em janeiro de 2009.

Concentrações de ferro maiores que o valor máximo permitido, para águas de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005, foram mais frequentes no córrego Marinheiro, no ponto MAR-1.

Não considerando os três valores abaixo do limite de detecção, LDM, nos hidrogramas na Figura 8.48, a variabilidade temporal das ocorrências de ferro, nos dois córregos, se apresentou muito semelhante.

Na Figura 8.49, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de manganês, nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

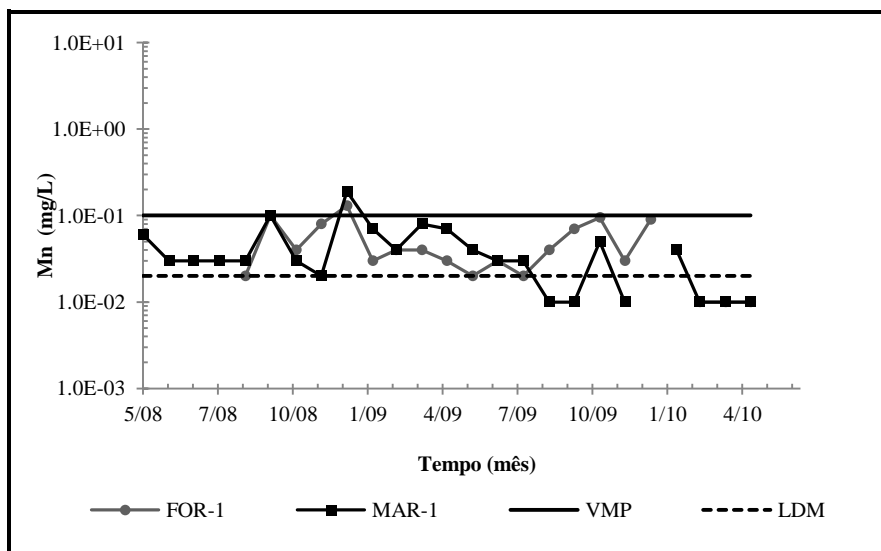


Figura 8.49 – Ocorrências de manganês nos córregos Forquilha e Marinheiro

O manganês foi quantificado com frequência de 85% no córrego Forquilha e com frequência de 75% no córrego Marinheiro, verificando-se apenas uma ocorrência acima do valor máximo permitido de classe, nesses dois córregos.

As concentrações máximas observadas, nos córregos Forquilha e Marinheiro, foram de 0,130 mg/L no ponto de monitoramento, FOR-1, e de 0,190 mg/L no ponto de monitoramento, MAR-1, ambas em janeiro de 2009.

Pode ser observado na Figura 8.49 que as concentrações de manganês, em geral, se apresentaram maiores no ponto de monitoramento, MAR-1, até julho de 2009, situação que, em parte, inverteu-se após este mês. Nos três últimos meses do monitoramento, o manganês não foi quantificado nos dois córregos.

A ocorrência dos metais alumínio e ferro nos córregos Forquilha e Marinheiro, nos pontos de monitoramento FOR-1 e MAR-1, foi verificada com frequência elevada, em média, cerca de 95%, apresentando cerca de 40% dos valores acima do VMP, para esses metais. A ocorrência

de manganês, nesses dois córregos, foi verificada com frequência cerca de 80% , em média, nos pontos de monitoramento, durante o período do estudo.

Apesar da frequência elevada de ocorrência dos metais Al, Fe e Mn, as concentrações reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.47 a 8.49 não se apresentaram grandes o suficiente para indicar alguma anomalia geoquímica nos terrenos drenados pelos córregos Forquilha e Marinheiro, a montante dos respectivos pontos de monitoramento.

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês, reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.47 a 8.49, estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.50.

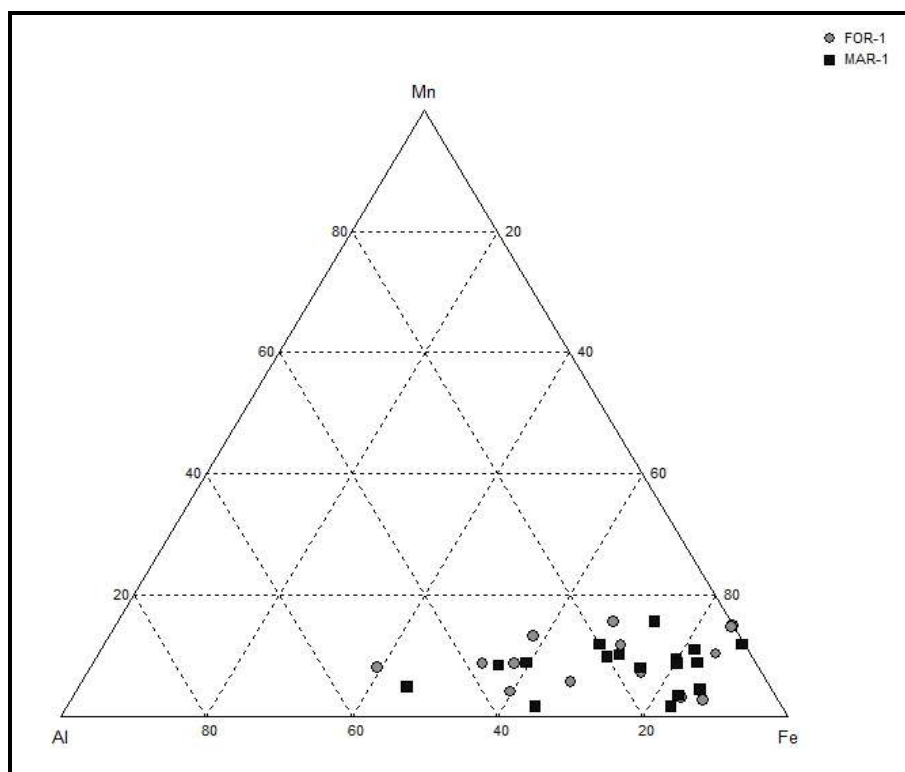


Figura 8.50 – Teores de alumínio, ferro e manganês nos córregos Forquilha e Marinheiro

Pode ser verificado no diagrama na Figura 8.50, que os teores de ferro nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro se apresentaram dominantes em relação aos teores dos metais alumínio e manganês.

Comparado ao ferro e ao alumínio, os teores de manganês se apresentaram menores que 20%, nos córregos Forquilha e Marinheiro, denotando águas pobres neste metal.

Os maiores teores de ferro verificados nas águas dos córregos Forquilha e Matadouro, em parte, estão associados ao fato das concentrações terem sido medidas em amostras não



filtradas e acidificadas, o que acarreta a dissolução do material particulado em suspensão e o possível aumento das concentrações, pois os óxidos hidratados de ferro (III) e de alumínio são muito pouco solúveis, respectivamente cerca de  $10^{-10}$  e  $10^{-9}$  mg/L em água pura. Nas águas naturais as solubilidades se apresentam maiores em função da presença de ligantes orgânicos e da força iônica.

Também, ocorre na área do estudo a deposição de material particulado, originado das calcinações e fundições conforme apontado por Sans, (1973), o que pode enriquecer os solos em materiais contendo alumínio, ferro e manganês.

Também, em média, as rochas pelíticas são mais ricas em ferro, alumínio e manganês que as rochas calcárias e graníticas, assim podem dar origem a solos com maiores teores desses metais.

Desta forma, os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, dominantes na área do estudo, contribuem para a ocorrência desses metais nas águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, pois em sua composição estão presentes óxidos de ferro, de alumínio e de manganês.

Assim, a ocorrência desses metais, nos córregos não impactados com esgoto sanitário, pode ter contribuição de parcela proveniente do material terrígeno transportado por escoamento superficial, da deposição de material particulado transportado pelos ventos e do aporte de águas que percolaram por esse solos, a montante dos respectivos pontos de monitoramento.

Em parte, as frequências de ocorrência e concentrações elevadas do alumínio e do ferro, nos córregos Forquilha e Marinheiro, corroboram o aporte desses de parte metais destas outras fontes.

Na Figura 8.51, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

O bário foi quantificado com frequência de 95% nos córregos Forquilha e Marinheiro, não ocorrendo concentrações maiores que o valor máximo permitido de classe. As concentrações se apresentaram muito próximas nos dois córregos, sendo que as concentrações máximas foram de 0,180 mg/L no córrego Marinheiro e de 0,170 mg/L no córrego Forquilha, observadas em outubro de 2008, no ponto de monitoramento Mar-1, e em dezembro de 2008, no ponto de monitoramento FOR-1.

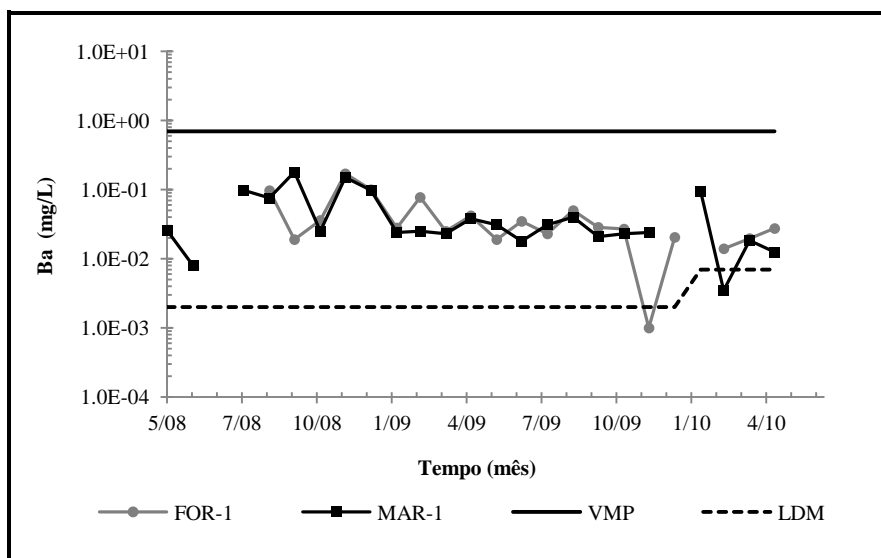


Figura 8.51 – Ocorrências de bário nos córregos Forquilha e Marinheiro

Na Figura 8.52, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de cromo, nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

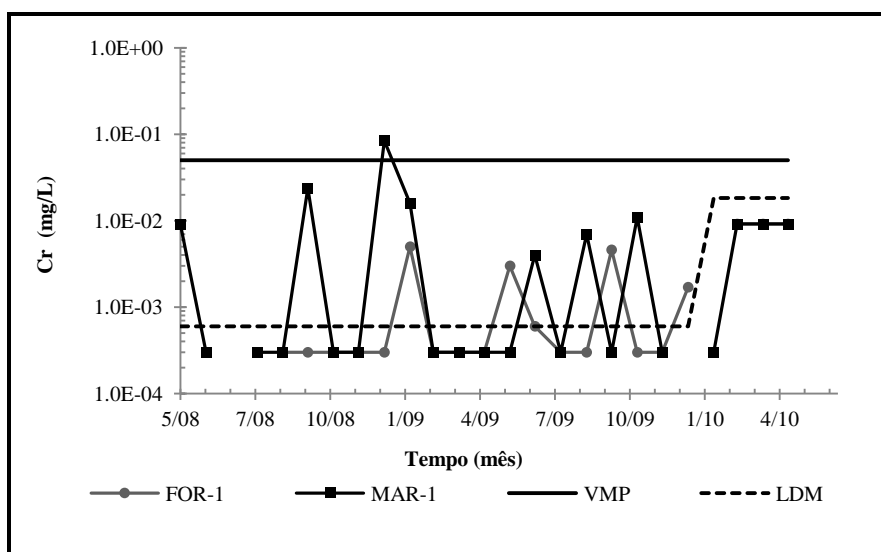


Figura 8.52 – Ocorrências de cromo nos córregos Forquilha e Marinheiro

O cromo foi quantificado com frequência de 25 % no córrego Forquilha e com frequência de 30 % no córrego Marinheiro. Houve apenas uma ocorrência de cromo da norma, em dezembro de 2008, no córrego Marinheiro.

No córrego Forquilha, no ponto de monitoramento FOR-1, a maior concentração verificada de Cr foi 0,005 mg/L e no córrego Marinheiro, no ponto MAR-1, foi 0,084 mg/L.

Do ponto de vista ambiental, em geral, as concentrações de cromo se apresentaram menores que o valor máximo permitido, estabelecido para águas de classe dois, na resolução CONAMA N° 357 de março de 2005, nos pontos de monitoramento dos córregos Forquilha e Marinheiro, conforme mostrado nos hidrogramas na Figura 8.52.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Na Figura 8.53, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de chumbo e de cobre, nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

De acordo com os hidrogramas na Figura 8.53, verifica-se que nas poucas vezes que o chumbo e o cobre foram quantificados nas amostras dos córregos Forquilha e Marinheiro, suas concentrações se apresentaram maiores que os valor máximo permitidos estabelecidos para águas de classe dois.

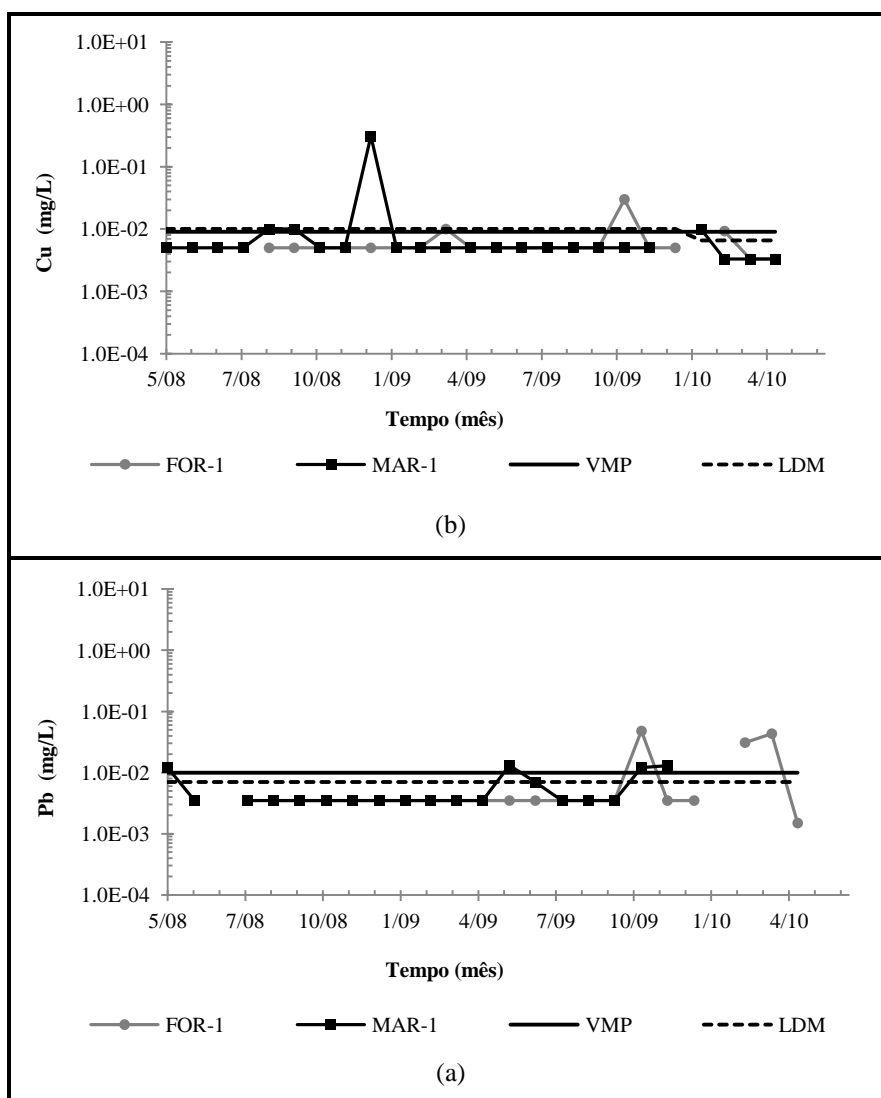


Figura 8.53 – Ocorrências de chumbo e de cobre nos córregos Forquilha e Marinheiro

No córrego Forquilha as maiores concentrações verificadas de Pb e de Cu foram 0,048 mg/L e 0,060 mg/L, enquanto que no córrego Marinheiro foram 0,131 mg/L e 0,310 mg/L.

Conforme apresentado na Figura 8.53, verifica-se que, para o chumbo e para o cobre, a diferença entre os limites de detecção dos métodos de análises e os valores máximos permitidos, estabelecidos para águas de classe dois, são muito pequenos.

Para o cobre, até dezembro de 2009, o limite de detecção era maior que o valor máximo permitido, para águas superficiais de classe dois. O limite de detecção elevado, mascarou a ocorrência desses metais nos córregos Forquilha e Marinheiro, acarretando uma frequência elevada de detecções, mas uma pequena frequência de quantificações.

Na Figura 8.54, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cádmio e de zinco, nos córregos Forquilha e Marinheiro, no período monitorado.

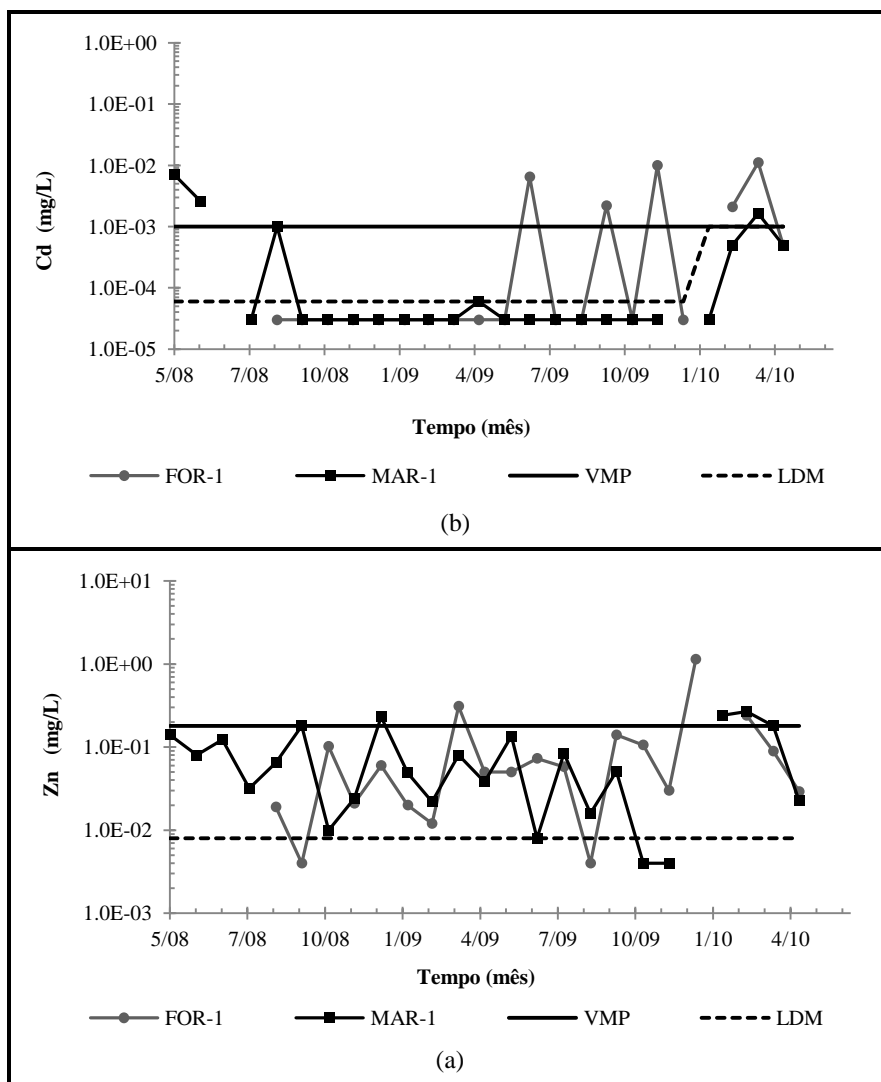


Figura 8.54 – Ocorrências de zinco e de cádmio nos córregos Forquilha e Marinheiro

O cádmio foi quantificado com frequência de 25 % no córrego Forquilha e com frequência de 22 % no córrego Marinheiro. O zinco foi quantificado com frequência de 90 % no córrego Forquilha e com frequência de 92 % no córrego Marinheiro.

Do ponto de vista ambiental, quantificações de cádmio, acima do valor máximo permitido, estabelecido na resolução CONAMA N° 357 de março de 2005, ocorreram com frequência de 60% no córrego Marinheiro e de 100 % no córrego Forquilha.

Conforme apresentado no diagrama na Figura 8.54 (b) verifica-se que o limite de detecção para o cádmio, adotado a partir de dezembro de 2010, reduziu a diferença entre este limite e o valor máximo permitido para a concentração do metal, em águas superficiais de classe dois, o que certamente irá reduzir as quantificações de cádmio nas águas naturais.

Do ponto de vista ambiental, concentrações de zinco acima do valor máximo permitido, estabelecido na resolução CONAMA N° 357 de março de 2005, ocorreram com frequência de cerca de 17% nos córregos Marinheiro e Forquilha. Foram verificadas concentrações maiores que o VMP, nos dois córregos, em dezembro de 2008 no córrego Marinheiro, em abril de 2009 no córrego Forquilha e no período de chuvas do ano hidrológico 2009-2010.

No córrego Forquilha, no ponto de monitoramento FOR-1, as maiores concentrações verificadas de Zn e de Cd foram 1,14 mg/L e 0,011 mg/L, enquanto que no córrego Marinheiro, no ponto MAR-1, foram 0,27 mg/L e 0,0070 mg/L.

Na Tabela 8.26 estão sumarizadas as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços verificados nos córregos Forquilha e Marinheiro.

Tabela 8.26 Constituintes secundários e traços nos córregos Forquilha e Marinheiro

Córrego	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Forquilha (FOR-1)	Média	126	340	52.9	46.8	39.5	16.4	2.6	6.20	157
	Mínimo	29.0	120	20.0	14.0	31.0	9.3	0.6	2.10	12.0
	Máximo	255	1050	130	170	48.0	30.0	5.0	10.0	1140
Marinheiro (MAR-1)	Média	210	425	58.5	35.2	9.6	160	21.8	2.9	103
	Mínimo	20.0	170	30.0	12.5	4.0	10	4.0	0.06	8.0
	Máximo	1910	1720	190	98.0	13.1	310	84.0	7.0	267

Apesar da ocorrência de concentrações dos metais Ba, Pb, Cu, Cr, Cd e Zn maiores que os valores máximos permitidos, para águas superficiais de classe dois, não terem sido frequentes, as concentrações desses metais se apresentaram maiores que os valores descritos na

literatura, reportados nas Tabelas 8.2, conforme pode ser verificado na Tabela 8.26, fato que também pode ser atribuído, em parte, à dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

Admite-se, neste estudo, que uma parte das concentrações dos metais secundários e traços verificadas nos córregos Forquilha e Marinheiro, é originada de atividades antrópicas realizadas a montante dos respectivos pontos de monitoramento, e uma outra parte de ocorrência natural nas rochas pelíticas e carbonáticas do Grupo Bambuí.


Para os córregos Marinheiro e Forquilha foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes secundários e traços, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.18:

- córrego Forquilha (ponto FOR-1) — Fe > Zn > Al > Mn > Ba > Pb > Cu > Cr > Cd; e,
- córrego Marinheiro (ponto MAR-1) — Fe > Al > Zn > Mn > Ba > Cu > Cr > Pb > Cd.

Do ponto de vista ambiental, considerando as concentrações médias reportadas na Tabela 8.25 e os valores máximos permitidos (VMP), de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março 2005, estão sumarizadas na Tabela 8.27, as concentrações dos constituintes secundários e traços, que se apresentaram maiores que o VMP.

Tabela 8.27 – Concentrações acima dos valores máximos permitidos de constituintes secundários e traços nos córregos Forquilha e Marinheiro

Córrego	Concentração	Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Forquilha (FOR-1)	mínima									
	média									
	máxima									
Marinheiro (MAR-1)	mínima									
	média									
	máxima									

 Concentração maior que o valor máximo permitido.

O fato das concentrações reportadas na Tabela 8.27 se apresentarem, em geral, aumentadas em relação aos valores descritos na literatura, em parte, é atribuído à dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

Com exceção dos metais Al, Fe, Mn, Ba e Zn, as quantificações dos metais Pb, Cu, Cr e Cd foram pouco frequentes, em valores absolutos, entretanto se apresentaram, em geral, em

concentrações maiores que os valores máximos permitidos, estabelecidos na resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

## Córrego Jequitibá

### Pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2

No Anexo F, nas Figuras F39 a F40, estão apresentadas fotografias dos locais dos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2.

A variabilidade temporal do parâmetro pH nas águas dos do córrego Jequitibá está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.55.

Nos hidrogramas da Figura 8.55, pode ser observado um aspecto ascendente na variabilidade temporal do parâmetro pH, no ponto JEQ-1 e descendente no ponto JEQ-2, nas águas do córrego Jequitibá.

No córrego Jequitibá, de acordo com os hidrogramas, na Figura 8.55, a variabilidade do parâmetro pH foi de 6,6 a 7,8 no ponto JEQ-1, não considerando o máximo verificado em setembro de 2009; e de 7,0 a 7,9 no ponto JEQ-2.

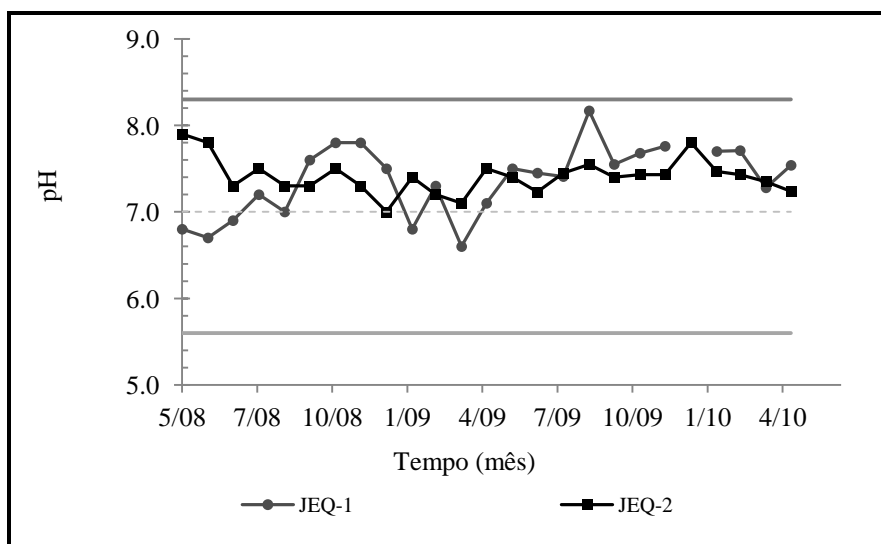


Figura 8.55 – Variabilidade do pH no córrego Jequitibá

No ponto de monitoramento JEQ-2, o pH do córrego Jequitibá se apresentou acima de 7, prevalecendo valores acima de 7,4 o que reflete a natureza alcalina de suas águas.

Em relação ao parâmetro pH, as águas do córrego Jequitibá se apresentaram menos alcalinas que as águas dos córregos Forquilha e Marinheiro.

De modo geral, o comportamento do parâmetro pH representado nos hidrogramas da Figura 8.55, está condizente com a natureza das águas do córrego Jequitibá. Um bom trecho deste córrego, a montante do ponto de monitoramento JEQ-1, flui no contato das rochas do embasamento com o grupo Bambuí (ver Figura 6.12), antes de penetrar em terrenos no domínio geológico das rochas carbonáticas. Neste trecho, a montante, o córrego recebe águas do cristalino.

Os valores de pH reportados nos hidrogramas, na Figura 8.55, não denotaram águas impactadas à montante dos pontos de monitoramento JEQ-1. No ponto JEQ-2, as maiores amplitudes de variação do pH, indicam possíveis impactos antrópicos no entorno deste ponto. Apesar das maiores variações do pH no ponto JEQ-2, os valores reportados nos hidrogramas se apresentaram no intervalo de pH estabelecido para águas de classe dois, a saber entre 6,0 e 9,0.

Na Figura 8.56 (a) e (b), estão apresentados os hidrogramas para o comportamento temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas do córrego Jequitibá, nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2, respectivamente.

As condutividades elétricas nas águas do córrego Jequitibá, verificadas nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2, se apresentaram menores que nas águas do córrego Marinheiro. Isto se deve às menores concentrações iônicas nas águas, como consequência da influência dos terrenos percorridos pelo córrego, no trecho a montante do ponto JEQ-1.

O córrego flui no contato do embasamento com as rochas do Grupo Bambuí, em muitos trechos diretamente sobre rochas do embasamento (ver Figura 6.11), e em terrenos onde domina a Formação Serra de Santa Helena, em princípio rochas com constituição mineralógica mais pobre e mais resistente ao intemperismo que as rochas carbonáticas.

Suas águas se apresentaram menos mineralizadas, com condutividades elétricas variando entre o mínimo de 73  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o máximo de 239  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 158  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no ponto JEQ-1, e entre 63  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e o máximo de 159  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 131  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no ponto JEQ-2. Os sólidos totais dissolvidos se apresentaram com variações entre o mínimo de 42,0 mg/L e o máximo de 162 mg/L, com média de 114 mg/L no ponto JEQ-1 e entre 44,0 mg/L e o máximo de 134 mg/L no ponto JEQ-2, com média de 98 mg/L.

Conforme os hidrogramas nas Figuras 8.56 (a) e 8.56 (b), ocorreu uma discrepância aparente no comportamento dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos,



STD, nas águas do córrego Jequitibá, a saber: no ponto JEQ-1 a condutividade elétrica mostrou um tendência crescente, enquanto que essa tendência se apresentou decrescente no ponto de monitoramento JEQ-2.

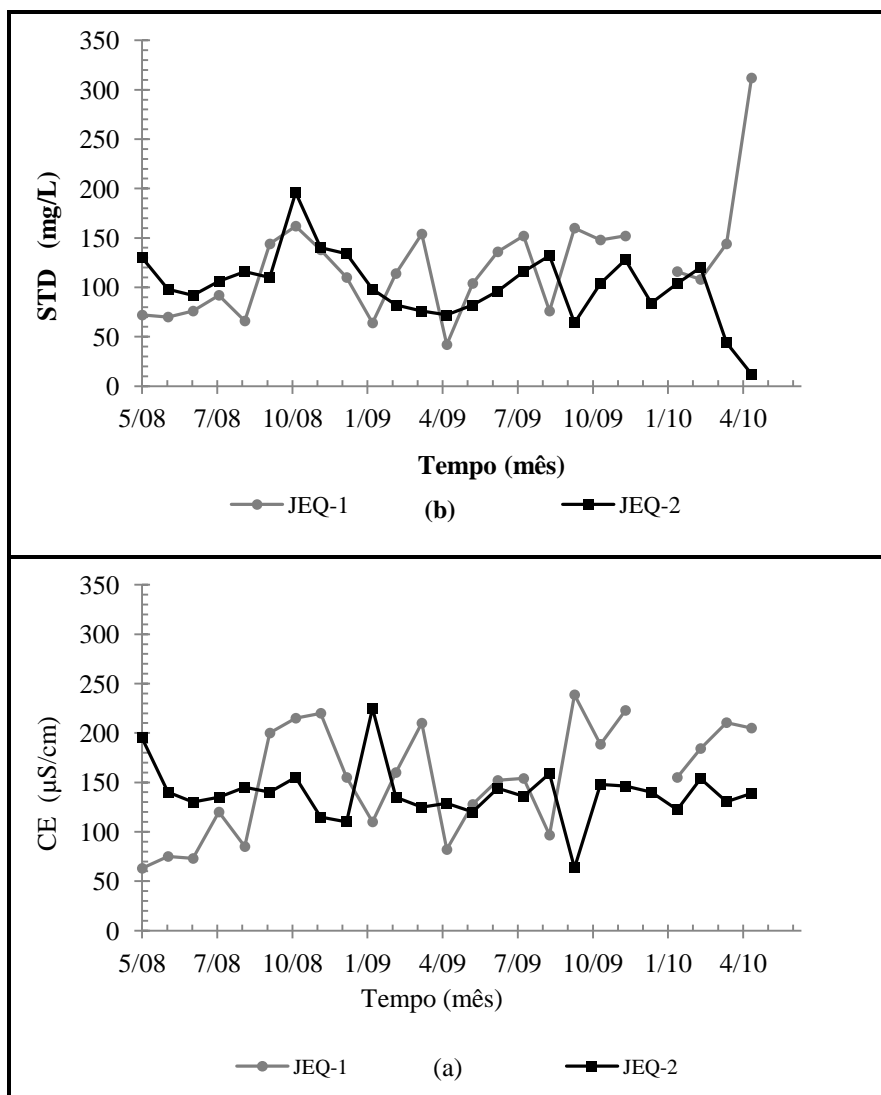


Figura 8.56 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD no córrego Jequitibá

As águas no local estão sob a influência direta das atividades antrópicas realizadas na sede da Epamig e na sua vizinhança. Os materiais originados dessas atividades, podem facilmente alcançar as águas do córrego, causando um possível aumento dos sólidos em suspensão e dissolvidos, causando elevação da condutividade elétrica.

No entanto o que se verificou foi a redução local da condutividade, o que reflete a redução das concentrações iônicas, por meio de reações de precipitação ou por adsorção em matéria orgânica, consequentemente refletindo na condutividade elétrica.

Os hidrogramas da condutividade elétrica, no córrego Jequitibá, se apresentaram ascendentes no ponto JEQ-1, e descendentes no ponto JEQ-2. Este comportamento revela alguma influência pontual, nos valores medidos.

No ponto JEQ-1, a baixa velocidade do fluxo d'água, em um meandro onde se localiza o ponto de monitoramento, favorece a sedimentação. Como é um local de bombeamento d'água, não pode ser descartada a influência do bombeamento na agitação da água, também não pode ser descartada a influência da agricultura praticada a montante do ponto JEQ-1.

No ponto JEQ-2 ocorre situação contrária, onde a possível sedimentação em função da redução brusca de velocidade do fluxo contribui para redução da concentração iônica, em função de reações de precipitação ou de adsorção de material dissolvido por matéria orgânica, conforme pode observado no hidrograma (a) na Figura 8.30.

Os parâmetros CE e STD medidos nas águas córrego Jequitibá mostraram águas menos mineralizadas que as águas do córrego Marinheiro. No córrego Jequitibá o parâmetro CE variou entre o mínimo de 68  $\mu\text{S}/\text{cm}$  até o máximo de 199  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em média. Os sólidos totais dissolvidos variaram entre o mínimo de 43,0 mg/L e o máximo de 148 mg/L, em média.

Assim, diferentemente do comportamento das grandezas CE e STD nas águas do canal de irrigação, o comportamento temporal dos parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, nas águas do córrego Jequitibá, apresentou maior variabilidade temporal, com amplitudes de 166  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 120 mg/L, no ponto JEQ-1 e de 96  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 90 mg/L no ponto JEQ-2. Entretanto, menores que as amplitudes verificadas nos córregos Marinheiro e Forquilha.

Para as águas do córrego Jequitibá o fator de proporcionalidade para a razão STD/CE foi 0,74 em média. Assim, em princípio, a grandeza STD deveria aumentar com o aumento da condutividade elétrica da água, por este fator ou por um valor próximo deste. Porém, este aumento não é verificado nos diagramas (a) e (b), na Figura 8.30, para as águas do córrego Jequitibá, no ponto JEQ-2. Nessas águas, o parâmetro CE apresenta-se com tendência decrescente, e o parâmetro STD mostra tendência decrescente mais acentuada.

Para os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nas águas do córrego Jequitibá, estão apresentados na Tabela 8.27 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.28, foi verificado o mesmo valor médio de pH nos dois pontos de monitoramento do córrego Jequitibá. No entanto, no ponto JEQ-1, a amplitude de variação desse parâmetro foi maior que uma unidade de pH, indicando variação na concentração de íons hidrogênio maior que uma ordem de grandeza.

Tabela 8.28 – Estatísticas dos parâmetros pH, CE e STD nas águas do córrego Jequitibá

Estatísticas		pH	CE	STD
JEQ-1	Média	7.4	154	113
	Desvio padrão	0.4	55.7	37.0
	Menor	6.6	63.0	42.0
	Maior	8.2	238	162
	Amplitude	1.6	175	120
JEQ-2	Média	7.4	142	105
	Desvio padrão	0.2	24.6	30.9
	Menor	7.0	110	44.0
	Maior	7.9	225	196
	Amplitude	0.9	115	152

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas no córrego Jequitibá, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.28:

- córrego Jequitibá, montante (JEQ-1) — pH ( $7,4 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $154 \pm 56$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $113 \pm 37$ ) mg/L; e,
- córrego Jequitibá, jusante (JEQ-2) — pH ( $7,4 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $142 \pm 25$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $105 \pm 31$ ) mg/L.

As variabilidades estatísticas dos valores médios do pH, nas águas monitoradas no córrego Jequitibá, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 6% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

As variabilidades dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram 36% e 33%, respectivamente, nas águas do córrego Jequitibá, no ponto de monitoramento a montante e, 18% e 30% , respectivamente, no ponto de monitoramento a jusante.

As variabilidades estatísticas dos parâmetros CE e STD, nas águas do córrego Jequitibá resultaram em valores considerados elevados para determinações de natureza experimental.

É admitido que as variabilidades elevadas dos parâmetros CE e STD, resultem da inadequação dos locais escolhidos para a amostragem no córrego Jequitibá. Que foram estabelecidos em função da facilidade de acesso.

Os valores médios da condutividade elétrica no córrego Jequitibá, nos pontos JEQ-1 e JEQ-2, denotam águas mais pobres em substâncias iônicas dissolvidas, que as águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, refletindo a natureza dos terrenos à montante.

No ponto JEQ-2, verificou-se uma redução de cerca de 10% no valor médio do parâmetro CE, indicando redução nas cargas iônicas nas águas do córrego no local, o que é corroborado pelas reduções nas concentrações de STD.

De acordo com Brasil, (2006), os valores médios do parâmetro CE acima de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados.

As águas do córrego Jequitibá se apresentaram menos salinizadas que as águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, fato atribuído à natureza dos terrenos drenados a montante do ponto JEQ-1. Parte do leito do córrego está sobre rochas do embasamento cristalino e parte sobre os saprolitos da Formação Serra de Santa Helena ou em terrenos dela originados.

Em resumo o comportamento dos parâmetros pH, CE e STD nas águas do córrego Jequitibá apresentou-se em concordância com os seguintes aspectos:

- águas mais pobres em sólidos dissolvidos decorrentes do trecho mais longo sobre rochas granito-gnáissicas do embasamento e da formação Serra de Santa Helena;
- baixa energia do corpo d'água no trecho em que dominam rochas do grupo Bambuí; e,
- perda de representatividade da qualidade das águas, em função da localização inadequada dos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2.

### **Constituintes iônicos principais**

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7 estão apresentadas na Tabela 8.29 para as concentrações verificadas dos constituintes principais, no córrego Jequitibá, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Tabela 8.29 – Cátions e ânions principais nas águas do córrego Jequitibá

Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
JEQ-1	média	1.56	0.220	0.026	0.069	1.70	0.081	0.101	0.068
	desvio padrão	0.509	0.077	0.009	0.038	0.647	0.052	0.160	0.172
	Menor	0.563	0.103	0.014	0.022	0.577	0.028	0.007	0.001
	Maior	2.34	0.344	0.041	0.183	2.57	0.206	0.530	0.691
	Amplitude	1.78	0.241	0.027	0.161	1.99	0.178	0.523	0.690
JEQ-2	média	1.10	0.162	0.032	0.156	1.35	0.106	0.055	0.020
	desvio padrão	0.200	0.040	0.013	0.059	0.270	0.057	0.086	0.035
	Menor	0.514	0.061	0.017	0.032	0.617	0.028	0.007	0.001
	Maior	1.42	0.228	0.060	0.249	1.73	0.243	0.365	0.098
	Amplitude	0.911	0.167	0.043	0.217	1.11	0.214	0.358	0.097

Conforme os resultados reportados na Tabela 8.29 as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram dominantes no córrego Jequitibá, nos dois pontos de monitoramento.

De acordo com os dados reportados na Tabela 8.29, o teor de cálcio apresentou-se menor que o teor de bicarbonato, nos dois pontos de monitoramento. No entanto, a soma das concentrações de cálcio e magnésio se apresentou bastante próxima da concentração de bicarbonato.

As concentrações dos constituintes principais, sem considerar o nitrato, reportadas na Tabela 8.29 não denotaram águas impactadas, a montante dos pontos de monitoramento. Em geral, essas concentrações se apresentaram maiores que os valores médios descritos na literatura, mas menores que os valores máximos, conforme apresentado na Tabela 8.2.

As concentrações de cloreto e de sulfato reportadas na Tabela 8.29, nos dois pontos monitorados no córrego Jequitibá, se apresentaram menores que os valores máximos permitidos para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357 de 2005, não denotando impactos antrópicos a montante dos pontos de monitorados.

As concentrações de nitrato reportadas na Tabela 8.29, nos dois pontos monitorados no córrego Jequitibá, se apresentaram menores que o valor máximo permitido para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357 de 2005. No entanto, com frequência, ocorreram concentrações maiores que 0,082 meq/L (ou 5,0 mg/L) o que conforme Santos (1997, 2008) pode ser indicativo de contaminação por fonte antrópica.

De acordo com as concentrações de cálcio, magnésio, potássio e sulfato, reportadas na Tabela 8.28, não há indicação de impacto originado da utilização de fertilizantes em

atividades agrícolas, nas áreas drenadas pelo córrego Jequitibá a montante dos pontos monitorados.

Está apresentado na Figura 8.57 o diagrama de Piper, considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ , no córrego Jequitibá.

Os resultados apresentados na Tabela 8.28, indicaram que a hidroquímica das águas do córrego Jequitibá também se apresentou sob a influência dominante das concentrações dos íons cálcio e bicarbonato.

Os resultados sumarizados no diagrama de Piper na Figura 8.57, corroboram a característica cálcica-bicarbonatada das águas do córrego Jequitibá.

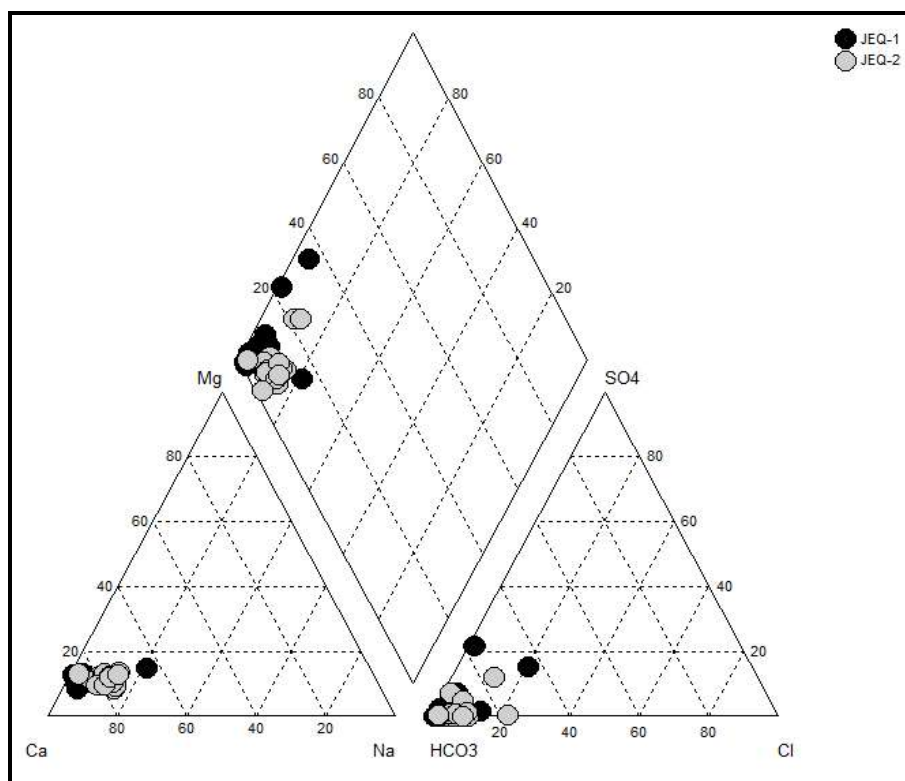


Figura 8.57– Diagrama de Piper — córrego Jequitibá

Nas águas do córrego Jequitibá, no ponto de monitoramento JEQ-1, eventualmente ocorreram concentrações de sulfato maiores, mas não suficientemente grandes para caracterizar águas sulfatadas.

De acordo com o diagrama de Piper, apresentado na Figura 8.57, as águas do córrego Jequitibá, se apresentaram como águas de fácies hidroquímica cálcica-bicarbonatada, em razão das concentrações dominantes de cálcio e de bicarbonato.

Semelhantemente às águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, a hidroquímica das águas do córrego Jequitibá se apresentou condicionada pelas concentrações dominante dos íons cálcio e bicarbonato, conforme os dados sumarizados no diagrama de Piper na Figura 8.57.

Concentrações de sulfato e de cloreto mais elevadas, cerca de 0,7 e de 0,21 meq/L, em uma amostra do ponto JEQ-1, e de cloreto mais elevada, cerca de 0,24 meq/L, em uma amostra do ponto JEQ-2 induziram a dispersão observada no diagrama de Piper, na Figura 8.31. No entanto essas concentrações não foram suficientemente grandes para modificar a característica hidroquímica das águas do córrego Jequitibá.

Os teores dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, no córrego Jequitibá estão sumarizados nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.58.

Pode ser observado, na Figura 8.58 (a), que o córrego Jequitibá se apresentou com maiores teores de sódio e magnésio, e mais pobre em potássio. No ponto de monitoramento JEQ-1, o magnésio ocorreu com teores acima de 60 % e no ponto de monitoramento JEQ-2, os teores de sódio se apresentaram acima de 50%.

O cloreto e o nitrato se apresentaram em maiores teores que o sulfato que, em geral, ocorreu com teor menor que 20% em relação ao total dos anions reportados na Figura 8.58(b), no córrego Jequitibá.

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.58 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente das águas do córrego Jequitibá, que se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

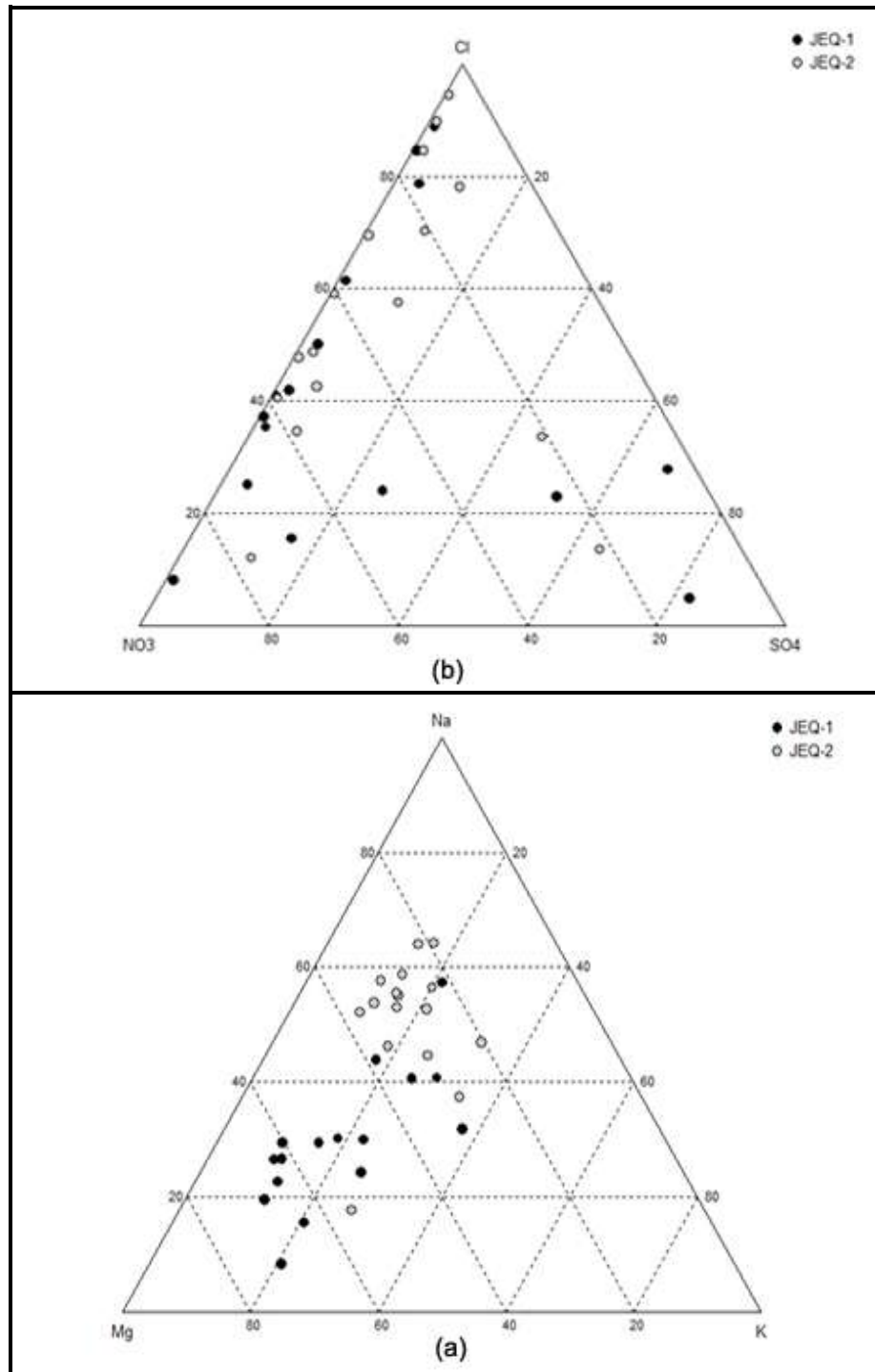


Figura 8.58 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> no córrego Jequitibá

Para o córrego Jequitibá, foram identificadas as seguintes seqüências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.29:

- córrego Jequitibá (ponto JEQ-1) — Ca > Mg > Na > K; e, HCO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub> > NO<sub>3</sub> > Cl; e,
- córrego Jequitibá (ponto JEQ-2) — Ca > Na > Mg > K; e, HCO<sub>3</sub> > Cl > NO<sub>3</sub> > SO<sub>4</sub>.



## Ocorrências de Constituintes Secundários e Traços

### Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca valor máximo permitido, para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise utilizado.

Na Figura 8.59, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de alumínio, no córrego Jequitibá, no período monitorado.

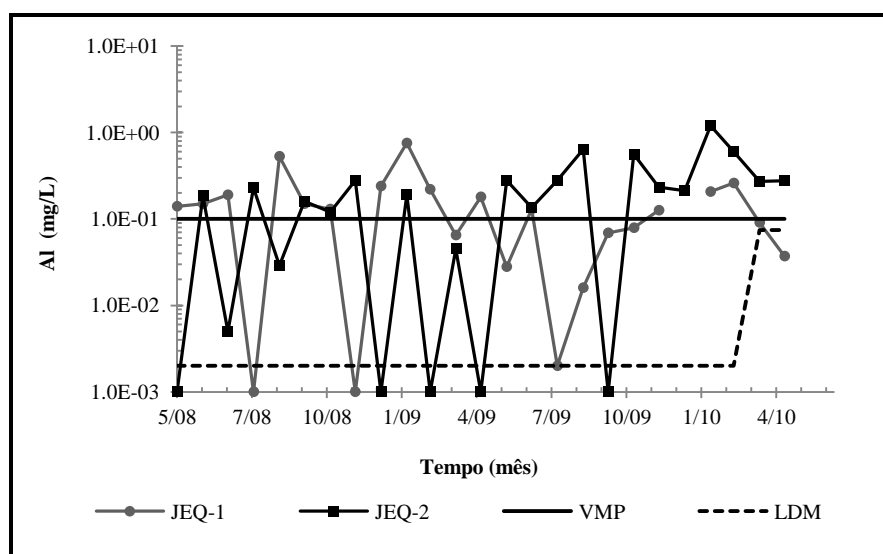


Figura 8.59 – Ocorrências de alumínio no córrego Jequitibá

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado no córrego Jequitibá com frequência de 86%. Ocorreram concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido de classe com frequência de 27%. As concentrações máximas observadas foram de 0,755 mg/L, em fevereiro de 2009, no ponto de monitoramento a montante, JEQ-1, e de 1,20 mg/L, em fevereiro de 2010, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2. Concentrações maiores que o valor máximo permitido de classe, se apresentaram com maior frequência no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2.

Na Figura 8.60, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro, no córrego Jequitibá, no período monitorado.

O ferro foi quantificado com frequência de 98%, apresentando concentrações acima da norma estabelecida com uma frequência de 67%. As concentrações máximas observadas foram de 26,0 mg/L, em outubro de 2008, no ponto de monitoramento a montante, JEQ-1, e de 1,89 mg/L, em fevereiro de 2010, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2. Cerca de 8% das

concentrações de ferro verificadas no ponto de monitoramento de montante, JEQ-1, se apresentaram menores que no ponto de monitoramento de jusante.

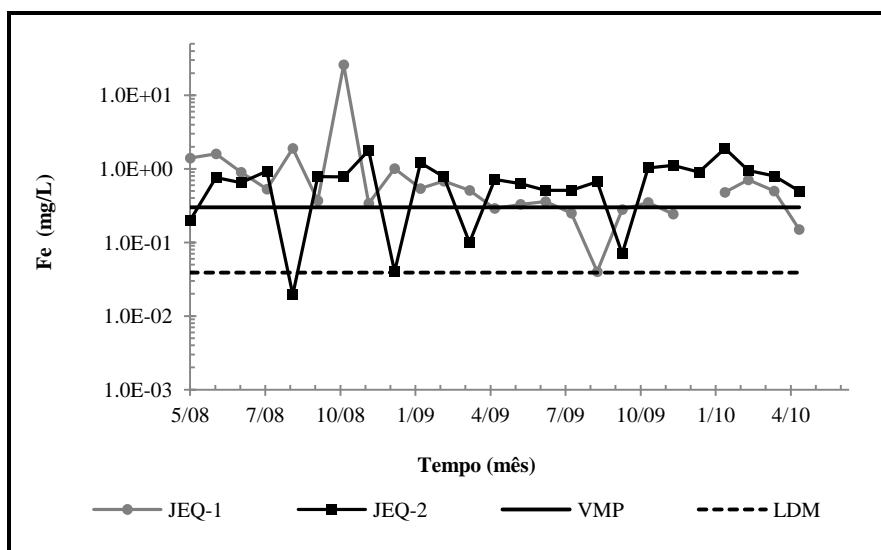


Figura 8.60 – Ocorrências de ferro no córrego Jequitibá

Na Figura 8.61, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de manganês, no córrego Jequitibá, no período monitorado.

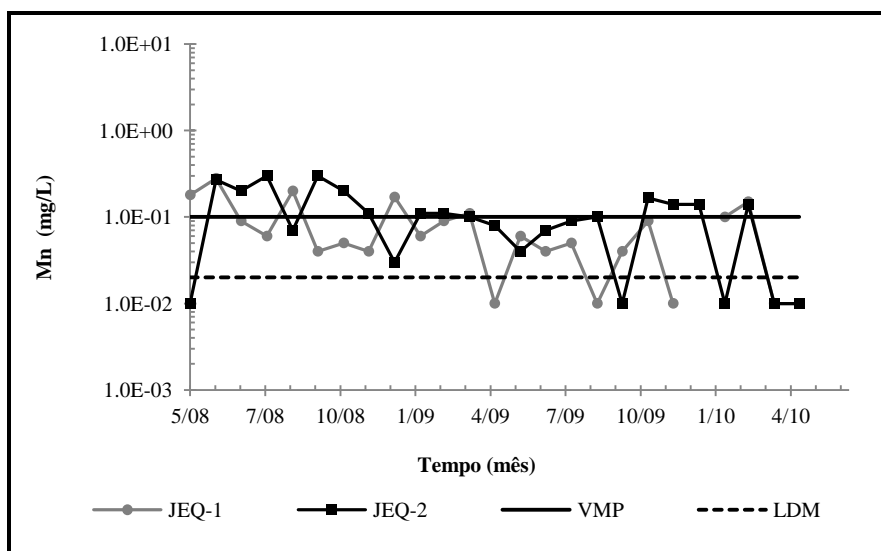


Figura 8.61 – Ocorrências de manganês no córrego Jequitibá

O manganês foi quantificado com frequência de 80%, verificando-se 29% de resultados acima do valor máximo permitido de classe. As concentrações máximas observadas foram de 0,280 mg/L, em junho de 2008, no ponto de monitoramento a montante, JEQ-1, e de 0,300 mg/L, em agosto e outubro de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2.

De acordo com a Figura 8.61 verifica-se que as concentrações de manganês, em geral, se apresentaram maiores no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2.

As concentrações máximas observadas foram de 0,30 mg/L, no ponto de monitoramento a montante, JEQ-2, em agosto de 2008, e de 0,27 mg/L no ponto de monitoramento a jusante, JEQ-1, em junho de 2008.

Pode ser observado no hidrograma da Figura 8.61, que as concentrações de manganês, em geral, se apresentaram maiores no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2. A partir de abril de 2010, o manganês não foi quantificado nos dois córregos.

Verificou-se a ocorrência dos metais alumínio, ferro e manganês com frequência elevada nas águas do córrego Jequitibá, nos dois pontos de monitoramento, durante o período do estudo.

Aparentemente, a ocorrência de Al apresentou maior variabilidade que as ocorrências de ferro e de manganês nos dois pontos de monitoramento, no córrego Jequitibá.

No córrego Jequitibá, o ferro foi quantificado com frequência de 100% no ponto JEQ-1, apresentando a concentração máxima de 26,0 mg/L, em novembro de 2008.

O manganês foi quantificado com uma frequência cerca de 80% nos dois pontos de monitoramento do córrego Jequitibá. Ocorreram cerca de 45% de concentrações acima da norma estabelecida, para o manganês.

As concentrações de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.59 a 8.61 não foram grandes o suficiente para denotar alguma anomalia geoquímica, nas áreas drenadas pelo córrego Jequitibá, a montante dos respectivos pontos monitorados.

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas das Figuras 8.59 a 8.61 estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.62.

As maiores concentrações de ferro e manganês no córrego Jequitibá, podem ser atribuídas aos seguintes fatores: maior exposição deste córrego à deposição de material particulado, expelido pelas calcinações e fundições, na região; e, maiores teores de argilominerais, no córrego Jequitibá, cujo trecho a montante dos pontos de monitoramento, em boa parte, drena terrenos no domínio de rochas pelíticas.

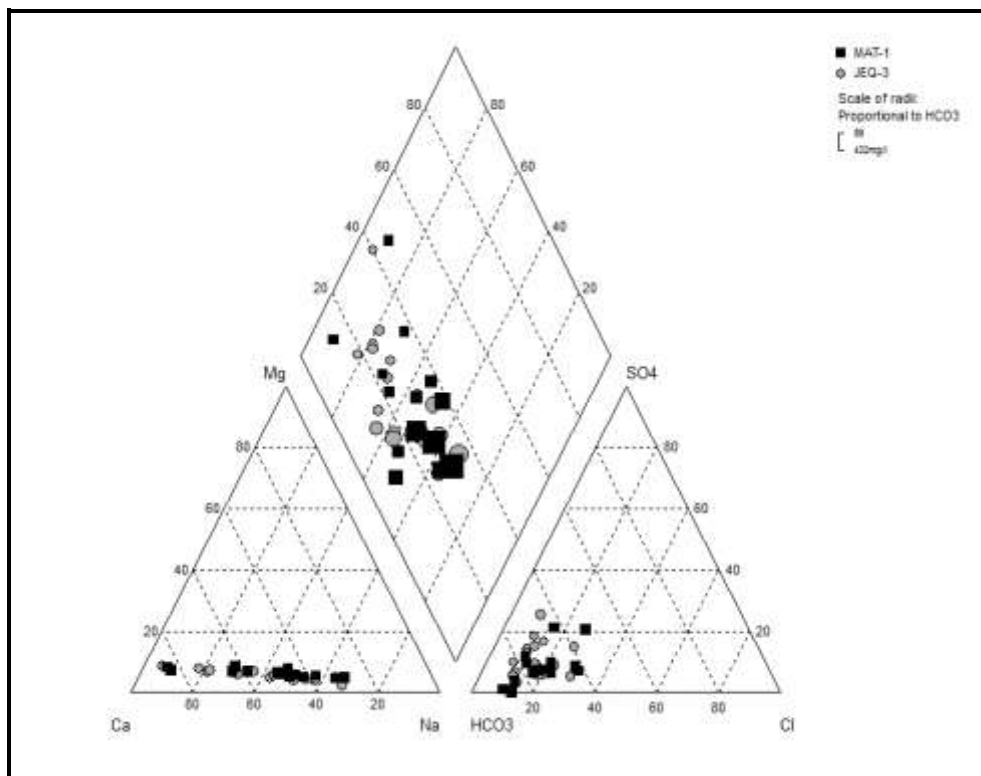


Figura 8.62 – Teores de alumínio, ferro e manganês no córrego Jequitibá

Do ponto de vista ambiental, foram frequentes as ocorrências de alumínio e ferro em concentrações maiores que os valores máximos permitidos para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA 357 de 2005.

O manganês ocorreu com frequência, em concentrações acima do valor máximo permitido, conforme apresentado nos hidrogramas na Figura 8.24, apenas no ponto JEQ-2, o que pode ser devido a resíduos originados das instalações de apoio da Epamig.

As concentrações de alumínio e ferro se apresentaram fortemente maiores que os valores descritos na literatura e sumarizados na Tabela 8.2.

Os teores elevados de ferro e de alumínio verificados nas águas do córrego Jequitibá, em parte, estão associados ao fato das concentrações terem sido medidas em amostras não filtradas e acidificadas, o que acarreta a dissolução do material particulado em suspensão e o possível aumento de suas concentrações.

Na Figura 8.63, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, no córrego Jequitibá, no período monitorado.

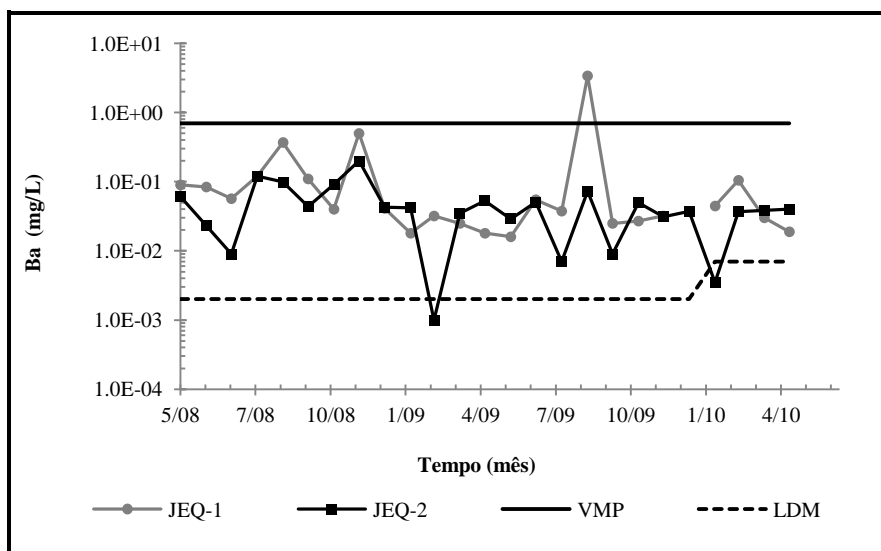


Figura 8.63 – Ocorrências de bário no córrego Jequitibá

O bário foi quantificado com freqüência acima de 90%, verificando-se apenas um resultado acima do valor máximo permitido de classe.

De acordo com os hidrogramas na Figura 8.63 verifica-se que o bário não ocorreu com concentrações dominantes, em nenhum dos dois pontos de monitoramento.

As concentrações máximas observadas foram de 3,40 mg/L, em setembro de 2009, no ponto de monitoramento a montante, JEQ-1, e de 0,200 mg/L, em dezembro de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-2.

Do ponto de vista ambiental e conforme mostrado no diagrama da Figura 8.63, ocorreu apenas uma concentração de bário maior que o valor máximo permitido, estabelecido na resolução CONAMA N° 357 de março de 2005, que foi verificada em setembro de 2009.

Na Figura 8.64, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de cromo, no córrego Jequitibá, no período monitorado.

Conforme apresentado nos hidrogramas da Figura 8.64, as quantificações do cromo nas águas do córrego Jequitibá foram frequentes. O metal foi quantificado com freqüência de 29% no ponto de monitoramento JEQ-1, e de 20% no ponto de monitoramento JEQ-2.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações de cromo se apresentaram menores que o valor máximo permitido, estabelecido para águas de classe dois conforme a resolução CONAMA N° 357 de março de 2005, nos dois pontos de monitoramento do córrego Jequitibá.

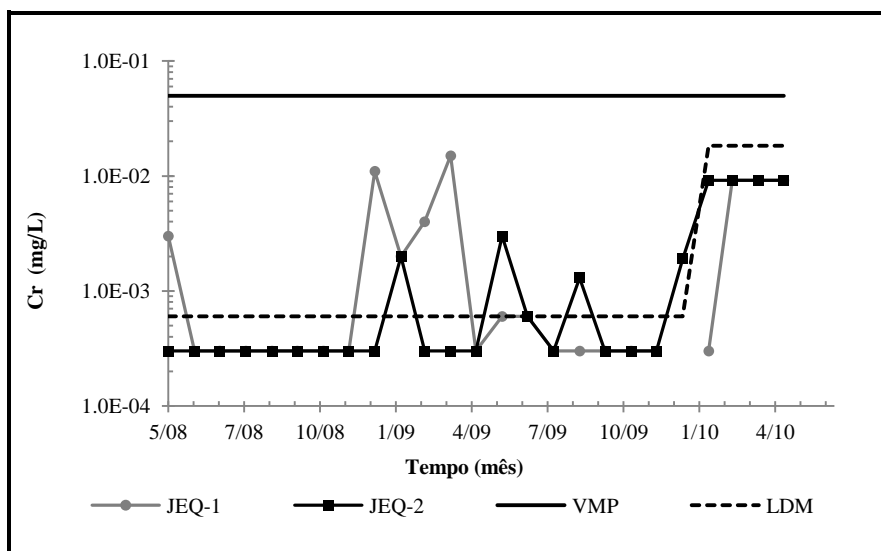


Figura 8.64 – Ocorrências de cromo no córrego Jequitibá

No córrego Jequitibá, as maiores concentrações verificadas de Cr foram 0,0150 mg/L e 0,0030 mg/L, nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2, respectivamente.

Do ponto de vista ambiental e conforme mostrado no diagrama da Figura 8.64, não foram verificadas concentrações de cromo maiores que o valor máximo permitido, estabelecido na resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Na Figura 8.65, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de chumbo e de cobre, verificadas no córrego Jequitibá, no período monitorado.

Pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.65, que nas poucas vezes que o chumbo e o cobre foram quantificados nas amostras do córrego Jequitibá, suas concentrações se apresentaram maiores que os limites estabelecidos para águas de classe dois.

No ponto de monitoramento JEQ-1 as maiores concentrações verificadas de Pb e de Cu foram 0,0388 mg/L e 0,060 mg/L, enquanto que no ponto JEQ-2 foram 0,604mg/L e 0,142 mg/L, no período de chuvas do ano hidrológico 2009-2010.

Do ponto de vista ambiental, no córrego Jequitibá, foram verificadas concentrações de chumbo maiores que o valor máximo permitido, estabelecido na resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, com freqüência de 50%, no ponto de monitoramento JEQ-1 e de 100%, no ponto de monitoramento JEQ-2. Para o cobre 100% das quantificações se apresentaram maiores que o valor máximo permitido, estabelecido para águas de classe dois conforme a

resolução CONAMA N° 357 de março de 2005, nos dois pontos de monitoramento do córrego Jequitibá.

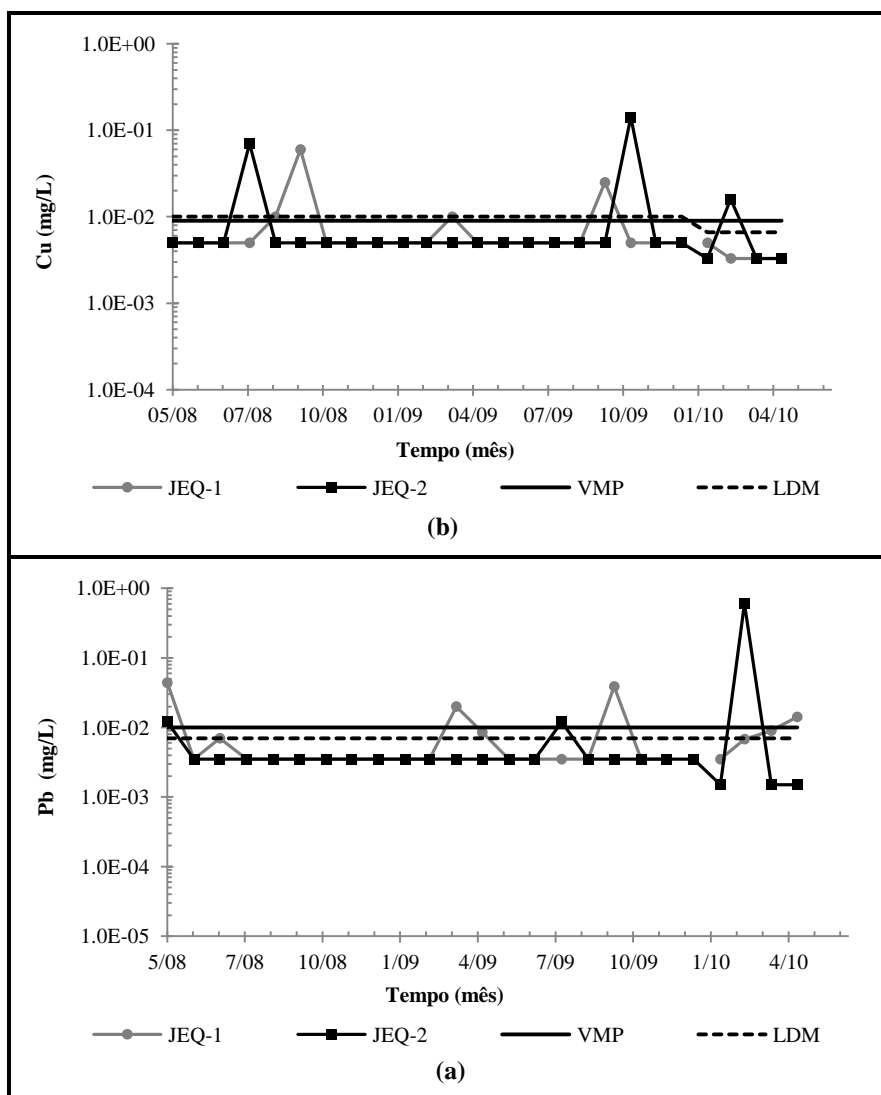


Figura 8.65 – Ocorrências de chumbo e de cobre no córrego Jequitibá

Conforme mostrado nos diagramas na Figura 8.65 a baixa frequência de quantificação do chumbo e do cobre, resulta dos elevados limites de detecção dos respectivos métodos analíticos empregados.

Na Figura 8.66 estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de zinco e de cádmio no córrego Jequitibá, no período monitorado.

De acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.65 (a), verifica-se que o zinco foi quantificado com maior frequência que o cádmio nas águas do córrego Jequitibá, nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2.

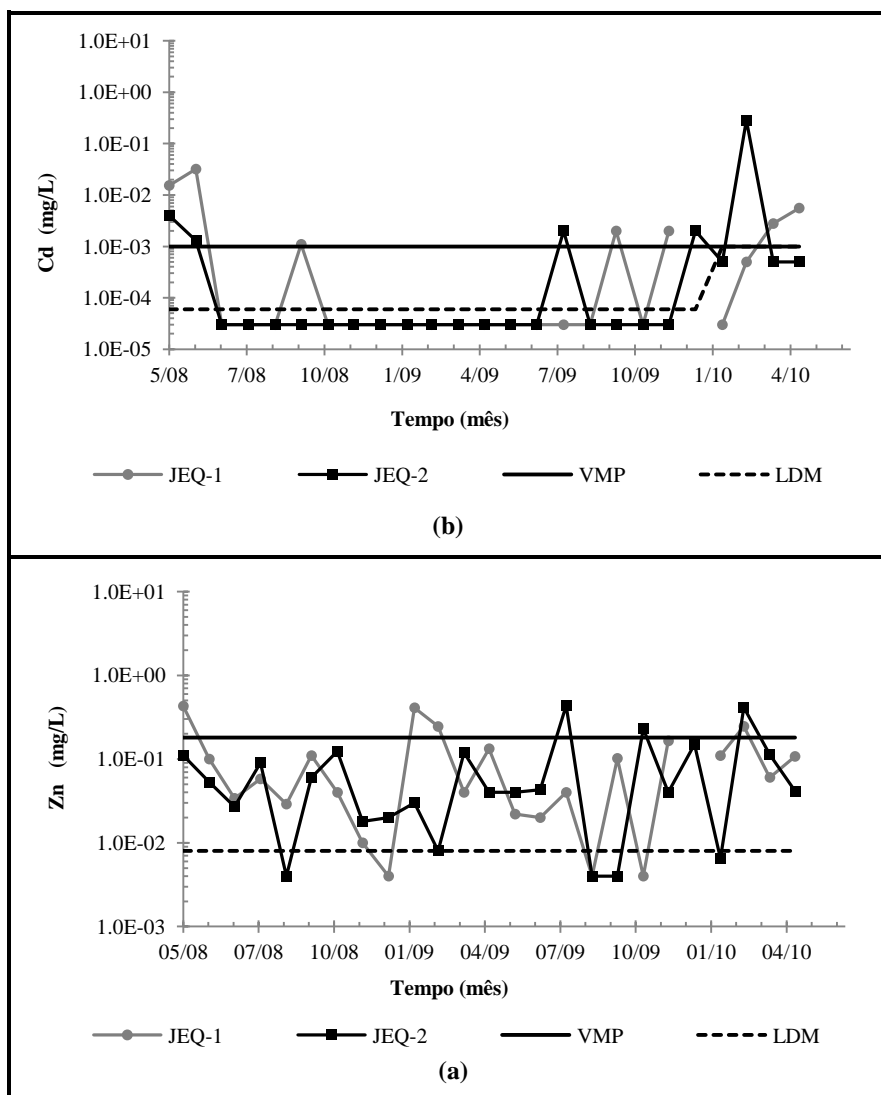


Figura 8.66 – Ocorrências de zinco e de cádmio no córrego Jequitibá

O zinco foi quantificado com frequência de 88% no córrego Jequitibá. As concentrações máximas de zinco foram 0,430 mg/L, verificada em junho de 2008, no ponto JEQ-1 e 0,435 mg/L no ponto JEQ-2, verificada em agosto de 2009.

Do ponto de vista ambiental, a frequência de concentrações acima do valor máximo permitido, estabelecido para águas de classe dois, conforme a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, foi de 19% no ponto JEQ-1 e de 14% no ponto JEQ-2.

No córrego Jequitibá o cádmio foi quantificado com frequência de 29%, no ponto JEQ-1 e de 20%, no ponto JEQ-2. No ponto de monitoramento JEQ-1 a maior concentração verificada de cádmio foi 0,032 mg/L, em junho de 2008 e no ponto JEQ-2 foi 0,287 mg/L, em março de 2010.



Do ponto de vista ambiental, 100% das concentrações de cádmio se apresentaram maiores que valor máximo permitido, estabelecido para águas de classe dois, conforme a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

Conforme mostrado no diagrama na Figura 8.65 (b), a partir de dezembro de 2010, foi adotado um método analítico, para o cádmio, com um limite de detecção mais elevado, o que certamente irá reduzir as quantificações desse metal tóxico, nas águas naturais.

Do ponto de vista ambiental a frequência absoluta de ocorrências dos constituintes secundários e traços acima dos valores máximos permitidos, monitorados no córrego Jequitibá, de acordo com os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.63 a 8.66 foi pequena.

Na Tabela 8.30 estão apresentadas as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços verificados no canal de irrigação.

Tabela 8.30 – Constituintes secundários e traços no córrego Jequitibá

Córrego	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Jequitibá (JEQ-1)	Média	187	464	81.8	255	14.1	25.0	4.40	3.09	127
	Mínimo	2.00	40.0	40.0	18.0	6.80	25.0	0.60	2.00	20.0
	Máximo	755	1010	170.0	3400	38.8	25	11.0	5.58	410
Jequitibá (JEQ-2)	Média	347	737	138	40.1	12.0	106	1.70	1.77	99.5
	Mínimo	5.00	40.0	30.0	7.00	12.0	70.0	0.60	1.30	8.00
	Máximo	1200	1890	300	120	12.0	142	3.00	2.00	435

As concentrações mínimas, médias e máximas reportadas na Tabela 8.30, se apresentaram mais elevadas, que as concentrações dos constituintes secundários e traços, descritas na literatura, e sumarizadas na Tabela 8.2. Entretanto, o fato das determinações terem sido realizadas em amostras não filtradas e acidificadas, contribuiu para que as concentrações desses constituintes se apresentassem maiores.


Para o córrego Jequitibá foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes secundários e traços, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.30:

- córrego Jequitibá (ponto JEQ-1) — Fe > Ba > Al > Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd; e,
- córrego Jequitibá (ponto JEQ-2) — Fe > Al > Mn > Cu > Zn > Ba > Pb > Cd > Cr.

Do ponto de vista ambiental, considerando as concentrações médias reportadas na Tabela 8.29 e os valores máximos permitidos (VMP), de acordo com a resolução CONAMA N° 357 de 2005, estão sumarizadas na Tabela 8.31, as concentrações dos constituintes secundários e traços, que se apresentaram maiores que o VMP.

Tabela 8.31 – Concentrações maiores que os valores máximos permitidos de constituintes secundários e traços no córrego Jequitibá

Córrego	Concentração	Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
Jequitibá (JEQ-1)	mínima									
	média									
	máxima									
Jequitibá (JEQ-2)	mínima									
	média									
	máxima									

 Concentração maior que o valor máximo permitido.

O fato das concentrações reportadas na Tabela 8.31 se apresentarem, em geral, aumentadas em relação aos valores descritos na literatura, em parte, é atribuído à dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

Com exceção dos metais Al, Fe, Mn, Ba e Zn, as quantificações dos metais Pb, Cu, Cr e Cd foram poucas, em frequências absolutas, entretanto se apresentaram, em geral, em concentrações maiores que os valores máximos permitidos.

### **Corpos d'água lóticos impactados por esgoto sanitário**

#### **Córrego Matadouro e rio Jequitibá**

#### **Pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3**

O córrego Matadouro recebe esgotos sanitários, brutos, de Sete Lagoas desaguando no rio Jequitibá, no local de coordenadas UTM 7850563 norte e 589036 leste, esses dois corpos d'água também recebem esgoto sanitário de populações ribeirinhas.

O aspecto das águas nos dois pontos de monitoramento, estabelecidos nesses dois corpos d'água, pode ser observado nas Figuras F43 e F45, no Anexo F.

As coordenadas e locais dos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, estão sumarizados na Tabela 8.32.

Tabela 8.32 – Localização do pontos de monitoramento nos córregos impactados com esgoto

Identificação		Coordenadas		Caracterização do ponto ou local
Texto	Monitoramento	L (m)	N (m)	
MAT-1	S3D2-2	585317	7849660	Córrego Matadouro – ponte bairro Areias
JEQ-3	S3D2-1	588927	7854662	Rio Jequitibá – ponte fazenda Monjolos

Os pontos de monitoramento nesses corpos d'água, a saber, pontos MAT-1 e JEQ-3, foram estabelecidos na ponte sobre o córrego Matadouro (ver Figura F42 e F43, no Anexo F), no bairro Areias, em Sete Lagoas, no limite noroeste do CNPMS, e na ponte sobre o rio Jequitibá, na fazenda Monjolos (ver Figura F44 e F45, no Anexo F), na estrada que liga Sete Lagoas a cidade de Jequitibá. A distância entre os dois pontos de monitoramento, restituída no Google Hearth, é cerca de 13 km, pelo vale dos corpos d'água.

Na imagem apresentada na Figura 8.67 estão apontados os locais dos pontos de monitoramento MAT-1, no córrego Matadouro e JEQ-3, no rio Jequitibá, descritos na Tabela 8.28.



Figura 8.67 – Locais dos pontos de monitoramento no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

Fonte: Google Hearth, 2011.

Na imagem da Figura 8.67 podem ser observados meandros do córrego Matadouro. Esses meandros são fortes e muitas vezes angulosos, o que denota a orientação do leito do córrego por fraturas das rochas do Grupo Bambuí, nas quais o córrego escava seu leito. No local de

coordenadas UTM 7850705 norte e 586407 leste pode ser observado um pequeno afloramento no talvegue do córrego.

A variabilidade temporal do parâmetro pH nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá está apresentada nos hidrogramas da Figura 8.68.

De acordo com o hidrograma, na Figura 8.68, o parâmetro pH nos dois corpos d'água, nos pontos monitorados, apresentou variações de pequena amplitude.

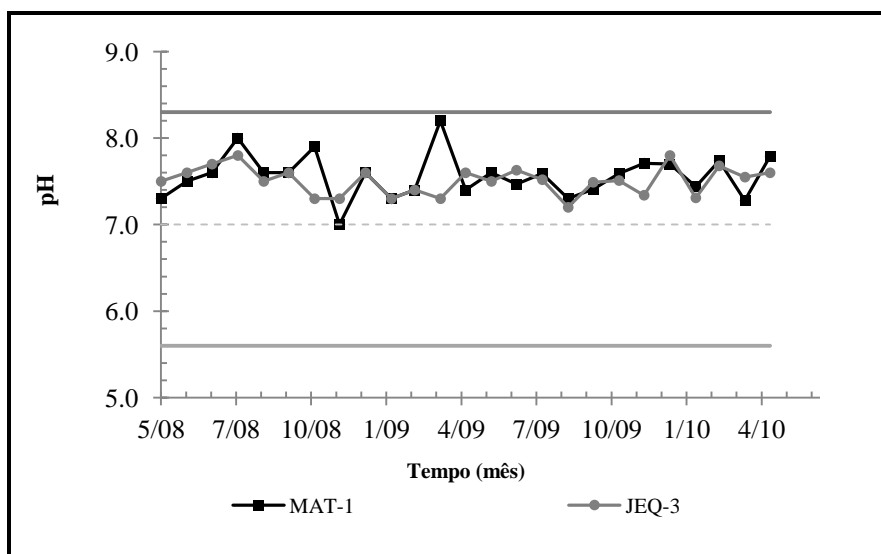


Figura 8.68 – Variabilidade do pH no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

A variabilidade do pH no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, se apresentou menor que nas águas dos corpos d'água lóticos, não contaminados com esgoto urbano, nos dois pontos de monitorados MAT-1 e JEQ-3. O comportamento da variabilidade do pH é atribuído ao efeito tampão, causado pela presença de esgoto sanitário nesses corpos d'água e em princípio atribuído a maior alcalinidade dessas águas.

Nos hidrogramas (a) e (b), na Figura 8.69, estão apresentadas as variações temporais dos parâmetros CE e STD nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, nos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3.

O comportamento da condutividade elétrica também é bem semelhante, nas águas desses corpos d'água, nos dois pontos de monitoramento. De acordo com os hidrogramas na Figura 8.69(a), as condutividades são maiores nos períodos secos, em função do aumento das concentrações iônicas devido à redução da vazão.

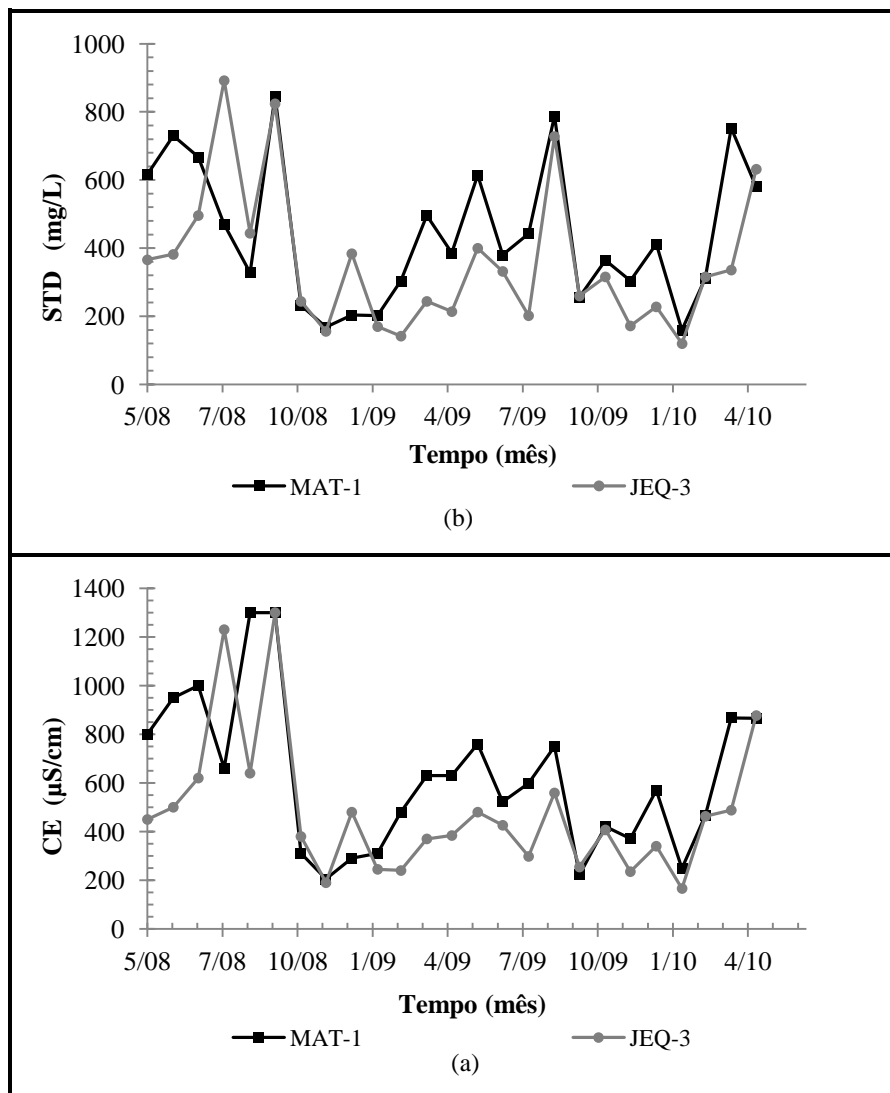


Figura 8.69 – Variabilidade do parâmetros CE e STD no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

Comportamento semelhante ao da condutividade elétrica ocorre com as concentrações de sólidos totais dissolvidos, no ponto JEQ-3, conforme o diagrama da Figura 8.69 (b). No ponto de monitoramento MAT-1, os sólidos totais dissolvidos refletem o comportamento da condutividade elétrica, a partir de setembro de 2008.

Conforme os hidrogramas nas Figuras 8.69 (a) e 8.69 (b), os parâmetros CE e STD nas águas do rio Jequitibá apresentaram tendência decrescente. Fato atribuído à autodepuração natural, em função dos processos físico-químicos e metabólicos que ocorrem ao longo do curso d'água e à maior vazão do rio, no ponto JEQ-3.

De modo geral, os valores das condutividades elétricas e das concentrações de sólidos totais dissolvidos se apresentaram menores nas águas do rio Jequitibá. No entanto, não se verificou um padrão bem definido, na variabilidade temporal desses parâmetros nos dois corpos d'água poluídos por despejos sanitários urbanos.

Na Tabela 8.33 estão sumarizadas as estatísticas média, desvio padrão, mínimo, máximo, e amplitude para os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá.

Em média, o pH das águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, não apresentam diferenças apreciáveis das águas dos córregos não poluídos por despejos sanitários urbanos, denotando a origem comum dessas águas.

Já os parâmetros CE e STD se apresentaram elevados em função das cargas de despejos sanitários recebidos pelos dois corpos d'água.

Tabela 8.33 – Estatísticas dos parâmetros pH, CE e STD nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá

Ponto	Estatísticas	pH	CE	STD
MAT-1	média	7.51	407.3	316.4
	desvio padrão	0.16	133.3	146.0
	Menor	7.20	166.2	120.0
	Maior	7.80	640.0	728.0
JEQ-3	média	7.48	456.2	353.1
	desvio padrão	0.20	182.2	169.7
	Menor	7.00	205.0	160.0
	Maior	7.74	760.0	788.0

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.32 se verifica que a presença de esgoto sanitários no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, não acarretou valores médios dos parâmetros pH e STD maiores que os valores estabelecidos na resolução CONAMA N° 357 de 2005, a saber, pH entre 6,0 e 9,0 e STD menor que 500 mg/L.

Os valores do parâmetro condutividade elétrica, CE, reportados na Tabela 8.32, se apresentaram maiores que os valores verificados nos demais corpos d'água lóticos, em média, 300% maiores, refletindo o aumento das concentrações iônicas acarretado pela presença de esgotos sanitários no córrego Matadouro e no rio Jequitibá.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.32:

- córrego Matadouro (MAT-1) — pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $407 \pm 133$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $316 \pm 146$ ) mg/L; e,

- rio Jequitibá (JEQ-3) — pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $456 \pm 182$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $353 \pm 170$ )  $\text{mg/L}$ .

A variabilidade estatística dos valores médios do pH, nas águas monitoradas no sistema, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 3% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

As variabilidades dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultaram maiores que 30% respectivamente, nas águas dos dois corpos d'água impactados com esgoto. Valores considerados elevados para determinações de natureza experimental.

No entanto é admitido, que as variabilidades elevadas apresentadas pelos parâmetros CE e STD esteja associadas à presença do esgoto nas águas monitoradas.

### Constituintes iônicos principais

Conforme a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.31, para as concentrações dos constituintes principais, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, nos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

Tanto as concentrações dos cátions, como as concentrações dos ânions, reportadas na Tabela 8.34, se apresentaram elevadas em relação aos demais corpos d'água lóticos, em função da carga de despejos sanitários recebidos por esses dois corpos d'água.

Tabela 8.34 – Cátions e ânions principais nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá

Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
MAT-1	Média	2.05	0.264	0.252	2.16	3.87	1.06	0.062	0.432
	Desvio padrão	0.468	0.078	0.125	1.53	1.68	0.688	0.072	0.247
	Mínimo	1.30	0.152	0.120	0.174	1.46	0.324	0.007	0.001
	Máximo	2.96	0.405	0.537	4.96	7.07	2.28	0.258	0.981
	Amplitude	1.65	0.253	0.417	4.78	5.61	1.95	0.251	0.980
JEQ-3	Média	2.10	0.225	0.153	1.80	3.68	0.788	0.084	0.538
	Desvio padrão	0.393	0.045	0.071	1.33	1.33	0.472	0.115	0.493
	Mínimo	1.32	0.140	0.061	0.139	1.49	0.158	0.007	0.040
	Máximo	2.84	0.328	0.334	4.96	6.02	2.07	0.389	2.22
	Amplitude	1.52	0.188	0.273	4.82	4.53	1.91	0.382	2.18

As concentrações de cálcio, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, foram menores que às concentrações de cálcio verificadas nos córregos Marinheiro e Forquilha, fato atribuído à

possível precipitação de carbonatos ou sulfatos em função das maiores concentrações de bicarbonato de sulfato no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, e à remoção por adsorção na matéria orgânica particulada presente.

As concentrações dos constituintes cálcio, magnésio e nitrato, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, aparentemente, não foram afetadas pela presença de esgotos sanitários. Já as concentrações dos constituintes potássio, sódio, bicarbonato, cloreto e sulfato se apresentaram muito maiores que nos corpos d'água não poluídos por esgoto sanitário, em média, esse aumento foi maior do que 100%.

Está apresentado na Figura 8.44 o diagrama de Piper, considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ , no córrego Matadouro e no rio Jequitibá.

O aumento das concentrações desses constituintes, em função da carga de esgoto sanitário, refletiu na hidroquímica das águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, conforme pode ser observado diagrama de Piper, apresentado na Figura 8.70.

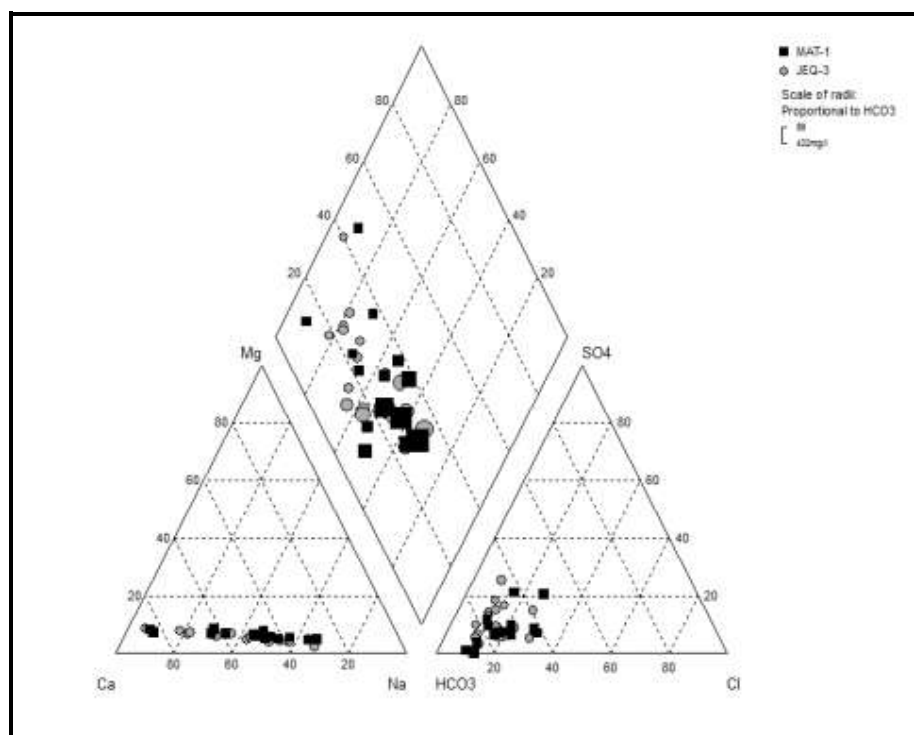


Figura 8.70 – Diagrama de Piper — córrego Matadouro e rio Jequitibá

No diagrama na Figura 8.70, a distribuição dos pontos nos dois triângulos da base indicam que essas águas não se apresentaram francamente cálcicas ou sódicas, no entanto se mostraram francamente bicarbonatadas.



Tanto as águas do córrego Matadouro como do rio Jequitibá mostraram hidroquímica dominada pelos íons cálcio, sódio e bicarbonato, se apresentando distribuídas de cálcicas bicarbonatas a sódicas bicarbonatadas, ou seja, a característica hidroquímica sódica-bicarbonatada foi prevalente no córrego Matadouro, e no rio Jequitibá as águas mostraram hidroquímica de cálcica-bicarbonatada a sódica-bicarbonatada, sendo que esta característica se apresentou mais forte.

As concentrações de cálcio verificadas nos dois corpos d'água se apresentaram com maior variação, fato atribuído à presença de despejos sanitários, que também contribuiu para o aumento das concentrações de sódio e cloreto, o que acarretou a distribuição dessas águas no domínio de águas cálcicas-bicarbonatadas a sódicas-bicarbonatadas.

As ocorrências dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá estão sumarizadas nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.71 (a) e (b).

Conforme o diagrama na Figura 8.71 (a), no córrego Matadouro e no rio Jequitibá os teores de sódio e de potássio foram pequenos. O magnésio ocorreu com teores acima de 60 % na maioria das amostras.

Os teores de cloreto e de sulfato se apresentaram maiores que os teores de nitrato. Em geral, as águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá apresentou teores de nitrato menores que 10%, em relação ao total dos ânions reportados na Figura 8.71 (b), nos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3.

Os constituintes sódio, potássio, cloreto e sulfato, reportados nos diagrama ternários da Figura 8.45, se apresentaram com concentrações maiores que nos córregos não poluídos por esgoto sanitário.

De acordo com a Figura 8.71 (a) as águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá se apresentaram fortemente sódicas e com teores de potássio maiores, mas não suficientes para modificar as características hidroquímicas prevalentes, nas águas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, a saber, águas sódicas bicarbonatas e cálcicas bicarbonatadas. No entanto, a característica hidroquímica sódica, em princípio, foi atribuída pelo sódio originado do esgoto sanitário.

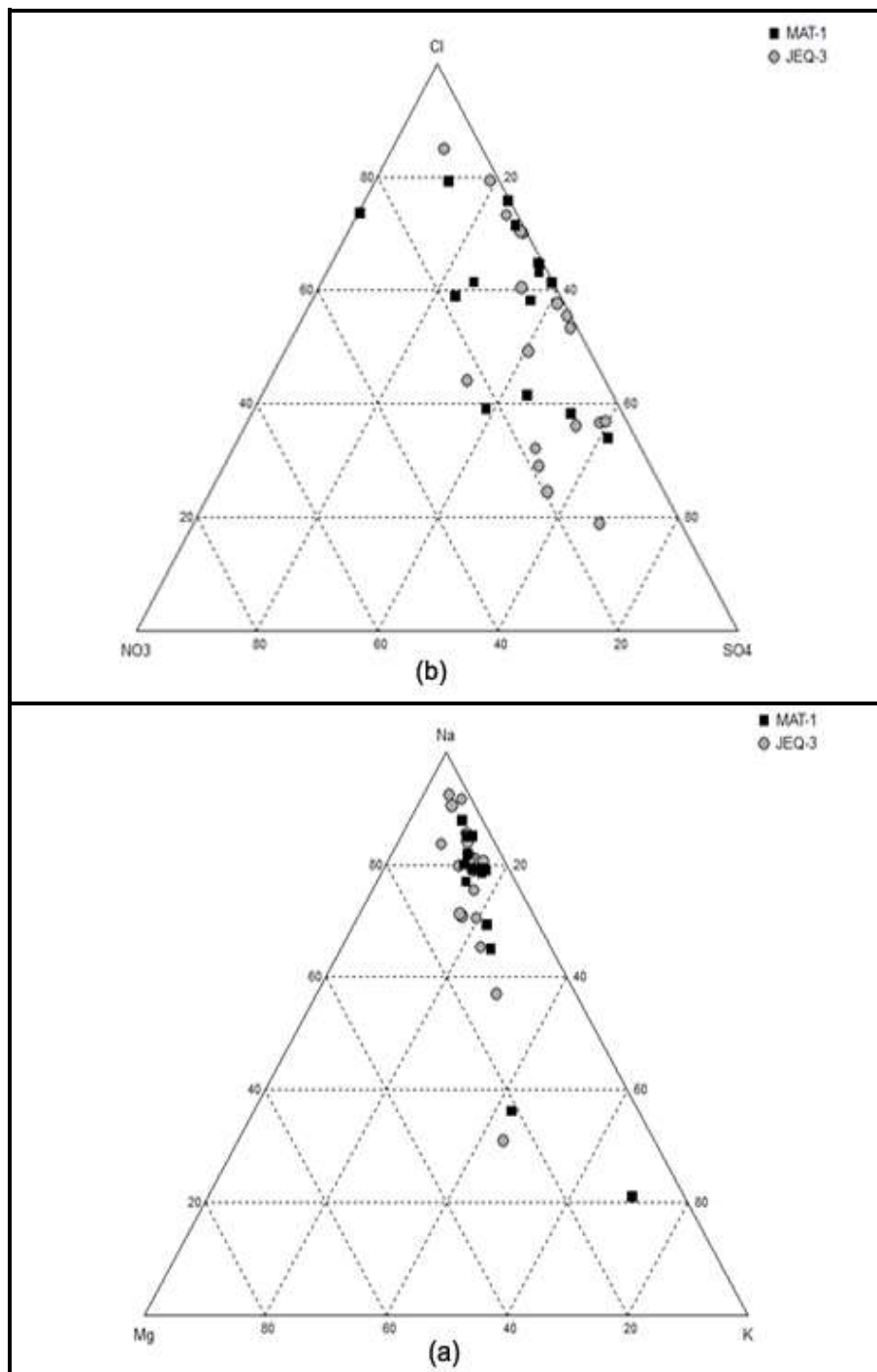


Figura 8.71 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

As maiores concentrações de cloreto e de sulfato, representadas na Figura 8.71 (b), não foram suficientemente grandes para alterar o caráter bicarbonatado das águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá.

Nos diagramas ternários na Figura 8.71, pode ser observado que as concentrações de potássio, sódio, cloreto e sulfato, foram aumentadas pela presença de esgoto sanitário nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá.

Para o córrego Matadouro e para o rio Jequitibá, foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.31:

- córrego Matadouro (ponto MAT-1) — Na > Ca > Mg > K; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3$  ; e,
- rio Jequitibá (ponto JEQ-3) — Ca > Na > Mg > K; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3$ .

### Constituintes secundários e traços

#### Alumínio, Ferro e Manganês

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca valor máximo permitido, para águas superficiais de classe dois, de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise utilizado.

Na Figura 8.72, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de alumínio no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.

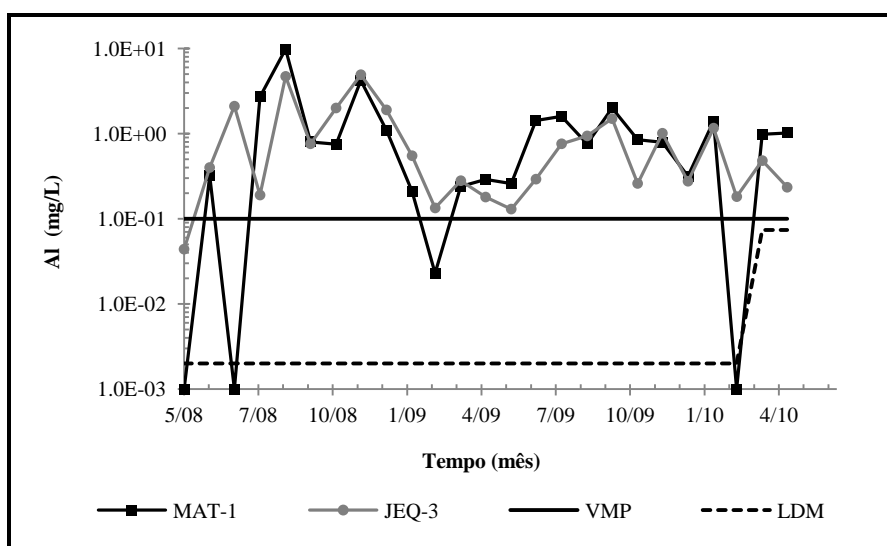


Figura 8.72 – Ocorrências de alumínio no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado no córrego Matadouro com frequência de 88 % e com frequência de 100 % no rio Jequitibá, nos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3.

Ocorrências de alumínio acima da norma de 0,2 mg/L, estabelecida para águas superficiais de classe dois, foram verificadas com frequência de 95% no córrego Matadouro e com frequência de 76 % no rio Jequitibá. As concentrações máximas observadas foram de 9,80

mg/L, em setembro de 2008, no ponto de monitoramento a montante, MAT-1, e de 4,92 mg/L, em dezembro de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-3. Concentrações maiores que a norma estabelecida, ocorreram com maior frequência no ponto de monitoramento de montante, MAT-1.

Na Figura 8.73, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.

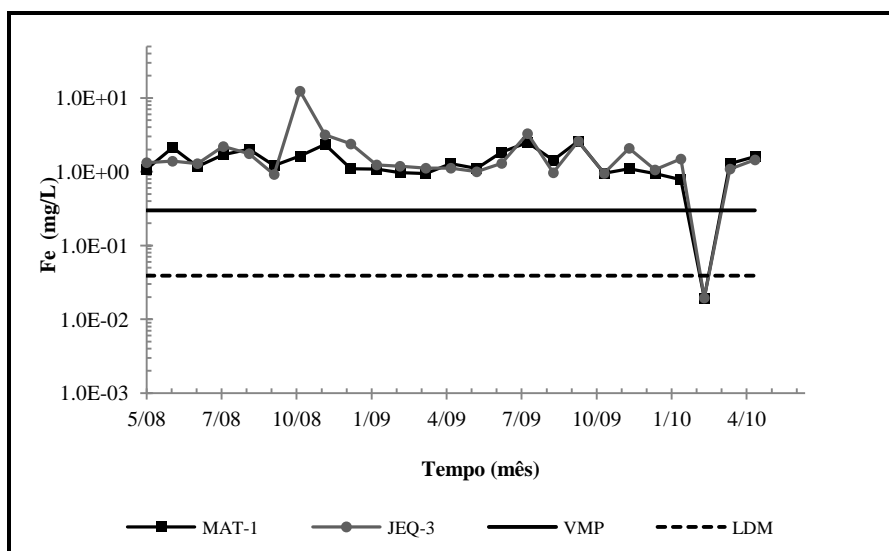


Figura 8.73 – Ocorrências de ferro no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

O ferro foi quantificado com frequência de 96%, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá nos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3, verificando-se a ocorrência de 100% de valores acima da norma estabelecida.

No córrego Matadouro e no rio Jequitibá as concentrações máximas observadas foram de 2,58 mg/L, em outubro de 2003, no ponto de monitoramento a montante, MAT-1, e de 12,38 mg/L, em novembro de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-3. Ocorreram 100 % das concentrações de acima da norma estabelecida.

Pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.73, que o comportamento temporal das concentrações de ferro no córrego Matadouro e no rio Jequitibá se apresentou muito semelhante, mas prevalecendo valores mais elevados no ponto de monitoramento do rio Jequitibá, JEQ-3.

Na Figura 8.74, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de manganês, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.

O manganês foi quantificado com frequência de 96% no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, nos pontos de monitoramento MAT-1 e JEQ-3, verificando-se respectivamente, as frequências de 92 % e de 96%, ocorrências acima da norma estabelecida, nesses pontos de monitoramento.

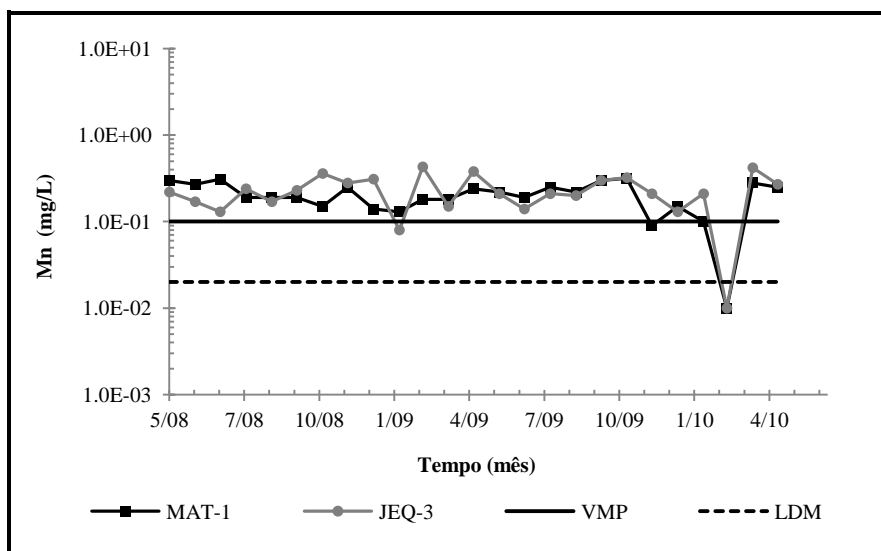


Figura 8.74 – Ocorrências de manganês no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

As concentrações máximas observadas foram de 0,317 mg/L, em março de 2009, no ponto de monitoramento a montante, MAT-1, e de 0,430 mg/L, em agosto e outubro de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-3.

Pode ser observado nos hidrogramas da Figura 8.74, que o comportamento temporal das concentrações de manganês no córrego Matadouro e no rio Jequitibá também se apresentou muito semelhante.

As ocorrências dos metais alumínio ferro e manganês, reportadas nos hidrogramas das Figuras 8.72 a 8.74 estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.75.

Pode ser observado, no diagrama da Figura 8.75, que no rio Jequitibá ocorrem maiores teores dos metais alumínio, manganês e ferro, o que denota a contribuição de tributários que deságuam no rio Jequitibá, entre os dois pontos de monitoramento, ou de outras fontes.

No caso do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, as concentrações de alumínio, ferro e manganês, refletem também os teores acrescentados pelo esgotamento sanitário a montante dos pontos monitorados, além dos teores naturais, razão pela qual as concentrações desses

metais se apresentaram fortemente aumentadas em relação às concentrações verificadas nos córregos não poluídos por esgoto sanitário.

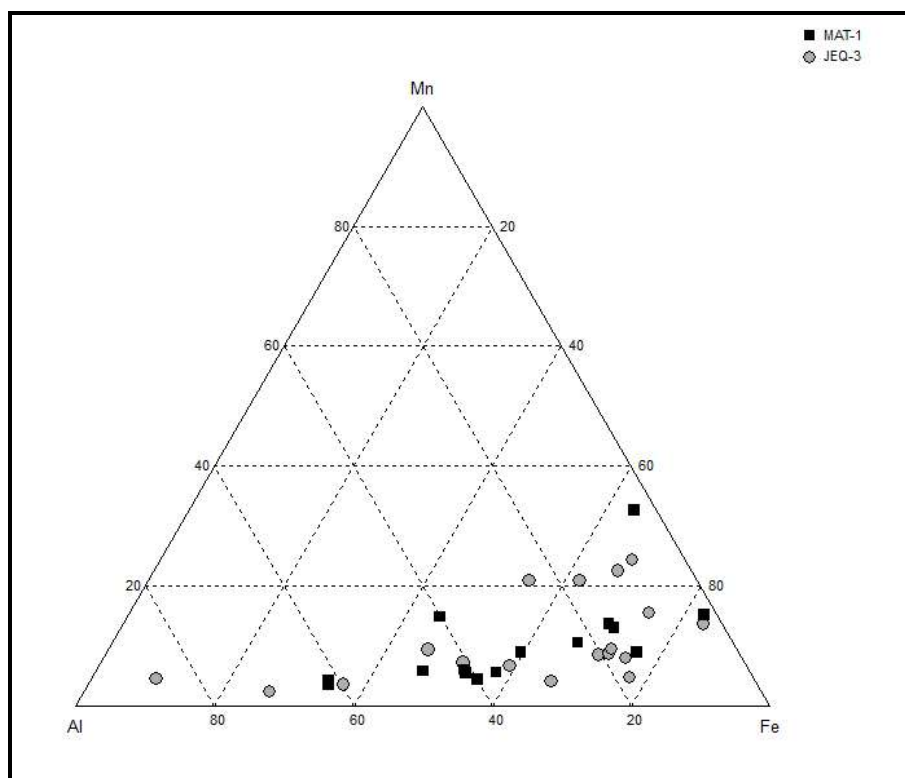


Figura 8.75 – Teores de alumínio, ferro e manganês no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

### **Arsênio, Bário, Chumbo, Cobre, Cromo, Cádmio e Zinco**

No córrego Matadouro e no rio Jequitibá foram quantificados os metais bário, chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento. Os hidrogramas para esses metais são apresentados a seguir.

O arsênio ocorreu com pequena frequência nesses corpos d'água e foram verificadas apenas duas ocorrências de cobalto no rio Jequitibá.

Na Figura 8.76, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de arsênio, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.

De acordo com os dados reportados nos hidrogramas da Figura 8.78 o arsênio foi quantificado com frequência de 16% no córrego Matadouro e com frequência de 20 % no rio Jequitibá. Para o arsênio, foi verificada apenas uma ocorrência acima da norma estabelecida, sendo de 0,126 mg/L, valor acima de uma ordem de grandeza maior do que o limite legal, no rio Jequitibá, no ponto de monitoramento JEQ-3.

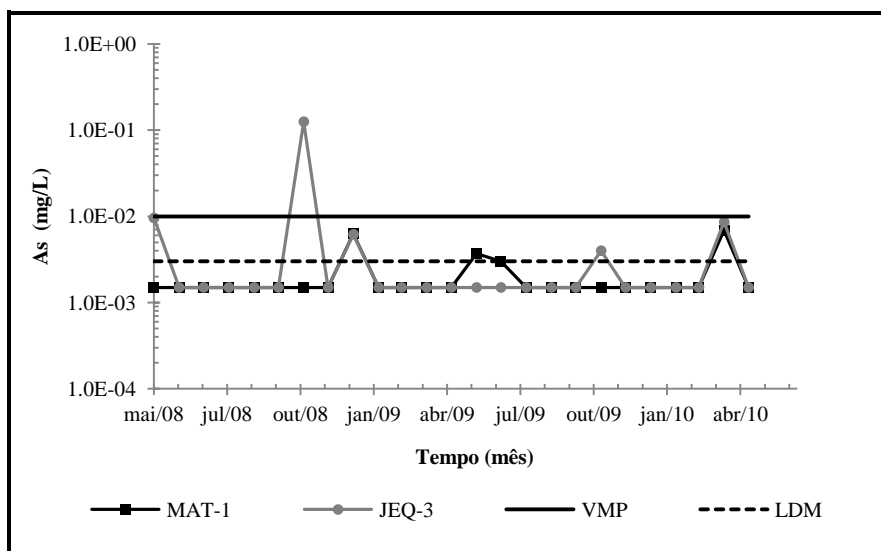


Figura 8.76 – Ocorrências de arsênio no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

Na Figura 8.77, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.

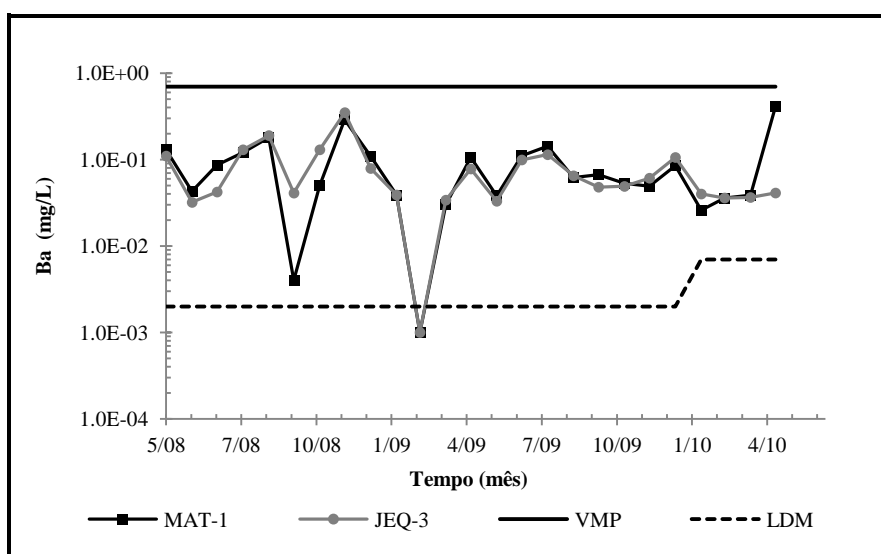


Figura 8.77 – Ocorrências de bário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

O bário foi quantificado com frequência de 96 % nos dois pontos de monitoramento, MAT-1 e JEQ-3, não tendo sido verificadas ocorrências acima do valor máximo permitido, conforme a resolução CONAMA N° 357 de março de 2005. As concentrações máximas observadas foram de 0,412 mg/L, em janeiro de 2010, no ponto de monitoramento a montante, MAT-1, e de 0,350 mg/L, em dezembro de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-3.

Nos hidrogramas na Figura 8.77, verifica-se que o comportamento temporal das concentrações de bário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá também se apresentou muito semelhante, diferindo apenas no último mês do monitoramento, quando ocorreu a maior concentração do metal.

Na Figura 8.78, está apresentado os hidrogramas para as ocorrências de cromo, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.

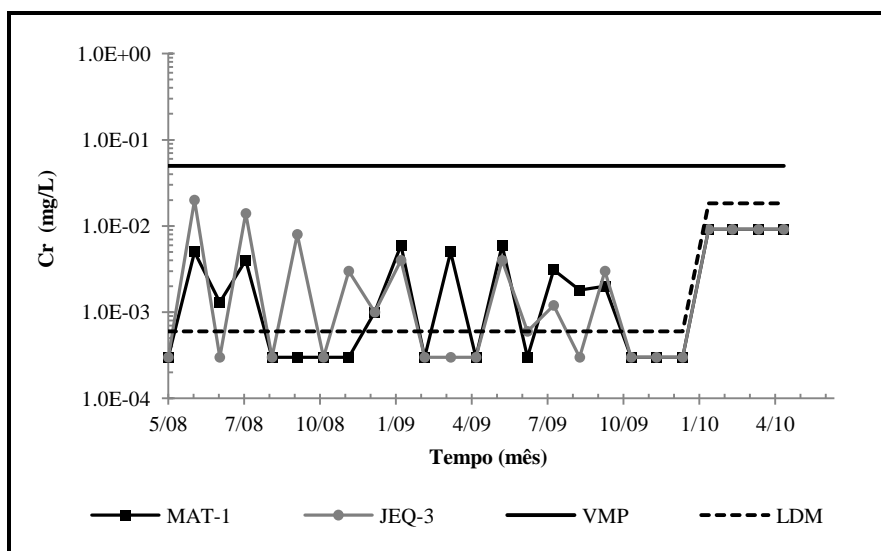


Figura 8.78 – Ocorrências de cromo no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

De acordo com os dados apresentados nos hidrogramas da Figura 8.78, o cromo foi quantificado com frequência de 36% no córrego Matadouro e com frequência de 40% no rio Jequitibá.

As concentrações máximas do metal foram 0,006 mg/L, verificadas em fevereiro e julho de 2009, no córrego Matadouro e 0,020 mg/L, no rio Jequitibá, em junho de 2008. Não foram verificadas concentrações de cromo maiores que o valor máximo permitido, nos dois corpos d'água poluídos por esgoto urbano.

De acordo com o diagrama na Figura 8.78 a partir de dezembro de 2010, foi adotado um método analítico, para o cromo, com limite de detecção mais elevado, o que certamente irá reduzir as quantificações desse metal nos corpos d'água.

Na Figura 8.79 (a) e 8.79 (b), estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de chumbo e de cobre, verificadas no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, no período monitorado.



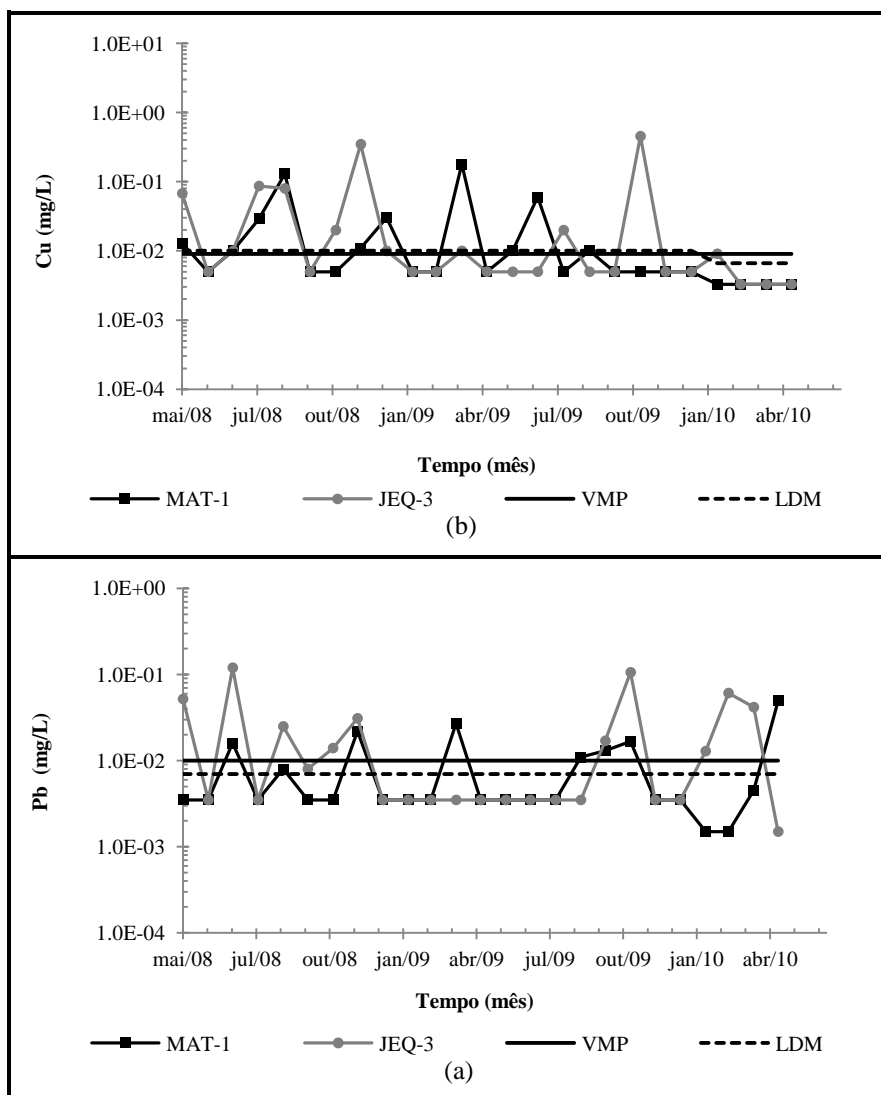


Figura 8.79 – Ocorrências de chumbo e de cobre no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

O chumbo foi quantificado com frequência de 36 % no córrego Matadouro, no ponto de monitoramento MAT-1, e com frequência de 44 % no rio Jequitibá, no ponto de monitoramento JEQ-3.

No córrego Matadouro foram verificadas ocorrências de chumbo, acima da norma estabelecida, com frequência de 78% e no rio Jequitibá com frequência de 91%. As maiores concentrações observadas foram de 0,049 mg/L, em maio de 2010, no ponto de monitoramento a montante, MAT-1, e de 0,120 mg/L, em julho de 2008, no ponto de monitoramento de jusante, JEQ-3.

O cobre foi quantificado com frequência de 40 % no córrego Matadouro, no ponto de monitoramento MAT-1, tendo sido verificadas ocorrências, acima da norma estabelecida, com frequência de 100 %. No rio Jequitibá foi quantificado com frequência de 44 % , também

com ocorrências, acima da norma estabelecida, com frequência de 100 %, no ponto de monitoramento JEQ-3.

É admitido, neste estudo, que o limite de detecção elevado, LDM, do método analítico utilizado, afetou a frequência de quantificação dos metais chumbo e cobre. Para o cobre a situação é mais crítica, visto o limite de detecção ser maior que o valor máximo permitido, de 0,009 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

Na Figura 8.80 (a) e 8.80 (b), estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de zinco e de cádmio, verificadas no córrego Jequitibá, no período monitorado.

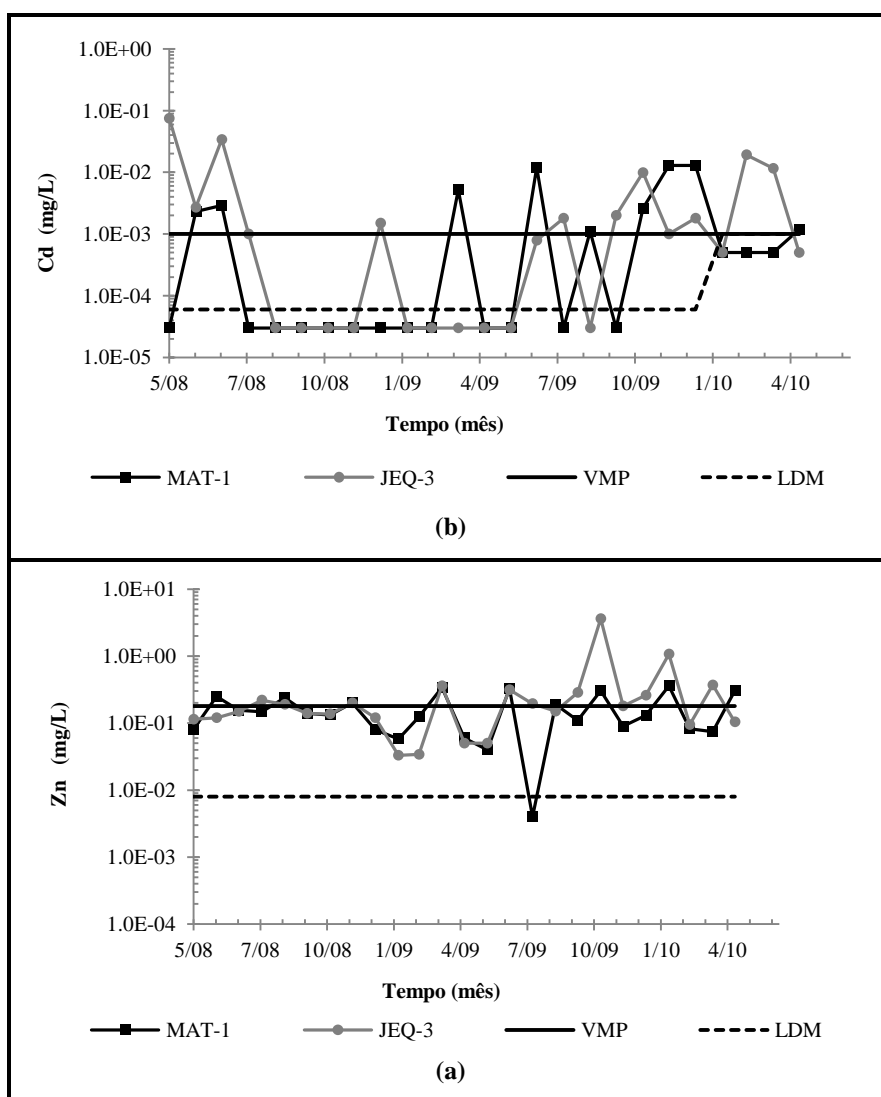


Figura 8.80 – Ocorrências de zinco e de cádmio no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas da Figura 8.80 (a) o zinco foi quantificado com frequência de 96% no córrego Matadouro e com frequência de 100 % no rio

Jequitibá. No córrego Matadouro a maior concentração verificada de Zn foi 0,360 mg/L ponto de monitoramento MAT-1, em fevereiro de 2010 e no rio Jequitibá foi de 3,61 mg/L, em novembro de 2009, no ponto JEQ-3.

Para o zinco, foram verificadas ocorrências acima do valor máximo permitido, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, com frequência de 38% e de 44 %, respectivamente, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá.

O cádmio foi quantificado com frequência de 36% no córrego Matadouro e com frequência de 52 % no rio Jequitibá. No córrego Matadouro a maior concentração verificada de Cd foi 0,0130 mg/L ponto de monitoramento MAT-1 e no rio Jequitibá foi de 0,075 mg/L, no ponto JEQ-3. Apenas para o cádmio, foram verificadas ocorrências acima do valor máximo permitido, com frequência de 100 % e de 77 %, respectivamente, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá.

De acordo com o diagrama na Figura 8.80(b) a partir de dezembro de 2010, foi adotado um método analítico, para o cádmio, com limite de detecção mais elevado, o que certamente irá reduzir as quantificações desse metal nos corpos d'água.

Foram quantificados nos córregos Matadouro e no rio Jequitibá o As e os metais Ba, Pb, Cu, Cr, Cd e Zn, no período de monitoramento. Ocorrências de concentrações acima das normas estabelecidas foram frequentes para os metais Cu, Cr, Cd e Zn.

Na Tabela 8.35 estão apresentadas as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços verificados no córrego Matadouro e no rio Jequitibá.

Tabela 8.35 – Constituintes secundários e traços nas águas do córrego Matadouro e no rio Jequitibá

Ponto	Estatística	Concentrações (µg/L)									
		Al	Fe	Mn	As	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
MAT-1	Média	1014	1431	198	4.3	81	16	24	2.9	8.3	154
	Mínimo	1.0	780.0	90.0	3.0	1.0	11	10	0.6	1.1	40.0
	Máximo	4200	2580	317	6.3	290	22	60	6.0	13	360
JEQ-3	Média	798	1422	228	7.4	64	54	93	5.5	16	414
	Mínimo	44	952	80	4.0	1.0	13	9.1	0.60	0.79	33
	Máximo	4700	3290	430	10	190	120	457	20	75	3613

As concentrações dos constituintes Al, Fe, Mn, Pb, Co, Cd e Zn no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, se apresentaram cerca de 300% maiores, que nos corpos d'água lóticos não poluídos por esgotos sanitários, monitorados na área do estudo.

As concentrações elevadas desses constituintes, em parte, são provenientes da presença de esgotos sanitários, nas águas dos córrego Matadouro e do rio Jequitibá e, em parte, devidas às determinações realizadas em amostras não filtradas e acidificadas.

O ácido nítrico usado como preservativo promove a dissolução do material particulado em suspensão, aumentando as concentrações dos sólidos dissolvidos.

Do ponto de vista ambiental, o alumínio, ferro, manganês, chumbo, cobre, cromo e zinco ocorreram, com frequência elevada, em concentrações acima dos valores máximos permitidos para águas de classe dois, de acordo a resolução CONAMA No 357 de 2005.

As concentrações dos metais Ba, Cu e Cr, no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, se apresentaram semelhantes às suas concentrações verificadas nos córregos não poluídos por esgoto sanitário, indicando que a carga de esgoto sanitário, nesses corpos d'água, não refletiu em aumento das concentrações dos respectivos metais.

Para o córrego Matadouro e o rio Jequitibá, foram identificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes secundários e traços, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.35:

- córrego Matadouro (MAT-1) — Fe > Al > Mn > Zn > Ba > Cu > Pb > Cd > As > Cr; e,
- córrego Jequitibá (JEQ-3) — Fe > Al > Zn > Mn > Cu > Ba > Pb > Cd > As > Cr > Co.

### **8.2.3 Qualidade das Águas dos Corpos d'Água Lóticos**

Os corpos d'água lóticos na área do estudo não eram utilizados como manancial para abastecimento de água potável. No entanto, conforme observado em campo, sítios da redondeza usavam suas águas para irrigação de pequenas plantações e de hortas.

Assim, em virtude do uso local e pelo fato do rio Jequitibá ser um dos principais afluentes do rio das Velhas, pela margem esquerda, para o qual foi estabelecido o propósito de melhoria da qualidade de suas águas, justifica-se a avaliação de qualidade das águas dos afluentes do rio Jequitibá e deste próprio, na parte alta de sua bacia.

Conforme já exposto o rio Jequitibá recebe esgoto bruto da Cidade de Sete Lagoas, através do córrego Matadouro, um de seus afluentes. A carga de despejos sanitários do rio Jequitibá é

descarregada no rio das Velhas, nos arredores da cidade de Jequitibá, no local de coordenadas UTM 7873449 m (norte) e 602 263 m (leste).

De acordo com Sperling (2008), as informações sobre a qualidade das águas, com foco nas concentrações dos poluentes e nos valores dos parâmetros físico-químicos, pertinentes, tem pouco significado para o público, em função dos aspectos técnicos envolvidos. Assim, tendo em vista a informação, pode-se retratar a qualidade das águas, através de índices de qualidade que devem ser entendidos como notas, indicadoras das condições dos corpos d'água, de modo a permitir inferências sobre aspectos específicos do curso d'água.

Os índices de qualidade não são instrumentos de atendimento à legislação ambiental, mas sim de comunicação para o público das condições ambientais dos corpos d'água (Sperling, 2008).

Os corpos d'água lóticos monitorados durante os anos hidrológicos 2008-2009 e 2009-2010, drenam áreas onde se praticam atividades agropecuárias, em diferentes graus de tecnologia, desde extensivas a intensivas e tecnificadas.

Em alguns locais os córregos Forquilha e Jequitibá, recebem impactos diretos de áreas urbanizadas, da cidade de Prudente de Moraes. O córrego Matadouro, drena bairros de Sete Lagoas, dos quais recebe esgoto bruto. Também sofre impacto direto, por águas servidas, das populações ribeirinhas nas áreas mais afastadas do centro urbano e rurais.

Os resultados de qualidade de água apresentados a seguir foram interpretados à luz da resolução CONAMA No 357 de março de 2005, da deliberação normativa conjunta COPAM-CERH, de maio de 2008 e da portaria N.º 518, do Ministério da Saúde, de março de 2004, que estabelece os padrões de potabilidade da água, para consumo humano.

### **Contaminação por Substâncias Tóxicas**

O índice de contaminação por substâncias tóxicas, descrito no item 8.1.1, compreende três graus de contaminação, a saber, contaminação baixa, média e alta. A contaminação baixa compreende concentrações iguais ou inferiores a 1,2 vezes os limites de classe de enquadramento do trecho do curso d'água onde se localiza o ponto de amostragem, a contaminação média refere-se a concentrações entre 1,2 e 2,0 vezes os referidos limites, enquanto a contaminação alta compreende concentrações maiores que o dobro dos valores limites (Brasil, 2006).

Tabela 8.36 – Quantificação da contaminação por substâncias tóxicas nos corpos d'água lóticos

Corpo d'água	Não poluídos por esgoto sanitário urbano												Total	
	Substância tóxica	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Zn	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>		
Jequitibá (JEQ-1)	Determinações	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		
	Quantificações	-	23	7	1	4	7	7	20	20	-	22		
	Acima do VMP	-	1	3	-	4	-	6	4	1	-	-		
08-09	CT	baixa	-	12	1	-	2	5	1	8	11	1	12	53
		média	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	-	3
alta		-	-	1	-	1	-	2	2	1	-	-	7	
09-10	CT	baixa	-	10	3	1	-	2	-	8	8	-	11	43
		média	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	3
alta		-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	4	
Jequitibá (JEQ-2)	Determinações	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
	Quantificações	-	22	3	-	3	5	5	20	17	8	24		
	Acima do VMP	-	-	3	-	3	-	5	3	-	-	-		
08-09	CT	baixa	-	11	1	-	-	1	-	11	9	6	12	51
		média	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
alta		-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	
09-10	CT	baixa	-	11	-	-	-	4	-	6	8	4	12	45
		média	-	-	1	-	1	-	2	1	-	-	-	5
alta		-	-	1	-	1	-	1	2	-	-	-	5	
Marinheiro (MAR-1)	Determinações	22	22	22	22	22	22	22	23	23	23	23		
	Quantificações	-	21	7	1	4	7	5	21	19	-	23		
	Acima do VMP	-	-	4	-	4	1	3	4	-	-	-		
08-09	CT	baixa	-	11	1	-	2	3	1	11	11	-	12	52
		média	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	2
alta		-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	3	
09-10	CT	baixa	-	10	4	1	1	3	1	7	8	-	11	46
		média	-	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	5
alta		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Forquilha (FOR-1)	Determinações	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
	Quantificações	-	19	3	-	3	5	5	18	12	5	19		
	Acima do VMP	-	-	3	-	3	-	5	3	-	-	-		
08-09	CT	baixa	-	12	-	-	1	3	-	10	7	4	11	48
		média	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
alta		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
09-10	CT	baixa	-	7	-	-	1	2	-	5	5	1	8	29
		média	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
alta		-	-	3	-	1	-	4	1	-	-	-	9	
Corpo d'água	Poluídos por esgoto urbano												CT	
	Substância tóxica	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Zn	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>		
Matadouro (MAT-1)	Determinações	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
	Quantificações	4	23	8	-	10	11	8	23	17	7	24		
	Acima do VMP	-	-	6	-	10	-	8	8	4	-	24		
08-09	CT	baixa	1	11	1	-	1	6	-	9	6	2	-	37
		média	-	-	1	-	2	-	-	3	1	-	-	7
alta		-	-	2	-	4	-	3	-	3	-	12	24	
09-10	CT	baixa	3	12	2	-	2	5	1	8	7	5	-	45
		média	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	2	7
alta		-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	10	15	
Jequitibá (JEQ-3)	Determinações	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24		
	Quantificações	5	23	11	2	11	10	13	24	17	10	24		
	Acima do VMP	1	-	10	-	11	-	10	11	2	-	24		
08-09	CT	baixa	2	11	1	1	3	6	1	10	8	4	-	47
		média	-	-	1	-	-	-	1	2	-	-	-	4
alta		1	-	4	-	5	-	3	-	2	-	12	27	
09-10	CT	baixa	2	12	-	1	1	4	2	6	7	6	1	42
		média	-	-	2	-	-	-	3	3	-	-	1	9
alta		-	-	3	-	2	-	3	3	-	-	10	21	

A avaliação do grau de contaminação dos corpos d'água lóticos, na área do estudo, está resumida na Tabela 8.36.

De acordo com as frequências de quantificação das substâncias tóxicas, reportadas na Tabela 8.35, nos corpos d'água lóticos não impactados com esgoto urbanos, monitorados na área do estudo, apenas os parâmetros bário, zinco, nitrato e nitrogênio amoniacal, foram quantificados com frequência elevada. No entanto, essas substâncias não impactaram fortemente esses corpos d'água, visto terem apresentado grau de contaminação baixo nos hidrológicos 2008-2009 e 2009-2010.

Grosso modo, as frequências absolutas de quantificação dessas quatro substâncias foram semelhantes nos dois anos de monitoramento.

Durante o período de monitoramento, as concentrações de amônia e nitrato se mantiveram menores que os valores máximos permitidos, VMP, ocorrendo concentrações maiores que o VMP apenas duas vezes, para o nitrato.

As pequenas concentrações de amônia e de nitrato verificadas nos córregos Marinheiro, Forquilha e Jequitibá, nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2, associadas à não quantificação do nitrogênio orgânico nesses córregos, durante o período do monitoramento, são indicativos da ausência de esgoto sanitário, nesses corpos d'água, à montante dos pontos de monitoramento.

No caso dos corpos d'água contaminados com esgoto urbano, a saber, o córrego Matadouro e o rio Jequitibá, ocorreram concentrações de amônia e de nitrato maiores que os valores máximos permitidos com frequência.

Apenas nesses dois corpos d'água o arsênio foi quantificado, porém, com frequência pequena, conforme pode ser observado na Tabela 8.36. A quantificação do arsênio nos corpos d'água impactados com esgoto urbano é uma indicação da origem antrópica desta substância.

Nos corpos d'água lóticos impactados com esgoto urbano, os graus de contaminação por substâncias tóxicas, média e alta, se apresentaram com maior frequência, conforme pode ser verificado na Tabela 8.36, durante o período monitorado.

Considerando que o critério “a pior situação observada no ano determina o grau de contaminação”, de acordo com PNMA II (2006) e Von Sperling, (2007) e, segundo os

resultados reportados na Tabela 8.36, a indicação de contaminação alta deve prevalecer. Desta forma, estão sumarizados na Tabela 8.37 os graus prevalentes de contaminação por substâncias tóxicas, nos corpos d'água lóticos monitorados na área do estudo.

Tabela 8.37 – Contaminação por substâncias tóxicas nos corpos d'água lóticos

Ano hidrológico	Não contaminados com esgoto urbano				Contaminados com esgoto urbano	
	Jequitibá (JEQ-1)	Jequitibá (JEQ-2)	Marinheiro (MAR-1)	Forquilha (FOR-1)	Jequitibá (JEQ-3)	Matadouro (MAT-1)
2008-2009	alta	alta	alta	alta	alta	alta
2009-2010	alta	alta	média	alta	alta	alta

Apesar da frequência de concentrações acima dos valores máximos permitidos para águas superficiais de classe dois, ter sido baixa, conforme reportado na Tabela 8.35, o critério “ pior situação observada no ano”, prevalente para avaliar a contaminação por substâncias tóxicas, resultou em contaminação alta, nos pontos de monitoramento, com exceção do córrego Marinheiro, no ponto Mar-1, no ano hidrológico 2009-2010, cuja contaminação resultou média.

Também, para os corpos d'água impactados com esgoto urbano, a contaminação das suas águas resultou alta, de acordo com o critério “ pior situação observada no ano”, conforme pode ser observado na Tabela 8.36.

No entanto, cabe destacar que os metais Pb, Cd e Zn, cujas concentrações se apresentaram maiores que o valor máximo permitido e o Ba, podem ocorrer nas rochas carbonáticas do grupo Bambuí, e são mobilizados pelas águas que percolam o aquífero carbonático. Então, nas águas deste aquífero, torna-se importante determinar as suas concentrações de base.

### Índice de Qualidade das Águas

Na Figura 8.81 (a) e 8.81 (b) estão apresentados os diagramas da variação temporal do IQA, durante o período do monitoramento, de maio de 2008 a maio de 2009, nos córregos Forquilha, Marinheiro, Jequitibá e Matadouro.

Conforme os diagramas nas Figuras 8.81 (a) e 8.81 (b) verifica-se que nos córregos Marinheiro e Forquilha, nos pontos de monitoramento MAR-1 e FOR-1, e no córrego Jequitibá, nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2, os índices de qualidade da água se apresentaram variando de média a bom, nos anos hidrológicos 2008-2009 e 2009-2010. No córrego Marinheiro o índice de qualidade da água se apresentou melhor.



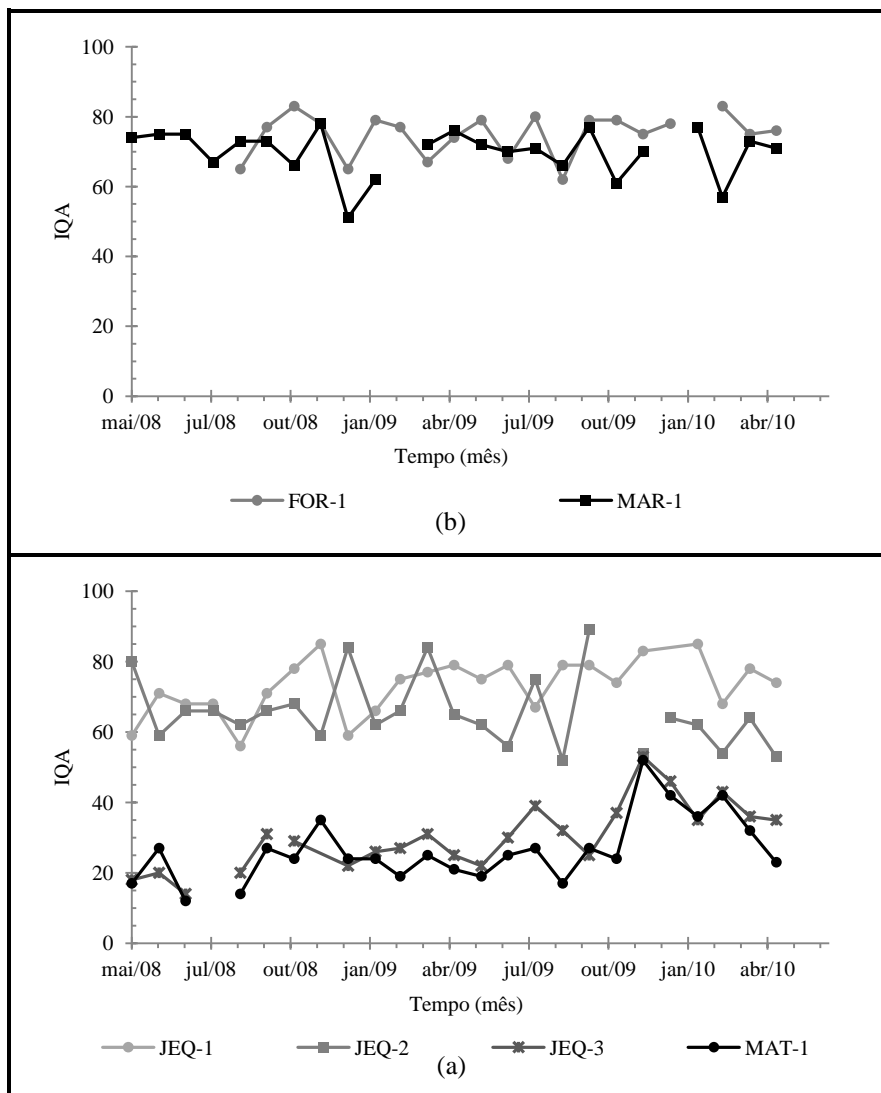


Figura 8.81 – Variabilidade do IQA nos córregos Forquilha, Marinheiro, Jequitibá e Matadouro

O ponto de monitoramento, MAR-1, no córrego Marinheiro, foi implantado em um ambiente aparentemente mais preservado, no qual este córrego flui, ainda, protegido por mata ciliar. Esperava-se que as águas monitoradas neste ponto se apresentassem com a melhor qualidade, quando comparada com as águas dos demais corpos d'água lóticos, não impactados por esgoto.

Os pontos de monitoramento no córrego Jequitibá, JEQ-1 e JEQ-2, apresentaram águas de qualidade, média a boa, com melhor no ponto JEQ-1, aparentemente, menos sujeito à poluição por atividades antrópicas, devido estar menos exposto à ação humana.

Pode ser observado na Figura 8.81 (a), que no ponto de monitoramento JEQ-3, no rio Jequitibá, a água apresentou melhor qualidade que no ponto MAT-1, no córrego Matadouro. No local onde foi implantado o ponto JEQ-3 o corpo d'água já adquiriu maior volume, devido

ao aporte de tributários. Este ponto estava localizado a cerca de 13 km, a jusante, do ponto de monitoramento, MAT-1, instalado no córrego Matadouro, que é um dos afluentes do Jequitibá.

Em princípio, à melhoria da qualidade da água, no ponto JEQ-3 são associadas duas causas principais, a saber: a primeira é a maior vazão do corpo d'água, no ponto JEQ-3, ocorrendo um efeito de diluição, pois aí o caldal já recebeu as águas de diversos córregos, incluindo os córregos Forquilha e Marinheiro; e, a segunda é atribuída ao efeito de autodepuração, pelos processos biogeoquímicos ao longo do trecho percorrido, própria de ambientes lóticos.

Na área do estudo, o córrego Matadouro se apresentava como um esgoto cloacal, recebendo carga orgânica bruta de bairros de Sete Lagoas e, possivelmente, das populações ribeirinhas. Neste córrego, o ponto de monitoramento, MAT-1, foi implantado antes do córrego entrar na área do CNPMS.

Na Figura 8.82 está apresentado um diagrama comparativo dos índices de qualidade da água, IQA, nos pontos de monitoramento localizados nos córregos, na área do estudo.

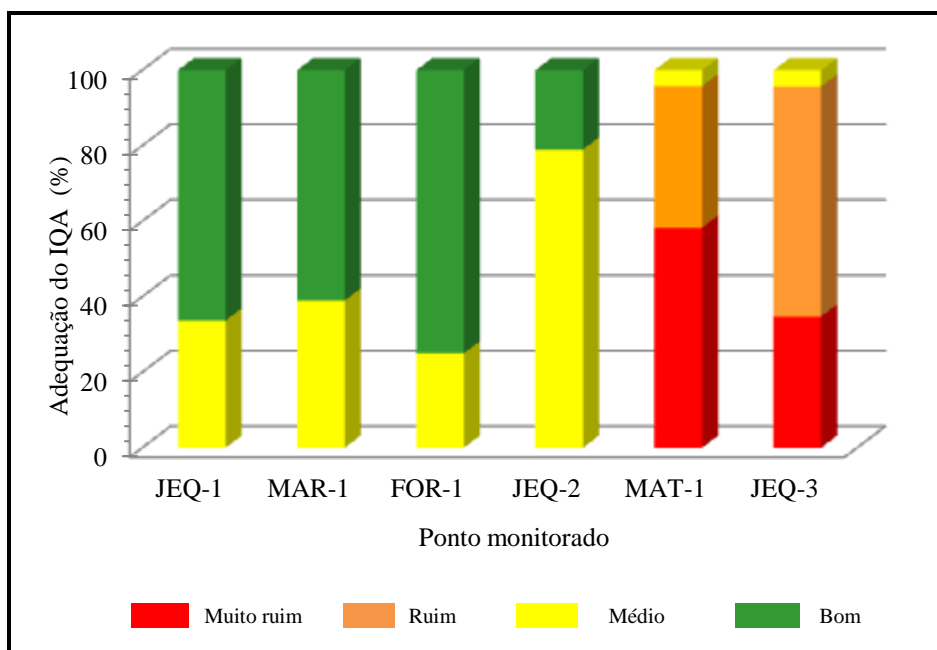


Figura 8.82 – Diagrama comparativo dos índices de qualidade de água nos córregos

Em concordância, com a metodologia adotada pelo IGAM-MG, foi associado à estimativa da condição de contaminação dos corpos d'água lóticos, na área do estudo, a determinação dos Índices de Qualidade de Água.

De acordo com os valores apresentados pelo IQA, no período de monitoramento, as águas dos corpos d'água não contaminados com esgoto urbano, nas amostras colhidas nos pontos de se apresentaram com qualidade variando de média a boa, enquanto nas amostras colhidas nos corpos d'água contaminados com esgoto urbano, a qualidade prevalente varia de ruim a muito ruim.

No caso dos corpos d'água contaminados com esgoto urbano pode-se admitir uma concordância entre os dois índices CT e IQA, quanto à qualidade das águas dos ribeirões Matadouro e Jequitibá, nos pontos de monitoramento e a montante desses. Ou seja, é de se esperar que corpos d'água de pequeno porte, que recebem uma carga de esgoto sanitário de uma cidade do porte de Sete Lagoas, apresentem uma contaminação alta e uma qualidade muito ruim de suas águas.

A partir da análise apresentada, verifica-se que localmente a principal fonte de degradação da qualidade da água do ribeirão Jequitibá, reside na carga de esgoto que recebe de Sete Lagoas. Assim sendo, a melhoria da qualidade de suas águas passa pela remoção desta fonte de contaminação, ou seja, pelo tratamento das águas do ribeirão Matadouro.

Conseqüentemente, a eliminação desta fonte de poluição, contribuirá para melhorar a qualidade das águas do rio das Velhas, na confluência com o rio Jequitibá e à jusante.

Também, acarretará uma melhoria das condições sanitárias e ambientais para as populações ribeirinhas, tanto ao longo do ribeirão Matadouro como do Jequitibá.

#### **8.2.4 Considerações sobre as Águas Superficiais Monitoradas na Área do Estudo**

Nos corpos d'água lênticos, monitorados na área do estudo, os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos se apresentaram, dentro dos seguintes intervalos: pH de 6,86 a 8,21; condutividade de 64 a 315  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; e, sólidos totais dissolvidos de 22 a 226 mg/L.

Nos corpos d'água lóticos, não poluídos por esgotos sanitários urbanos, a saber, os córregos Marinheiro, Forquilha, Jequitibá, e incluindo o canal de irrigação, os valores dos parâmetros pH, CE e STD se apresentaram nos seguintes intervalos: pH de 6,60 a 8,21; condutividade de 63 a 262  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; e, sólidos totais dissolvidos de 40 a 344 mg/L.

Nas águas dos corpos d'água poluídos com esgoto sanitário, a saber, o córrego Matadouro e o rio Jequitibá, os parâmetros pH, CE e STD se apresentaram nos seguintes intervalos: pH de 7,0 a 7,8; condutividade de 166 a 760  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; e, sólidos totais dissolvidos de 120 a 788  $\text{mg}/\text{L}$ .

Na Figura 8.83 estão apresentados os diagramas dos valores médios dos parâmetros pH, condutividade elétrica e concentração de sólidos totais dissolvidos, nas águas superficiais monitoradas na área do estudo, representados em unidades equivalentes.

Nos diagramas apresentados, as linhas tracejadas marcam a escala de unidades equivalentes nos valores 7 e 100, o primeiro para referência de pH e o segundo para referência de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e sólidos totais dissolvidos ( $\text{mg}/\text{L}$ ).

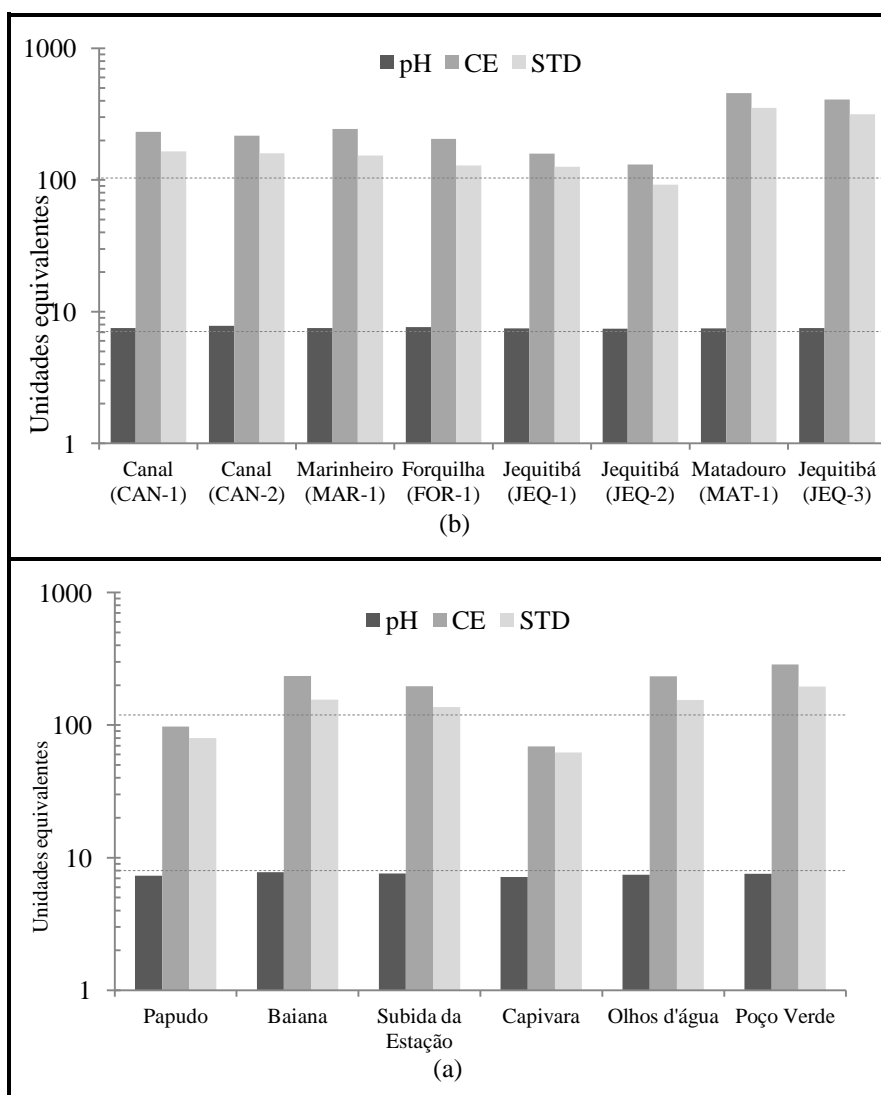


Figura 8.83 – Diagramas comparativos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas superficiais monitoradas na área do estudo

Conforme apresentado nos diagramas na Figura 8.83 os valores médios do pH, nas águas superficiais da área do estudo, foram bem próximos se apresentando em média, acima de 7. Foram verificados valores médios do pH, nessas águas, no intervalo de 7,15 a 8,20. De acordo com os valores de pH as águas superficiais monitoradas se apresentaram alcalinas.

Conforme pode ser observado no diagrama apresentado na Figura 8.83(a) nas águas das lagoas do Papudo e Capivara foram verificados os menores valores, em média, dos parâmetros pH, CE e STD, o que indica a origem diferente de suas águas.

Considerando os valores do parâmetro pH, as águas da lagoa Capivara se apresentaram menos alcalinas, com pH de 7,15 em média, e variabilidade temporal de 6,86 a 7,4.

As águas mais alcalinas ocorreram na lagoa da Baiana, com pH 7,78, em média, e variabilidade temporal de 7,35 a 8,21.

Sem considerar as lagoas do Papudo e Capivara e os corpos d'água poluídos por esgoto sanitário foram verificados valores médios de condutividade elétrica, em média, no intervalo de 131 a 287  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Sem considerar os corpos d'água poluídos por esgotos sanitários, pode ser observado nos diagramas mostrados na Figura 8.83 que as águas da lagoa Poço Verde se apresentaram mais condutivas e com maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos, em média. Esta lagoa está situada em área de descarga de águas subterrâneas, em uma várzea do córrego Matadouro, em local de altitudes menores, na área do estudo, recebendo também águas do escoamento superficial.

As águas da lagoa Capivara (ponto LAG-4) se apresentaram menos salinizadas, com sólidos totais dissolvidos entre 18 e 116 mg/L, e as mais salinizadas foram da lagoa Poço Verde (ponto LAG-6), com sólidos totais dissolvidos entre 180 e 212 mg/L, conforme apresentado nos diagrama na Figura 8.83 (a).

Nos corpos d'água lóticos o menor valor médio do pH foi 7,41 verificado no córrego Jequitibá, no ponto JEQ-2, e o maior valor médio foi 7,63 no córrego Forquilha, não considerando o canal de irrigação.

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.83 (b) , pode ser verificado que a presença de esgotos sanitários no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, aparentemente, não acarretou o aumento do pH nas águas desses dois corpos d'água.

Pode ser verificados na Figura 8.83(b) que no rio Jequitibá (ponto JEQ-3) os valores médios de condutividade elétrica e de sólidos totais dissolvidos se apresentaram menores que no córrego Matadouro. A redução nos valores desses parâmetros no ponto JEQ-3, a cerca de 13 km do ponto monitorado no córrego Matadouro, indica o efeito dos processos de atenuação natural na remoção de poluentes, no rio Jequitibá.

Nas águas superficiais, as concentrações de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) se mostraram dominantes em relação aos demais constituintes principais, a saber,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Nas águas dos corpos d'água lênticos foram verificadas as seguintes ordens de abundância dos constituintes principais:

- lagoa do Papudo (LAG-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3; \text{e},$
- lagoa da Baiana (LAG-3) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4.$
- lagoa Subida da Estação (LAG-2) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4;$
- lagoa Capivara (LAG-4) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3;$
- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3; \text{e},$
- lagoa Poço Verde (LAG-6) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3.$

Nas águas dos corpos d'água lóticos, não poluídos por esgoto sanitário, foram verificadas as seguintes ordens de abundância dos constituintes principais:

- canal de irrigação (CAN-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4;$
- canal de irrigação (CAN-2) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4;$
- córrego Forquilha (FOR-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl} > \text{NO}_3;$
- córrego Marinheiro (MAR-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{NO}_3;$
- córrego Jequitibá (ponto JEQ-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{NO}_3 > \text{Cl}; \text{e},$
- córrego Jequitibá (ponto JEQ-2) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4.$

Nos diagramas das Figuras 8.84 e 8.85 estão apresentados os valores médios dos constituintes principais, nas águas superficiais monitoradas na área do estudo. Nesses diagramas a concentração foi expressa em escala logarítmica, para acentuar as diferenças entre os valores menores.

As concentrações médias de cálcio e de bicarbonato foram menores nas lagoas do Papudo e Capivara, conforme pode ser verificado na Figura 8.84 (a) e 8.84 (b), o que denota águas de origem diferente das águas das lagoas da baiana, Subida da Estação, Olhos d'Água e Capivara.

As menores concentrações, em média, de cálcio e de bicarbonato foram verificadas na lagoa Capivara (ponto LAG-4), a saber, 0,68 e 0,76 meq/L, que correspondem a 13,7 e 46,4 mg/L, respectivamente; e, as maiores concentrações desses íons foram 3,17 e 3,24 meq/L, que correspondem a 63,6 e 198 mg/L, respectivamente, verificadas na lagoa Poço Verde (ponto LAG-6) conforme pode ser observado nas Figuras 8.84 (a) e 8.84 (b).

Nos corpos d'água lóticos não poluídos por esgoto sanitário, as menores concentrações de cálcio e de bicarbonato, em média, foram verificadas no córrego Jequitibá, no ponto JEQ-2.

De modo geral, as concentrações médias dos cátions e ânions principais, verificadas no canal de irrigação, se apresentaram muito próximas das concentrações médias verificadas no córrego Marinheiro e na lagoa da Baiana, conforme pode ser observado nos diagramas nas Figuras 8.84 e 8.85.

No córrego Matadouro e no rio Jequitibá, a presença de esgoto sanitário, aparentemente não afetou as concentrações médias de cálcio, mas as concentrações médias de bicarbonato foram um aumentadas em relação aos demais corpos d'água l

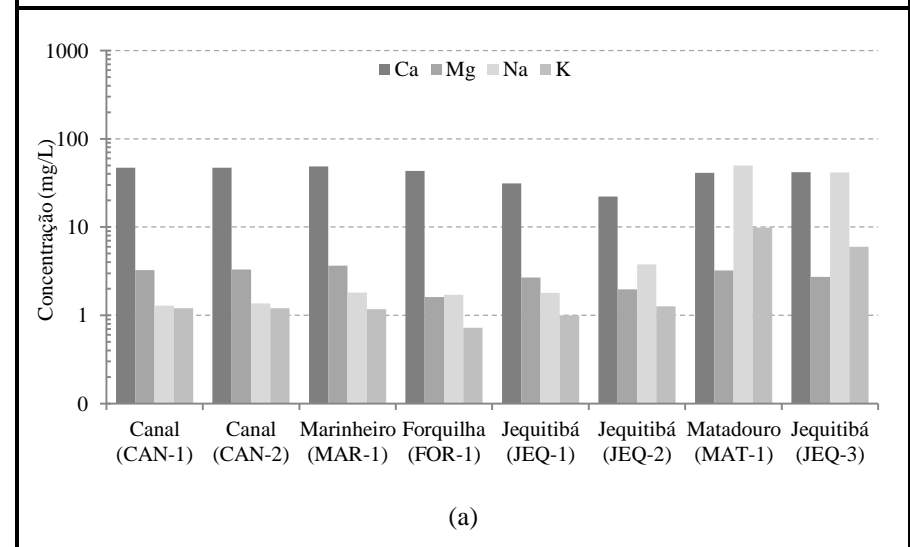
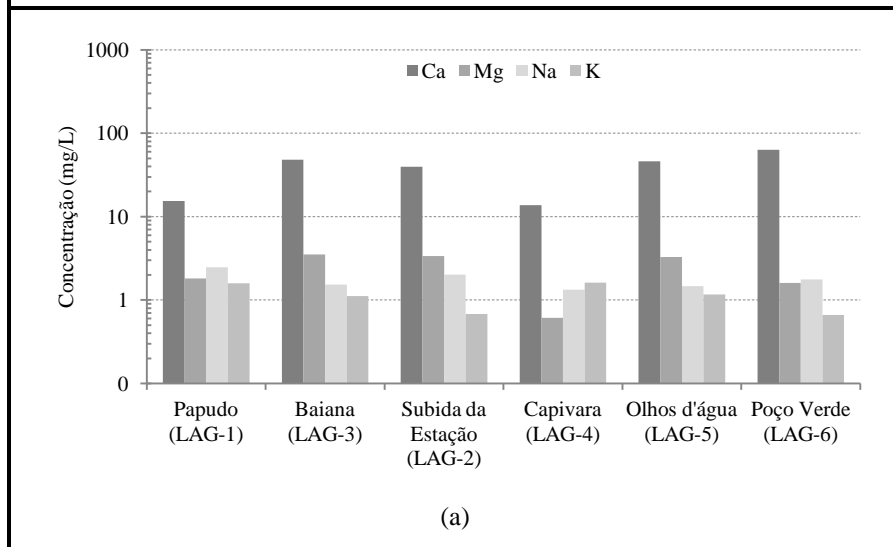
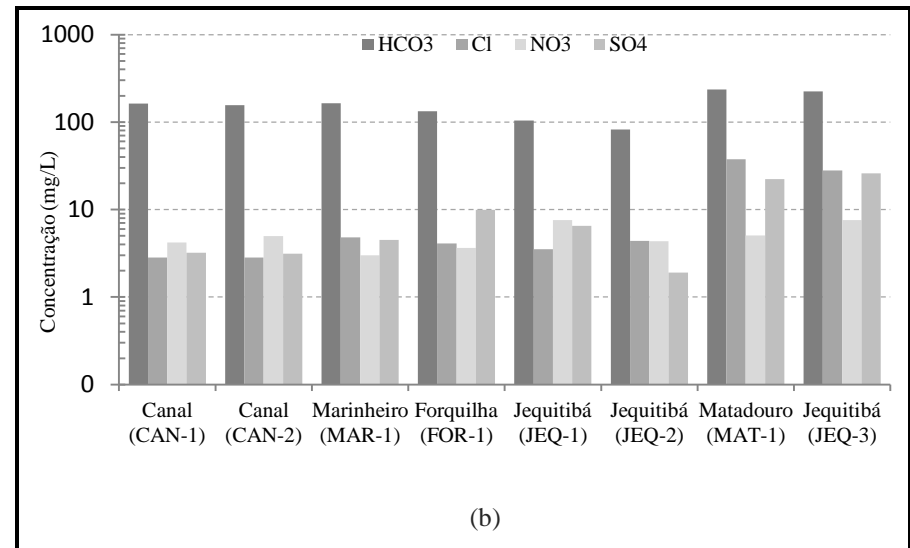
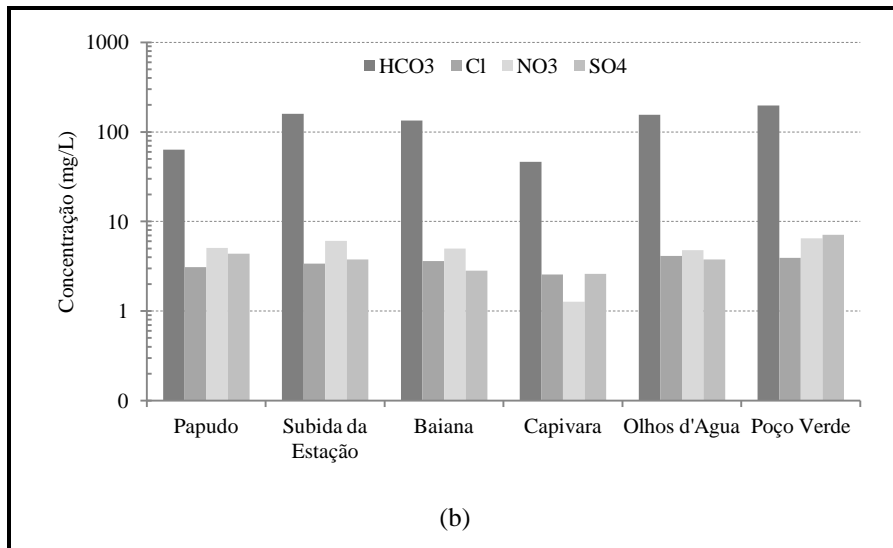


Figura 8.84 – Diagramas comparativos dos constituintes principais nos corpos d'água lênticos

Figura 8.85 – Diagramas comparativos dos constituintes principais nos corpos d'água lóticos



Também, as concentrações dos íons magnésio, sódio, potássio, cloreto e sulfato nos corpos d'água lóticos poluídos por esgotos sanitários se apresentaram aumentadas, o que refletiu no aumento de suas concentrações médias, conforme pode ser observado na Figura 8.85 (a).

As maiores concentrações médias de sulfato nas águas dos córregos Forquilha, Marinheiro e Jequitibá (no ponto JEQ-1) e de nitrato no canal de irrigação (no ponto CAN-2), de acordo com a Figura 8.85 (b), resultaram da influencia de atividades antrópicas, na área a montante dos respectivos pontos de monitoramento, possivelmente, pois esses corpos d'água fluem, em parte, em áreas rurais onde se utilizam corretivos e fertilizantes agrícolas, na correção da acidez dos Latossolo e na sua fertilização.

No córrego Jequitibá (no ponto JEQ-2) a seqüência de abundância dos cátions principais se apresentou com o sódio maior que o magnésio. Nos demais corpos d'água lóticos a seqüência de abundância dos cátions principais se apresentou normal.

Para os ânions principais, as seqüências de abundância só não se apresentaram alteradas nos pontos de monitoramento CAN-1, no canal de irrigação, e JEQ-2, no córrego Jequitibá.

As águas superficiais monitoradas, na área do estudo, foram caracterizadas como águas de fácies hidroquímica cálcicas-bicarbonatas de acordo com a abundância dos constituintes iônicos principais nas águas que apresentaram.

Este caráter hidroquímico se apresentou mais fraco nas águas da lagoa Capivara e do Papudo e mais forte nos córregos Marinheiro, Forquilha e na lagoa Poço Verde, não considerando os corpos d'água lóticos poluídos por esgotos sanitários.

Os constituintes secundários e traços quantificados em maior extensão, nas águas dos corpos d'água léticos, foram, em geral, ferro, alumínio, manganês e zinco e em menor extensão os metais bário, chumbo, cobre, cromo e cádmio, tendo sido verificadas as seguintes ordens de abundância, desses constituintes:

- lagoa do Papudo (LAG-1) — Fe > Zn > Al > Mn > Ba > Cu > Pb > Cd > Cr; e,
- lagoa da Baiana (LAG-3) — Fe > Al > Zn > Mn > Pb > Ba > Cr > Cd.
- lagoa Subida da Estação (LAG-2) — Fe > Al > Mn > Zn > Ba > Cu > Pb > Cr;
- lagoa Capivara (LAG-4) — Zn > Al > Fe > Mn > Pb > Cu > Ba > Cd > Cr;
- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) — Fe > Zn > Al > Cu > Mn > Ba > Pb > Cr > Cd; e,
- lagoa Poço Verde (LAG-6) — Fe > Zn > Al > Mn > Ba > Cu > Pb > Cd > Cr.

Nas águas dos corpos d'água lóticos, não poluídos por esgoto sanitário, também ocorreram em maior extensão os metais ferro, alumínio, manganês e zinco e em menor extensão os metais bário, chumbo, cobre, cromo e cádmio. Nesses corpos d'água foram verificadas as seguintes ordens de abundância dos constituintes principais:

- canal de irrigação (ponto CAN-1) — Fe > Al > Zn > Mn > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd;
- canal de irrigação (ponto CAN-2) — Al > Fe > Zn > Pb > Cd > Cu > Ba > Mn > Cr;
- córrego Forquilha (ponto FOR-1) — Fe > Zn > Al > Mn > Ba > Pb > Cu > Cd > Cr;
- córrego Marinheiro (ponto MAR-1) — Fe > Al > Cu > Zn > Mn > Ba > Cr > Pb > Cd;
- córrego Jequitibá (ponto JEQ-1) — Fe > Ba > Al > Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd; e,
- córrego Jequitibá (ponto JEQ-2) — Fe > Al > Mn > Cu > Zn > Ba > Pb > Cd > Cr.

As ordens de abundância dos constituintes secundários e traços, verificadas nas águas superficiais monitoradas na área do estudo, quantificadas em relação às suas concentrações médias, estão representadas nos diagramas mostrados na Figura 8.86 e 8.87.

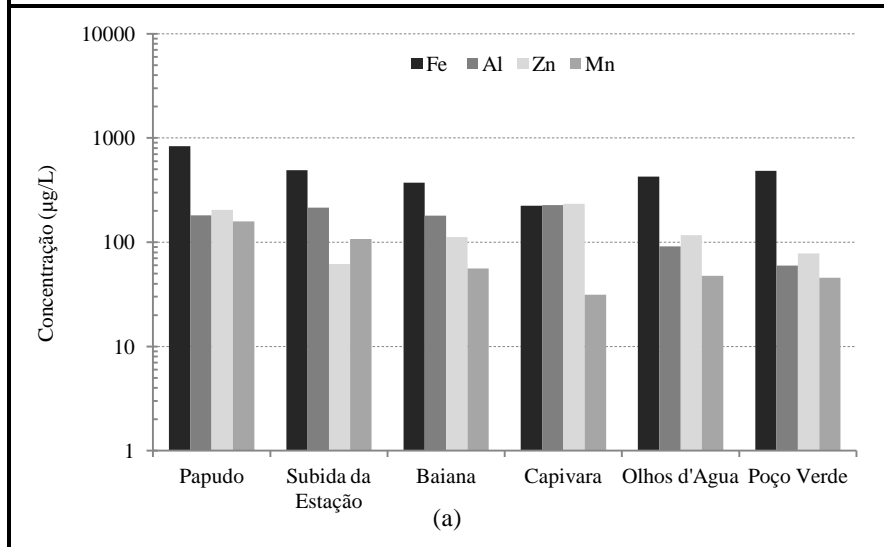
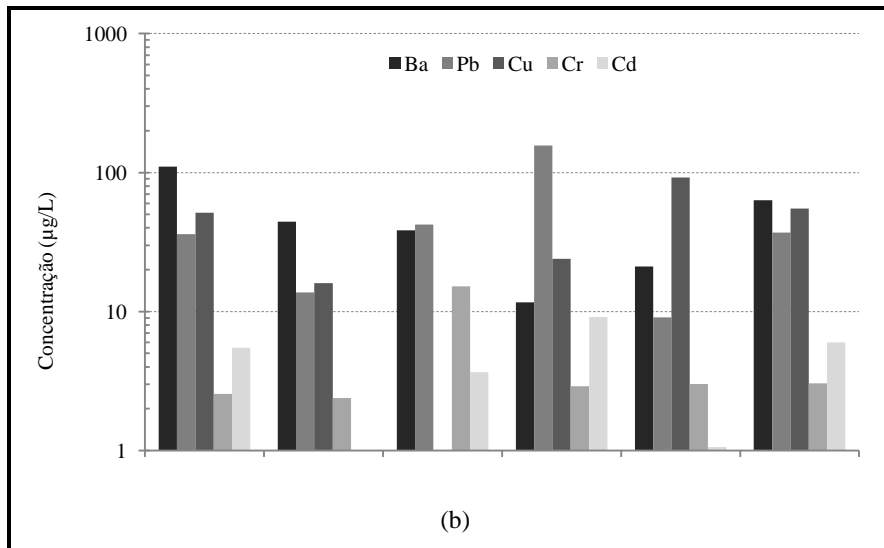
De acordo com as concentrações médias, representadas nos diagramas mostrados na Figura 8.87(a), as águas da lagoa Capivara se apresentaram mais pobres em ferro e mais ricas em zinco, alumínio e chumbo que as demais lagoas. As concentrações de chumbo e de cobre também se apresentaram maiores, nesta lagoa.

Com exceção das águas da lagoa Capivara e do canal de irrigação, no ponto CAN-2 (jusante), pode ser observado nos diagramas mostrados nas Figuras 8.86(a) e 8.87(a), que as águas superficiais se apresentaram com concentrações de ferro maiores. Foram verificadas concentrações médias deste metal maiores que 300 µg/L.

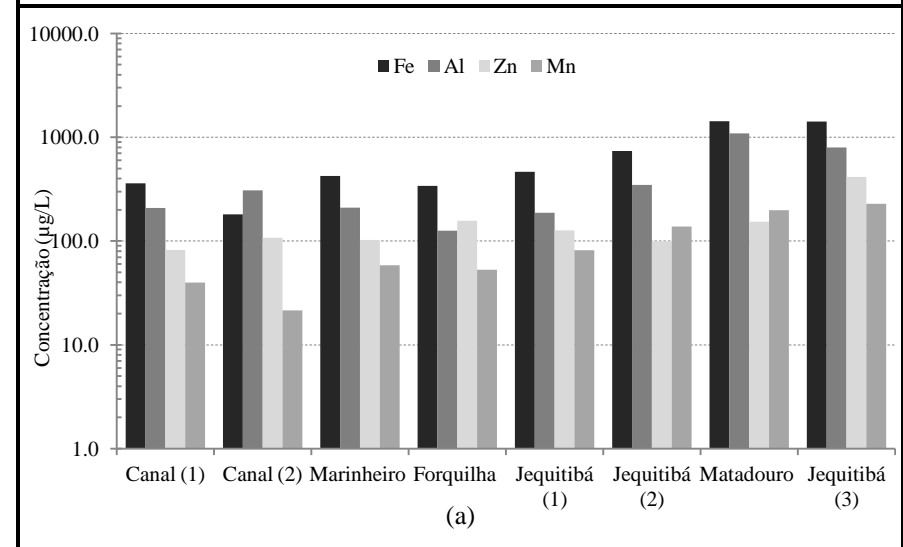
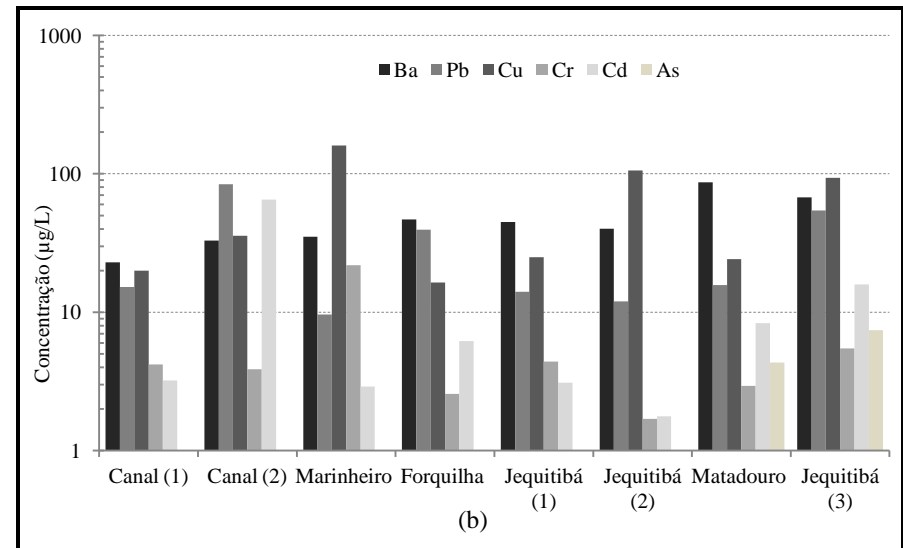
Nas águas superficiais não impactadas por esgotos sanitários, a maior concentração de ferro, em média, foi verificada na lagoa do Papudo, conforme mostrado na Figura 8.86(a).

Nos corpos d'água lóticos, poluídos por esgoto sanitário, o ferro se apresentou acima de 1000 µg/L, em média, conforme mostrado na Figura 8.87(a).

O alumínio ocorreu em concentrações médias menores que o ferro, em geral, entre 100 e 300 µg/L, nas águas não impactadas por esgotos sanitários.



Figuras 8.86 – Diagramas comparativos dos constituintes secundários e traços nos corpos d'água lênticos



Figuras 8.87 – Diagramas comparativos dos constituintes secundários e traços nos corpos d'água lóticos

Nas águas superficiais não impactadas por esgotos sanitários, o zinco se apresentou em concentrações médias maiores que o manganês, com exceção das águas da lagoa Subida da Estação e do córrego Jequitibá, no ponto JEQ-2. Nessas águas, foram verificadas concentrações médias do metal, entre 60 e 250 µg/L. A maior concentração média do metal foi verificada na lagoa Capivara.

No córrego Jequitibá (no ponto JEQ-2) ocorreu um aumento nas concentrações de ferro, alumínio e manganês, o que resultou no aumento das respectivas concentrações médias, conforme mostrado no diagrama da Figura 8.87 (a). O aumento das concentrações dos constituintes secundários e traços é devido a impactos antrópicos locais, admitidos como originados das instalações da Epamig situadas próximas.

Conforme o diagrama na Figura 8.87(a), nos corpos d'água lóticos poluídos por esgoto urbano, as concentrações médias do ferro e do alumínio se apresentaram maiores que nas águas superficiais não impactadas por esgotos. Para o zinco e o manganês as maiores concentrações médias foram verificadas no rio Jequitibá (ponto JEQ-3), com valores entre 200 e 400 µg/L.

Nos corpos d'água impactados por esgoto urbano, as concentrações médias dos metais secundários e traços se apresentaram maiores no ponto de monitoramento de jusante, ou seja, no rio Jequitibá (ponto JEQ-3). Isto indica a existência de fonte de poluição a jusante do ponto monitorado no córrego Matadouro e no rio Jequitibá a montante do ponto JEQ-3.

Os metais Al, Fe, Mn, Zn e Ba foram quantificados nas águas superficiais monitoradas na área do estudo, em geral, com frequência acima de 75%, o que não se verificou apenas para o Ba e o Mn nas lagoas Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde.

Os metais Pb, Cr, Cu, Cd foram quantificados com frequências, em geral menores que 40%. Na lagoa Olhos d'Água a frequência de quantificação do Pb e do Cr foi cerca de 45%.

Nas águas impactadas por esgoto urbano os metais Pb, Cr, Cu, Cd foram quantificados com frequências entre 40 e 50%, e o As com frequência entre 15 e 20%.

Em relação à composição química das águas superficiais monitoradas na área do estudo, foi verificada uma diversidade de metais nessas águas.

Por um lado, esta diversidade composicional é atribuída, em parte, ao intemperismo mais intenso, nas regiões tropicais, que dá origem a um espesso manto de intemperismo, que em geral se comporta como meio aquífero poroso ou transmissor de águas infiltradas (Mestrinho, 2008), possibilitando um enriquecimento das águas meteóricas que percolam esse meio, até alcançar as partes mais profundas, saturadas.

Por outro lado, rochas sedimentares de origem química, como os carbonatos, são enriquecidas na sua composição elementar, em função da composição do meio aquático no qual os sedimentos foram depositados. Desta forma, águas de aquíferos carbonáticos podem se apresentar mais mineralizadas.

Também, a composição química da água, além do meio geológico, depende de fatores como a agressividade da água, do seu tempo de residência no meio geológico e da velocidade do fluxo, e das atividades antrópicas realizadas na bacia hidrográfica e nas áreas de recarga.

Foi considerado como uma fonte de contribuição, tanto para a diversidade de elementos quantificados, como para possíveis incrementos de suas concentrações, nas águas superficiais monitoradas na área do estudo, a determinação dos metais em amostras não filtradas e acidificadas.

A ação do ácido nítrico concentrado, usado para preservação das amostras, promoveu a dissolução do material particulado em suspensão, possibilitando desta forma concentrações maiores que as naturais, nas águas superficiais monitoradas, e conseqüentemente, a diversidade de metais quantificados.

### 8.3 Caracterização das Águas Subterrâneas

Os pontos de monitoramento de águas subterrâneas na área do estudo estão sumarizados na Tabela 8.38, na qual consta a taxonomia usada neste texto e no plano de monitoramento das águas.

Tabela 8.38 – Águas subterrâneas monitoradas na área do estudo

Subconjunto	Nomenclatura	Identificação		Coordenadas	
		Texto	Plano <sup>(2)</sup>	L (m)	N (m)
Cisternas	do Restaurante	CIS-1	S2D2-4	587321	7849490
	da Estufa	CIS-2	S2D2-5	587370	7849633
	do Barão	CIS-3	S2D1-1	586886	7848687
	da AEE	CIS-4	S2D1-5	586345	7849775
	da Epamig	CIS-5	S3D1-2	587846	7847990
	do Estábulo	CIS-6	S3D1-5	587754	7848713
	da Faz. Marinheiro	CIS-7	S1D2-1	584519	7845060
Poços de produção	Matadouro 1	PT-1	S2D2-3	587220	7849796
	Matadouro 2	PT-2	S2D2-2	587300	7849802
	Subida da estação	PT-3	S1D1-5	586539	7845745
	Olhos d'água	PT-4	S2D1-4	586345	7849775
	Epamig	PT-5	S3D1-5	588610	7848641
	fazenda Tavares	PT-6	S3D2-3	586124	7851108
Surgências	Subida da Estação	SURG-1	S1D1-4	586422	7845750
	Mata da Usina	SURG-2	S1D2-5	586153	7846972
	NIA	SURG-3	S1D2-3	584981	7846474
Poços de Monitoramento <sup>(1)</sup>	Montante1	PC-1		7848047	586015
	Centro Pivô 1	PC-2		7848061	586698
	Centro Pivô 3	PC-3		7847585	586388
	Stress 2	PC-4		7849076	586322
	Capivara1	PC-5		7848708	586630
	Capivara2	PC-6		7848939	587069
	Capivara3 (Piezômetro)	PC-7		7848939	587069
	Stress 3 - Olhos d'Água	PC-8		7849513	586456
	Lagoa do Trevo	PC-9		7847137	586706
	Esgoto Químico1	PC-10		7849438	587633
	Esgoto Químico2	PC-11		7849434	587661
	Stress 1	PC-12		7848537	586247
	Córrego Matadouro	PC-13		7849802	587299
	Portaria	PC-14		7847584	586817
	Cascatinha1	PC-15		7848201	586871
	Cascatinha2	PC-16		7848231	587061
	Estação Meteorológica	PC-17		7845381	586772
	Montante2	PC-18		7845526	586103
	Centro Pivô 2	PC-19		7845652	587166
	Centro Pivô 4	PC-20		7846036	587255
	Norte Pivô 4	PC-21		7846185	587260
	Oeste Pivô 4	PC-22		7846106	587043
	Lagoa Estação	PC-23		7845779	586686

(1) Poços monitorados a partir de julho de 2010

(2) Identificação nos planos de monitoramento (ver Anexo A)

A localização dos pontos de monitoramento de águas subterrâneas, incluindo os 23 poços de monitoramento, está apresentada no mapa litológico na Figura 8.88.

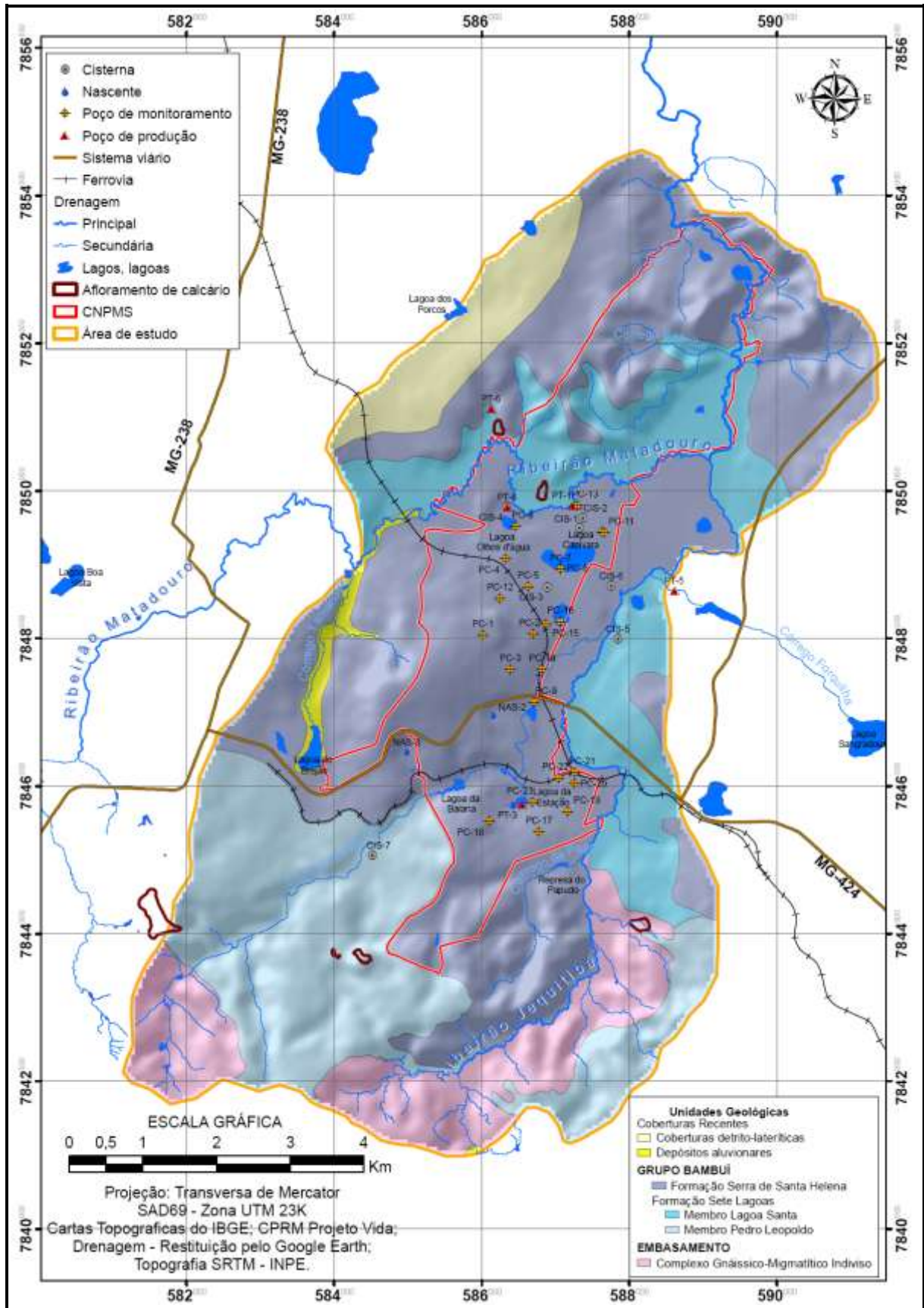


Figura 8.88 – Mapa de localização dos pontos de monitoramento de águas subterrâneas

Fonte: CPRM, 2003. Adaptação: Santos, F., 2011.

## Hidroquímica das águas subterrâneas

Considerando o terno cationico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e o terno anionico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  está apresentada a seguir a caracterização geral das águas subterrâneas, baseada em diagramas de Piper, para as águas subterrâneas monitoradas nas cisternas e surgências, nos poços de produção, nos poços de monitoramento sumarizados na Tabela 8.43

Na Figuras 8.89 está apresentado o diagrama de Piper para as águas subterrâneas monitoradas nas surgências e nas cisternas, da área do estudo

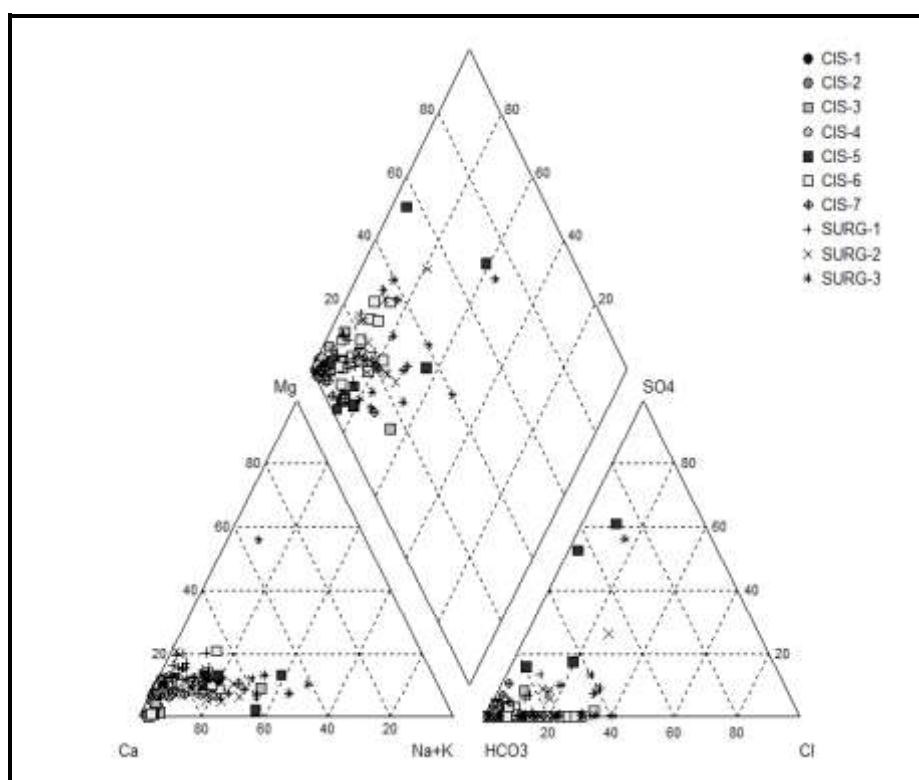


Figura 8.89 – Diagrama de Piper — cisternas e surgências monitoradas na área do estudo

De modo geral, as águas representadas no diagrama de Piper, na Figura 8.89 se apresentaram cálcicas-bicarbonatadas. Porém, se observa que essas águas apresentaram diferenças quanto aos teores de cálcio e bicarbonato, principalmente, e quanto aos teores de sódio e potássio, de cloreto e de sulfato.

As águas da cisterna da Epamig (CIS-5) e do Estábulo (CIS-6) apresentaram teores de cálcio e de bicarbonato, semelhantes aos teores de cálcio e de bicarbonato nas águas das surgências, porém menores que os teores presentes nas águas demais cisternas.



De acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.89, nas águas das cisternas e das surgências os teores de sódio e potássio se apresentaram na faixa de 20 a 60 %, e os teores de cloreto e de sulfato na faixa de 10 a 40 %. As águas da cisterna da Epamig (CIS-5) se apresentaram com teores de sulfato maiores.

De acordo com diagrama de Piper, na Figura 8.89, podem ser distinguidos dois grupos de águas semelhantes, a saber: o primeiro grupo compreende as surgências e as cisternas da Epamig (CIS-5) e do Estábulo (CIS-6), no qual se pode incluir a cisterna do Barão (CIS-3); o segundo grupo compreende as cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação cujas águas se apresentaram mais cálcicas-bicarbonatas.

Na Figuras 8.90 está apresentado o diagrama de Piper para as águas subterrâneas monitoradas nos poços de produção, da área do estudo

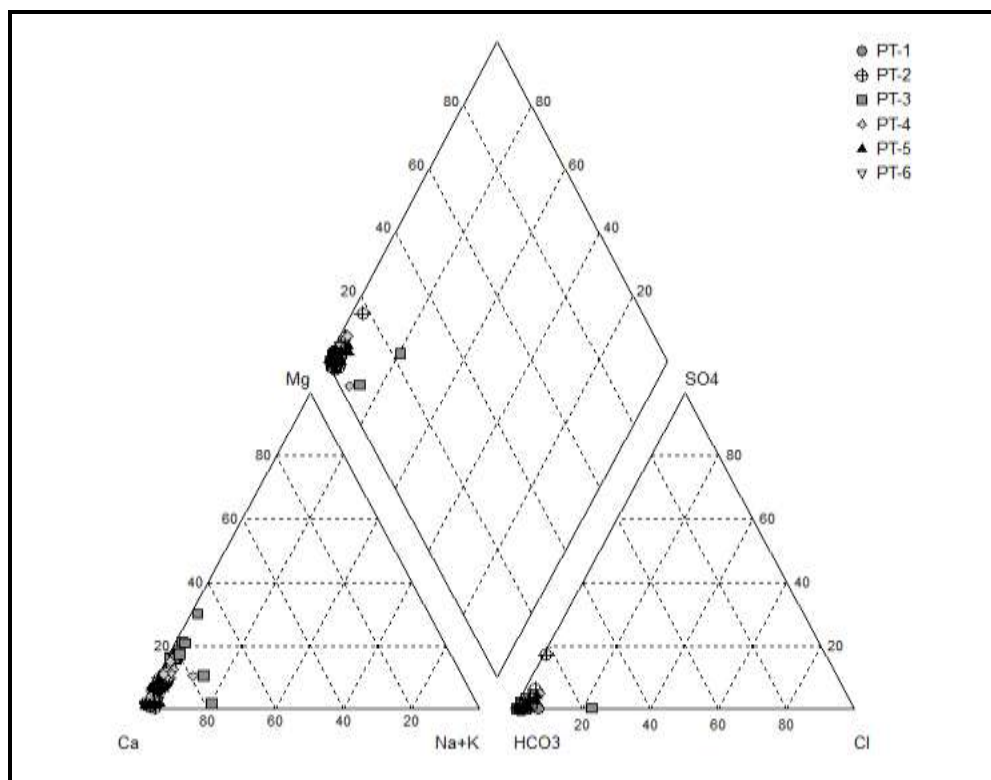


Figura 8.90 – Diagrama de Piper — poços de produção monitorados na área do estudo

As águas representadas no diagrama de Piper, na Figura 8.90 se apresentaram fortemente cálcicas-bicarbonatadas. No entanto, se observa que as águas dos poços Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4) apresentaram teores de cálcio menores do que os teores verificados nas águas dos quatro outros poços reportados no diagrama.

De acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.90, as águas explotadas pelos poços de produção se apresentaram pobres em magnésio, sódio, cloreto e sulfato, em geral. No entanto, o teor de magnésio é maior nas águas dos poços Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4), conforme o diagrama apresentado na Figura 8.94.

Os poços de produção Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4) são jorrantes, tendo sido instalados em área de descarga de águas subterrâneas de circulação mais profunda, conforme Machado (2011).

Os poços de produção Matadouro-1 (PT-1) e Matadouro-2 (PT-2), que abastecem a sede do CNPMS, foram instalados próximos da margem do córrego Matadouro, em área de descarga de águas subterrâneas, conforme Machado (2011), distando entre si cerca de 80 m.

Na Figura 8.91 está apresentado o diagrama de Piper para as águas subterrâneas dos poços de monitoramento.

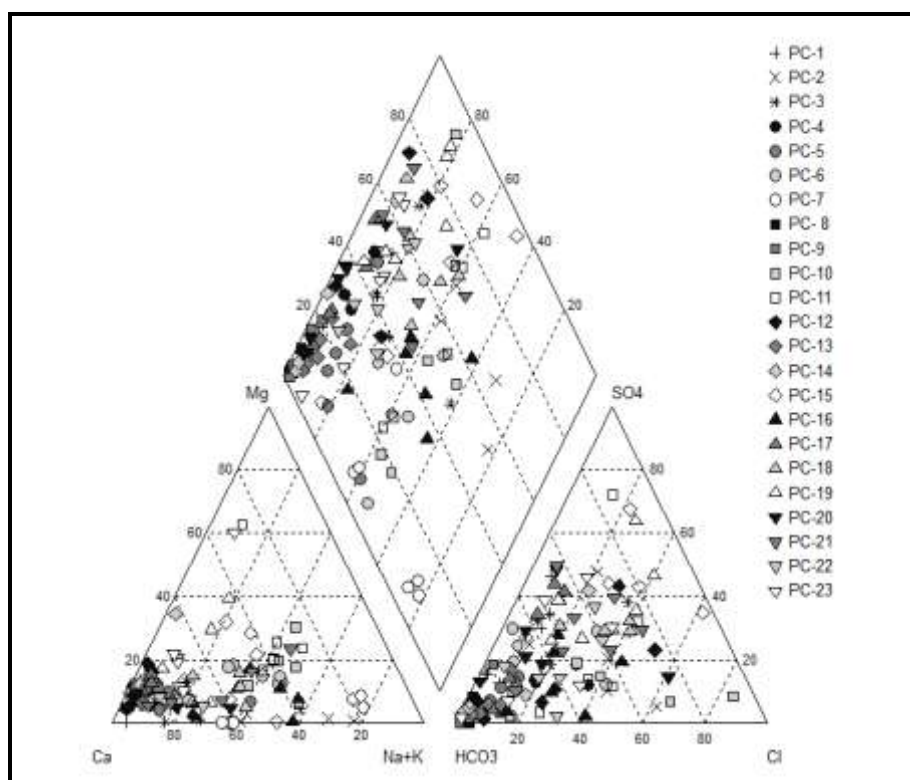


Figura 8.91 – Diagrama de Piper — poços de monitoramento na área do estudo

Com exceção do poço de monitoramento PC-7 que foi instalado na rocha carbonática, todos os demais foram instalados nas coberturas detrito-lateríticas ou nos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, portanto, as águas captadas nesses poços deveriam refletir

características hidroquímicas semelhantes às observadas nas águas das surgências e das cisternas, apresentadas no diagrama de Piper, na Figuras 8.91.

No entanto, de acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.91, que as águas dos poços de monitoramento apresentaram ampla diversidade nos teores dos íons representados no diagrama, a saber, o terno cationico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e o terno anionico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ .

### **Poços de Monitoramento**

Os 23 poços de monitoramento implantados na área do estudo estão apontados no mapa litológico apresentado Figura 8.92.

A perfuração e instalação desses poços visou o monitoramento das águas freáticas, principalmente, nas áreas de cultivos foi iniciada em janeiro de 2010 e concluída em abril do mesmo ano.

Os poços de monitoramento PC-1 e PC-18 foram implantados em locais escolhidos, com o objetivo de se determinar as concentrações de base dos constituintes principais, secundários e traços, nas águas do aquífero freático.

Os poços de monitoramento PC-6 e PC-7 foram implantados na borda sul da lagoa Capivara, em local escolhido com o objetivo de se determinar a origem das águas desta lagoa.

O poço PC-13 foi instalado junto do poço de produção PT-1, para permitir o monitoramento das águas subterrâneas, na sua chegada ao córrego Matadouro, conforme o modelo de fluxo proposto por Machado (2011), das águas subterrâneas na área do estudo. Os demais poços de monitoramento foram instalados nas áreas de experimentos agrícolas.

Os detalhes construtivos desses poços, tais como, a profundidade total do poço, o diâmetro da perfuração e o diâmetro final do poço, comprimento do filtro e do tubo cego, selo sanitário, comprimento do material isolante e outras características estão apresentados no Anexo A. Neste anexo, também estão apresentados os perfis litológicos, elaborados a partir da descrição macroscópica dos materiais removidos na perfuração e os níveis d'água verificados após o desenvolvimento dos poços.

Após o término dos trabalhos de desenvolvimento dos poços de monitoramento, foram colhidas amostras de suas águas para registro fotográfico e determinação do pH e da condutividade elétrica, in situ. Com exceção das amostras dos poços PC-2, PC-6, PC-7, PC-9 PC-10, PC-15, PC-16, PC-18, PC-20, PC-21 e PC-22 que se apresentavam com turbidez aparente baixa, as demais ainda se apresentavam francamente turvas, indicando que os poços não foram suficientemente desenvolvidos.

Desta forma, a razão da diversidade na composição química das águas dos poços de monitoramento refletida no diagrama de Piper, na Figura 8.91 foi atribuída ao desenvolvimento insuficiente desses poços, após sua instalação.

No Anexo A estão apresentadas fotografias, nas quais são mostrados os diferentes aspectos das águas, coletadas nos 23 poços de monitoramento realizadas em abril de 2010.

Na Figura 8.92 estão apresentadas fotografias nas quais se apresentam três diferentes graus de turbidez aparentes, apresentadas nas águas dos poços de monitoramento.



Figura 8.92 – Turbidez aparentes nas águas dos poços de monitoramento

Conforme Santos (2008), as águas subterrâneas, em geral, não tem sólidos em suspensão, a não ser algumas águas de aquíferos cársticos-fissurais ou de poços mal desenvolvidos, com produção de argila, silte e areia.

O monitoramento desses poços teve início em agosto de 2010 prolongando-se até agosto de 2011. Inicialmente, foram feitas coletas de amostras não filtradas, a partir de novembro de 2010, foi iniciada a de filtração das amostras, em campo, usando-se membrana de 0,45  $\mu\text{m}$ . Aparentemente, a filtração não refletiu na qualidade dos resultados analíticos, conforme os resultados analíticos apresentados no Anexo B (Tabela B.18).

O desenvolvimento realizado nos 23 poços de monitoramento resultou insuficiente para limpar suas águas, que apresentaram turbidezes elevadas, em geral. Grosso modo, foram identificados quatro intervalos de turbidezes, medidas nas águas dos poços de monitoramento, em unidade nefelométrica, sumarizados na Tabela 8.39.

Para comparação, também estão apresentadas na Tabela 8.39 as turbidezes médias determinadas nas águas subterrâneas monitoradas nas surgências, cisternas e poços de produção na área do estudo. No cálculo dos valores médios da turbidez, não foram considerados os valores verificados nas águas das cisternas da Epamig e da fazenda Marinheiro, por apresentarem turbidezes nefelométricas muito elevada.

Durante as visitas realizadas nesses dois pontos de monitoramento, foi observado que suas águas apresentavam turbidezes aparentes elevadas, conforme registrado nas fotografias apresentadas no Anexo F.

Tabela 8.39 – Turbidezes médias nas águas subterrâneas na área do estudo

Poços de monitoramento	Turbidez (UNT)	Turbidez média (UNT)	Surgências, cisternas, e poços de produção	Turbidez média (UNT)
PC-01, PC-14, PC-17 e PC-20	> 2400	3126	Subida da Estação, Mata da Usina e NIA	3,9
PC-04, PC-05, PC-06, PC-08, PC-10, PC-12, PC-15, PC-18, PC-19 e PC-23	500 a 1000	744	Restaurante, Estufa, Associação, Barão e Estábulo	6,5
PC-02, PC-03, PC-09, PC-11, PC-13 e PC-21	150 a 500	332	Matadouro 1, Matadouro 2, Subida da Estação, Olhos d'Água, Epamig e fazenda Tavares	2
PC-07, PC-16 e PC-22	<150	97	Poço de produção Epamig	16

Na Tabela 8.39 estão apresentados os valores das medições da temperatura e dos parâmetros físico-químicos pH e condutividade elétrica feita, *in situ*, nos dias 28 e 29 de abril de 2010, em amostras das águas dos poços de monitoramento.

Os valores do pH nas águas amostradas foram próximos do pH das águas meteóricas, não poluídas, com exceção dos valores de pH nas águas dos poços PC-7 que se apresentou elevado, em razão de possível contaminação com a calda de cimento, utilizada na selagem do tubo de boca e do poço e PC-8. Nas águas do poço PC-7, o pH se apresentou muito alto, não condizente com os valores verificados nas águas do aquífero cárstico-carbonático, monitoradas na área do estudo. Os valores de pH nas águas do poço PC-8 se apresentaram semelhantes aos valores de pH verificados nas águas do aquífero cárstico-carbonático.

Tabela 8.40 – Características físico-químicas das águas dos poços de monitoramento<sup>(1)</sup>

Poço de monitoramento	Nome ou Local de instalação	T (°C)	pH	CE (µS/cm)
PC-1	Montante1	24.0	6.30	214.0
PC-2	Centro Pivô 1	24.0	5.24	13.84
PC-3	Centro Pivô 3	24.0	5.26	9.34
PC-4	Stress 2	24.5	6.41	95.9
PC-5	Capivara1	24.0	6.33	58.90
PC-6	Capivara2	26.0	6.74	124.6
PC-7	Capivara3 (Piezômetro)	26.0	10.14	120.8
PC-8	Stress 3 - Olhos d'Água	25.0	7.71	254.0
PC-9	Lagoa do Trevo	24.0	6.39	171.5
PC-10	Esgoto Químico1	27.0	5.61	17.33
PC-11	Esgoto Químico2	27.0	5.05	14.40
PC-12	Stress 1	25.0	6.89	299.0
PC-13	Córrego Matadouro	25.0	6.29	78.40
PC-14	Portaria	24.0	5.56	29.30
PC-15	Cascatinha1	24.5	5.46	16.64
PC-16	Cascatinha2	24.5	5.16	15.26
PC-17	Estação Meteorológica	26.0	6.54	214.0
PC-18	Montante2	24.0	5.94	63.6
PC-19	Centro Pivô 2	26.0	5.37	11.95
PC-20	Centro Pivô 4	24.5	6.73	213.0
PC-21	Norte Pivô 4	-	-	-
PC-22	Oeste Pivô 4	25.0	5.49	23.0
PC-23	Lagoa Estação	26.0	6.36	99.9

1) Determinações realizadas in situ, em outubro de 2010

As condutividades elétricas verificadas nas águas dos poços de monitoramento se apresentaram muito variáveis, para águas subterrâneas freáticas sob a influência de litologia pouco diversificada, a saber, os saprolitos da formação Serra de Santa Helena, em geral, capeados por Latossolos Vermelhos ou Vermelho-Amarelos.

Para os parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas dos poços de monitoramento, estão apresentadas na Tabela 8.39 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Tabela 8.41 – Estatísticas dos parâmetros pH, CE e STD nas águas dos poços de monitoramento

Poço	Estatística	pH	CE	STD
PC-01	Média	6.37	91.6	115
	Desvio padrão	0.87	40.3	76.0
	Mínimo	5.87	40.3	76.0
	Máximo	7.09	148	168
	Amplitude	1.22	107	92.0
PC-02	Média	5.15	7.2	40.4
	Desvio padrão	0.20	1.3	40.9
	Mínimo	4.82	5.3	14.0
	Máximo	5.30	8	112
	Amplitude	0.48	3.2	98.0

Tabela 8.41 – Continuação

Poço	Estatística	pH	CE	STD
PC-03	Média	5.47	12.7	36.3
	Desvio padrão	0.58	7.62	28.2
	Mínimo	4.87	6.06	10.0
	Máximo	6.50	27.3	88.0
	Amplitude	1.63	21.20	78.0
PC-04	Média	6.05	34.4	54.4
	Desvio padrão	0.33	16.4	17.6
	Mínimo	5.62	19.9	32.0
	Máximo	6.54	63.4	72.0
	Amplitude	0.92	43.53	40.0
PC-05	Média	6.11	27.8	26.7
	Desvio padrão	0.44	12.2	22.9
	Mínimo	5.69	15.9	4.00
	Máximo	6.80	50.0	68.0
	Amplitude	1.11	34.1	64.0
PC-06	Média	7.26	57.8	175
	Desvio padrão	1.99	43.8	135
	Mínimo	6.09	11.4	72.0
	Máximo	11.3	136	428
	Amplitude	5.16	124	356
PC-07	Média	8.85	262	183
	Desvio padrão	1.65	190	138
	Mínimo	6.40	45.6	56.0
	Máximo	11.1	515	448
	Amplitude	4.71	469	392
PC-08	Média	7.94	276	209
	Desvio padrão	0.29	14.8	18.1
	Mínimo	7.41	255	192
	Máximo	8.20	296	240
	Amplitude	0.79	40.4	48.0
PC-09	Média	7.14	183	137
	Desvio padrão	0.73	11.5	20.8
	Mínimo	6.34	168	108
	Máximo	8.08	198	164
	Amplitude	1.74	30.1	56.0
PC-10	Média	6.22	15.8	33.3
	Desvio padrão	0.88	9.9	17.6
	Mínimo	5.04	9.6	16.0
	Máximo	7.10	36	64
	Amplitude	2.06	26.2	48.0
PC-11	Média	5.77	15.0	17.7
	Desvio padrão	0.57	8.60	11.5
	Mínimo	5.25	10.9	4.00
	Máximo	6.51	32.5	36.0
	Amplitude	1.26	21.6	32.0
PC-12	Média	6.16	40.0	69.3
	Desvio padrão	0.76	28.3	52.7
	Mínimo	5.00	16.9	20.0
	Máximo	7.09	90	160
	Amplitude	2.09	73.4	140
PC-13	Média	7.19	71.7	47.7
	Desvio padrão	0.62	9.2	25.1
	Mínimo	6.41	58.9	16.0
	Máximo	7.79	84.0	92.0
	Amplitude	1.38	25.1	76.0

Tabela 8.41 – Continuação

Poço	Estatística	pH	CE	STD
PC-14	Média	7.17	140	88.0
	Desvio padrão.	0.46	75.8	46.1
	Mínimo	6.90	66.0	40.0
	Máximo	7.85	245	140
	Amplitude	0.95	179	100
PC-15	Média	5.28	48.1	24.7
	Desvio padrão	0.83	60.9	10.6
	Mínimo	4.39	12.1	12.0
	Máximo	6.74	169	40
	Amplitude	2.35	156.7	28.0
PC-16	Média	5.85	19.3	17.3
	Desvio padrão	0.69	19.2	6.53
	Mínimo	4.95	9.50	12.0
	Máximo	6.54	58.3	28.0
	Amplitude	1.59	48.8	16.0
PC-17	Média	6.21	98.7	234.7
	Desvio padrão	0.32	25.4	169.5
	Mínimo	5.73	68.2	64.0
	Máximo	6.51	131	540
	Amplitude	0.78	63.1	476.0
PC-18	Média	5.48	27.7	45.3
	Desvio padrão	0.55	20.5	33.2
	Mínimo	5.01	13.7	16.0
	Máximo	6.45	68.2	108
	Amplitude	1.44	54.5	92.0
PC-19	Média	5.41	17.4	74.0
	Desvio padrão	0.58	5.4	30.0
	Mínimo	4.87	10.4	48.0
	Máximo	6.24	25.4	124
	Amplitude	1.37	15.0	76.0
PC-20	Média	6.37	105.9	192.0
	Desvio padrão	0.86	62.0	145.4
	Mínimo	5.10	7.95	16.0
	Máximo	7.75	187	444
	Amplitude	2.65	179	428
PC-21	Média	5.43	23.3	46.7
	Desvio padrão	0.67	30.7	38.4
	Mínimo	4.86	8.3	16.0
	Máximo	6.52	86	108
	Amplitude	1.66	77.5	92.0
PC-22	Média	5.90	40.3	37.0
	Desvio padrão	0.20	24.7	19.7
	Mínimo	5.58	20.5	12.0
	Máximo	6.15	87.1	64.0
	Amplitude	0.57	66.6	52.0
PC-23	Média	6.16	90.8	72.0
	Desvio padrão	0.76	122.2	85.2
	Mínimo	5.80	20.6	24.0
	Máximo	7.70	336	224
	Amplitude	1.90	315	200

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.39, com exceção dos valores de pH verificados nas águas dos poços PC-06, PC-07, PC-08, PC-09, PC-13 e PC-14, os valores deste parâmetro, medidos em laboratório, em média, se apresentaram semelhantes ao pH de águas meteóricas, variando no intervalo  $(6,6 \pm 0,6)$  unidades de pH.



Nas águas dos poços PC-06, PC-09, PC-13 e PC-14, os valores de pH, em média, se apresentaram mais elevados variando no intervalo  $(7,2 \pm 0,9)$ .

Nas águas do poço PC-07 o parâmetro pH, em média, se apresentou mais elevado que os valores de pH verificados nas águas do aquífero cárstico-carbonático, na área do estudo, variando no intervalo  $(8,9 \pm 1,6)$  unidades de pH. A variabilidade do parâmetro pH, nas águas deste poço foi elevada, indicando variações altas na concentração hidrogeniônica, o que na ausência de uma fonte de contaminação não ocorre, portanto a variabilidade elevada do pH associada aos valores verificados corroboram a contaminação das águas deste poço, por materiais alcalinos empregados na sua construção, e não eliminados no desenvolvimento do poço.

As águas do poço PC-08 apresentaram valores de pH característicos das águas do aquífero cárstico-carbonático, na área do estudo, variando no intervalo  $(7,9 \pm 0,3)$  unidades de pH.

Em média, com exceção dos poços PC-06, PC-07, PC-08, PC-09, PC-13 e PC-14, os parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos se apresentaram variando, respectivamente, nos intervalos  $(48 \pm 33)$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  e  $(76 \pm 51)$   $\text{mg}/\text{L}$ . Nos poços PC-06, PC-09, PC-13 e PC-14 esses parâmetros variaram nos intervalos  $(113 \pm 35)$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  e  $(112 \pm 57)$   $\text{mg}/\text{L}$ .

Os valores da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos, em média, se apresentaram nos intervalos  $(262 \pm 190)$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  e  $(183 \pm 138)$   $\text{mg}/\text{L}$ , no poço PC-07 e nos intervalos  $(276 \pm 15)$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  e  $(209 \pm 18)$   $\text{mg}/\text{L}$  no poço PC-08.

Em geral, as concentrações de sólidos totais dissolvidos se apresentaram maiores que os valores de condutividade elétrica, isto não ocorreu apenas nas águas dos poços PC-07, PC-08, PC-09, PC-13, PC-14, PC-15 e PC-23. Este fato é indicativo da presença de materiais dissolvidos em suas águas produzidos durante a perfuração desses poços, ou provenientes do fluido de perfuração, que não foram removidos no desenvolvimento dos poços.

A inconsistência entre os valores das condutividades elétricas e as concentrações de sólidos totais dissolvidos, reportadas na Tabela 8.39, é conseqüência do desenvolvimento insuficiente dos poços de monitoramento. As concentrações de sólidos totais dissolvidos deveriam se apresentar proporcionais à condutividade elétrica por um fator entre 0,6 e 0,9, e não maiores como ocorreu para a maioria das amostras.

De modo geral, os parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos apresentaram variabilidade alta, conforme indicado pelos valores dos desvios-padrões, corroborando o desenvolvimento insuficiente realizado nos poços de monitoramento.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, os resultados analíticos reportados pela DVQA-Copasa, se apresentaram imprecisos, em geral. Mais de 80% do total de resultados das análises físico-químicas, das águas dos poços de monitoramento, apresentaram erro analítico maior que 30%.

Apesar da imprecisão dos resultados, indicada a partir dos resultados dos balanços iônicos, conforme descrito no Capítulo 7, todas as amostras também foram testadas com o aplicativo computacional PHREEQC.

O tratamento dos resultados das análises físico-químicas com este aplicativo computacional indicou forças iônicas e condutividades elétricas incompatíveis com os valores verificados nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, resultando condutividades maiores 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e forças iônicas maiores que 100. Para soluções diluídas de eletrólitos, que podem ser comparadas com águas doces naturais não poluídas a força iônica é cerca de 0,1. Reforçando, desta forma, a imprecisão verificada nos resultados reportados e corroborando o desenvolvimento insuficiente dos poços de monitoramento.

Portanto, os resultados laboratoriais reportados até dezembro de 2010, não permitem qualquer avaliação sobre a natureza dessas águas, além do que foi exposto. Entretanto, os resultados dos balanços iônicos e os valores dos erros analíticos, reforçam a necessidade de uma amostragem cuidadosa com a realização da filtração *in situ*.

### **Cisternas, surgências e poços de produção**

Com base nos diagramas de Piper apresentados nas Figuras 8.51 e 8.52 a caracterização das águas subterrâneas na área do estudo está apresentada a seguir, de acordo com os grupos identificados nos diagramas de Piper nas 8.51 e 8.82, com exceção das águas dos poços de monitoramento.

Na caracterização das águas subterrâneas, além das características hidroquímicas verificadas nos diagramas de Piper, nas Figuras 8.51 e 8.52, foram considerados os parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos que permitiram identificar águas subterrâneas semelhantes.

## Cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

### Pontos de monitoramento CIS-3, CIS-5, CIS-6

A localização dessas três cisternas, na área do estudo, está sumarizada na Tabela 8.40. A caracterização das águas da cisterna da fazenda Marinheiro está apresentada separadamente.

Tabela 8.42 – Localização das cisternas Barão (CIS-3), Epamig (CIS-5), Estábulo (CIS-6) e fazenda Marinheiro (CIS-7)

Cisternas		Coordenadas UTM		Local
Nome no texto	Plano <sup>(1)</sup>	Norte (m)	Leste (m)	
Barão	CIS-3	7848687	586886	Escritório do Barão
Epamig	CIS-5	7847990	587846	Vila Epamig – casa 2
Estábulo	CIS-6	7848713	587754	Epamig – Estábulo 2

1) Plano de monitoramento

Com exceção das águas da cisterna da Epamig, que com freqüência se encontrava turva (ver Figura F7, no Anexo F), visualmente, as águas das cisternas do Barão e do Estábulo se apresentaram límpidas, frequentemente.

A localização das cisternas apresentadas na Tabela 8.40, (ver Figuras F3, F6 e F8, no Anexo F), está apontada na imagem da Figura 8.93.



Figura 8.93 – Locais das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Fonte: Google Earth, 2011

As cisternas Barão (CIS-3), Epamig (CIS-5) e Estábulo (CIS-6) são revestidas e cobertas com laje, encontrando-se implantadas em terrenos característicos das coberturas detrito-lateríticas.

Em geral, suas águas não são utilizadas para consumo humano, mas para suprimento de atividades que são realizadas no sítio onde estão localizadas, tais como lavação de instrumentos e equipamentos agrícolas, suprimento de instalações rurais e sanitárias, dessedentação de gado, entre outras.

Na Figura 8.94, estão apresentados os hidrogramas do parâmetro potencial hidrogeniônico, pH, nas águas cisternas Barão, Epamig e Estábulo.

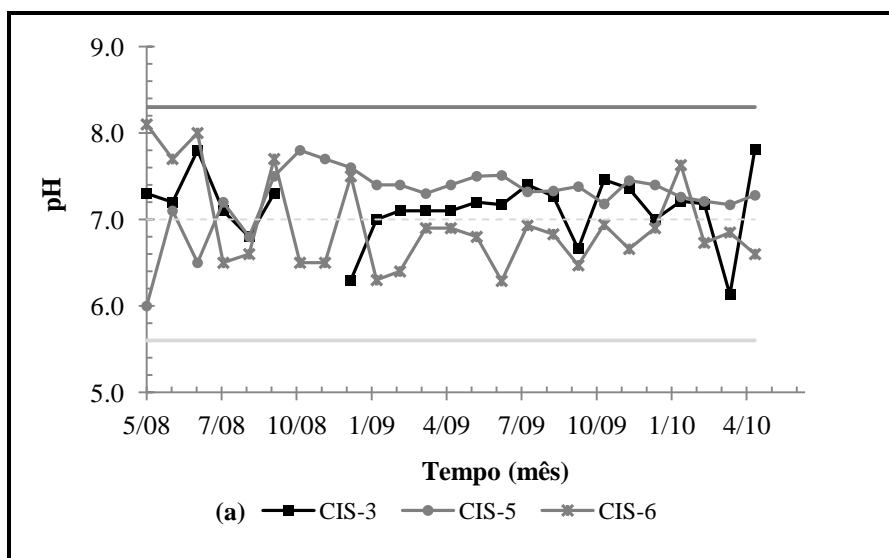


Figura 8.94 – Variabilidade do pH nas águas das cisternas do Barão, da Epamig, e do Estábulo

As duas linhas marcadas nos diagramas do pH, referem-se aos valores de pH 5,6 e 8,3 que correspondem ao pH da água de chuva pristina e ao pH máximo de uma água bicarbonatada, não poluída, a linha tracejada marca o pH 7.

Conforme reportado no diagrama, na Figura 8.94, as águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo apresentaram valores de pH variando no intervalo cerca de 6,6 a 8,0. Em geral, mais baixos e com maiores variações que os verificados nas cisternas situadas nas áreas de descarga de águas subterrânea.

As águas da cisterna Estábulo, freqüentemente, apresentaram pH abaixo de 7, durante o período de monitoramento, as cisternas Barão e Epamig apresentaram o pH variando dentro do intervalo de 7,0 a 7,8 aproximadamente, mostrando um caráter um pouco mais alcalino.

Os valores do pH na cisterna do Estábulo, em geral, apresentaram maior variação durante o período monitorado, o que indica a influência da atividade pecuária leiteira intensiva na sua área de captação.

Os valores de pH dessas cisternas do Barão, do Estábulo e da Epamig, reportados nos hidrogramas da Figura 8.94, se apresentaram em conformidade a norma estabelecida para águas de classe 2.

Estão apresentados na Figura 8.95, os hidrogramas dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e, sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nas cisternas do Barão, do Estábulo e da Epamig.

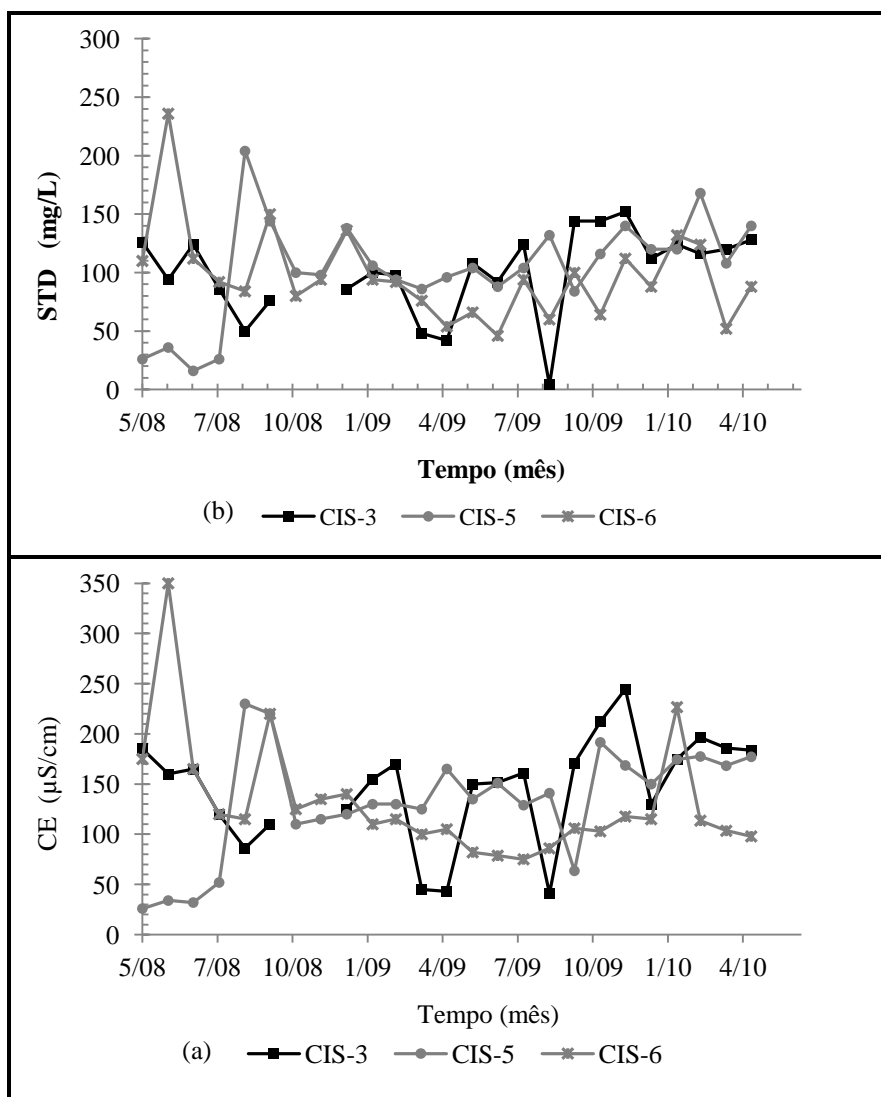


Figura 8.95 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

As condutividades elétricas reportadas nos hidrogramas mostrados na Figura 8.95 (a), verificadas nas cisternas do Barão, do Estábulo e da Epamig, em geral se apresentaram abaixo de 220  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e com maior variação que as condutividades verificadas nas cisternas situadas nas áreas de descarga de águas subterrâneas.

Em média, as condutividades elétricas verificadas nas cisternas do Barão, do Estábulo e da Epamig se apresentaram menores, o que denota águas de circulação mais rápida, portanto menos mineralizadas, em geral. As condutividades verificadas nessas três cisternas situaram no intervalo de 50 a 220  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em conformidade com as águas das coberturas detrito-lateríticas.

De modo semelhante, as concentrações de STD apresentaram maiores variações nas cisternas do Barão, do Estábulo e da Epamig que as concentrações de STD verificadas nas cisternas situadas nas áreas de descarga de águas subterrâneas.

O comportamento temporal das condutividades elétricas descrito nos hidrogramas da Figura 8.95 (a) se apresentou muito variável, o que denota a influência das atividades antrópicas realizadas em sua área de captação.

A razão média entre os parâmetros STD e CE, foi de 0,69 para a cisterna do Barão e de 0,78 para as cisternas da Epamig e do Estábulo, se apresentando em conformidade com os valores estabelecidos em Sayer et. al.,(1994).

No entanto, essa razão para as cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo se apresentou com variações grandes, com amplitudes maiores que as próprias razões médias, denotando o comportamento muito variável dos parâmetros CE e STD nessas cisternas, o que reforça a influência das atividades antrópicas realizadas em suas áreas de captação.

De modo geral, o comportamento descrito nos hidrogramas nas Figuras 8.94 e 8.95, dos parâmetros pH, CE e STD, nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo caracterizam águas menos alcalinas e menos mineralizadas que as águas captadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

Considerando os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, reportados nos hidrogramas das Figuras 8.65 e 8.66, para as cisternas Barão, Epamig e Estábulo estão apresentados na Tabela 8.41 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Os valores médios dos parâmetros pH, CE e STD reportados na Tabela 8.43, se apresentaram menores e com maiores diferenças que os valores médios, desses parâmetros, verificados nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

Tabela 8.43 – Valores dos parâmetros pH, CE e STD nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo

Cisterna	Ponto	Estatísticas	pH	CE	STD
do Barão	CIS-3	Média	7.19	122	83.2
		Desvio padrão	0.25	56.6	40.2
		Mínimo	6.80	40.9	4.0
		Máximo	7.80	212	144
		Amplitude	1.00	171	140
da Epamig	CIS-5	Média	7.34	149	117
		Desvio padrão	0.24	44.4	38.5
		Mínimo	6.80	34.0	36.0
		Máximo	7.80	230	204
		Amplitude	1.00	196	168
do Estábulo	CIS-6	Média	6.86	129	97.8
		Desvio padrão	0.42	68.4	44.9
		Mínimo	6.29	75.1	46.0
		Máximo	7.70	350	236
		Amplitude	1.41	275	190

A maior variabilidade desses parâmetros nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, denotada nas amplitudes reportadas, conforme reportado na Tabela 8.43, está condizente com as influências das atividades na área de captação dessas cisternas, refletindo na constituição de suas águas captadas.

Também, as variações descritas nos hidrogramas das Figuras 8.94 e 8.95 e sumarizadas na Tabela 8.41 refletem as influências antrópicas no ambiente agrícola, nas coberturas detrito-lateríticas, na área de captação das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

As maiores amplitudes dos parâmetros pH, CE e STD verificadas para a cisterna do Estábulo, denotam a forte influência da pecuária leiteira intensiva, na qualidade das águas captadas por essa cisterna.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.43:

- cisterna do Barão (CIS-3) — pH ( $7,2 \pm 0,3$ ), condutividade elétrica ( $129 \pm 68$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $98 \pm 45$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- cisterna da Epamig (CIS-5) — pH ( $7,3 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $149 \pm 44$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $117 \pm 39$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- cisterna do Estábulo (CIS-6) — pH ( $6,9 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $235 \pm 22$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $156 \pm 42$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;

## Constituintes principais nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo Marinheiro

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.44, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

Tabela 8.44 – Concentrações dos cátions e ânions principais nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo

Cisterna	Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
do Barão	CIS-3	Média	1.31	0.032	0.036	0.062	1.30	0.075	0.058	0.043
		Desvio padrão	0.61	0.022	0.048	0.022	0.630	0.014	0.055	0.035
		Mínimo	0.38	0.003	0.007	0.044	0.412	0.059	0.015	0.008
		Máximo	2.34	0.067	0.179	0.104	2.29	0.10	0.150	0.096
		Amplitude	1.96	0.065	0.172	0.061	1.88	0.04	0.135	0.087
da Epamig	CIS-5	Média	1.43	0.153	0.021	0.110	1.48	0.196	0.138	0.053
		Desvio padrão	1.09	0.116	0.014	0.041	1.10	0.076	0.185	0.086
		Mínimo	0.57	0.024	0.009	0.066	0.645	0.102	0.024	0.002
		Máximo	3.85	0.454	0.064	0.237	3.84	0.333	0.764	0.181
		Amplitude	3.28	0.430	0.055	0.171	3.19	0.231	0.740	0.179
do Estábulo	CIS-6	Média	1.05	0.141	0.022	0.129	1.11	0.246	0.103	0.030
		Desvio padrão	0.51	0.145	0.023	0.074	0.524	0.249	0.098	0.025
		Mínimo	0.57	0.024	0.009	0.079	0.645	0.080	0.024	0.002
		Máximo	2.45	0.671	0.103	0.355	2.44	1.10	0.416	0.060
		Amplitude	1.88	0.647	0.094	0.276	1.80	1.02	0.393	0.058

Segundo os valores reportados na Tabela 8.44, as águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo também, se apresentaram com concentrações dominantes dos íons cálcio e bicarbonato. Porém, com concentrações maiores de sódio e de potássio.

Os resultados reportados na Tabela 8.44, mostram que as concentrações médias dos íons cálcio e bicarbonato, se apresentaram em conformidade estequiométrica. Conforme Langmuir, (1997), em geral, a concentração de bicarbonato resulta maior que a de cálcio devido à dissolução do CO<sub>2</sub> presente no solo, além da fração proveniente da dissolução da calcita, um dos minerais mais comuns e disseminados no meio geológico.

As concentrações de cálcio e de bicarbonato além de se apresentarem iguais, praticamente, seus valores foram cerca da metade das concentrações verificadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

As concentrações de cálcio, sódio, potássio e bicarbonato, reportadas na Tabela 8.44, denotam que as águas captadas nas cisternas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo percolaram meio geológico distinto do meio percolado pelas águas captadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.



Nas cisternas do Estábulo e da Epamig, salvo as concentrações de cálcio, de magnésio e de bicarbonado, os demais constituintes principais se apresentaram com concentrações cerca de uma ordem de grandeza, maior que as concentrações, dos mesmos constituintes, verificadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

Conforme já descrito, nas águas subterrâneas não poluídas, inclusive de aquíferos carbonáticos, o teor de sódio se apresenta, em geral, maior que o de magnésio e, o de cloreto maior que o teor de nitrato. Nas cisternas da Epamig e do Estábulo o teor de magnésio se apresentou maior que o sódio.

Em média, as cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo se apresentaram mais ricas em sódio e potássio que as cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, enquanto que essas se apresentaram mais ricas em magnésio.

As razões  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  calculadas para as concentrações médias reportadas na Tabela 8.44, nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo foram, respectivamente: 0,02; 0,11; e, 0,13. Também, bem menores que o limite inferior, apontado por Santos, (1997), para águas sob a influência de terrenos dolomíticos, e muito pequeno para águas sob a influência de litotipos mais ricos em silicatos magnesianos.

Admite-se como fonte de magnésio, nas águas monitoradas nessas cisternas, argilominerais magnesianos, presentes nas coberturas detrito-lateríticas e nos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

Os parâmetros pH, CE e STD reportados, associados às concentrações dos constituintes principais, indicam águas com menor tempo de residência no subsolo e originadas dos terrenos detrito-lateríticos, incluindo os saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, que capeiam as rochas carbonáticas.

As concentrações de cálcio verificadas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo apenas, em média, se apresentaram concordantes com os valores descritos na literatura e reportados na Tabela 8.3, os demais constituintes se apresentaram em concentrações menores.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações dos constituintes cloreto, nitrato e sulfato, reportadas na Tabela 8.44, se apresentaram menores que os respectivos valores máximos permitidos, estabelecidos para águas subterrâneas, de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, e reportados na Tabela 8.5, não denotando águas impactadas.

Os resultados apresentados na Tabela 8.44, mostram que as concentrações dos íons cálcio e bicarbonato se apresentaram dominantes nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

Considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , e aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  está apresentado na Figura 8.96, o diagrama de Piper para as águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

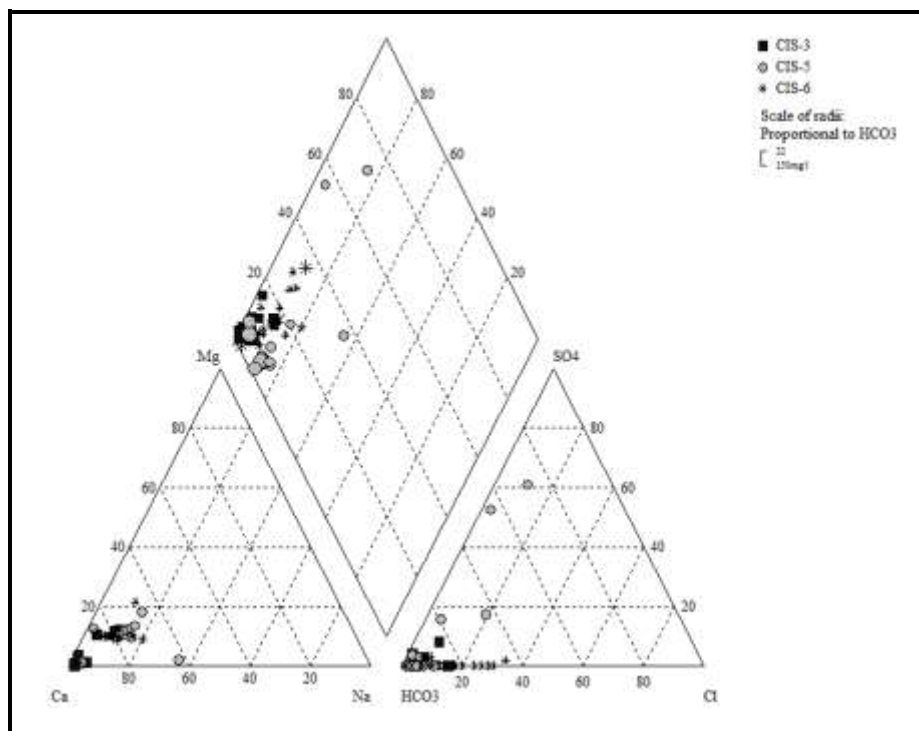


Figura 8.96 – Diagrama de Piper — cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

O diagrama de Piper apresentado na Figura 8.96, confirma a hidroquímica das águas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, ou seja, suas águas também se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

No entanto, de acordo com o diagrama na Figura 8.96, o padrão hidroquímico apresentado pelas águas dessas cisternas é menos homogêneo, que o padrão apresentado pelas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, mas, caracterizando águas de fácies hidroquímica cálcicas-bicarbonatadas, em que as concentrações das espécies participantes se apresentaram menores e com maior variabilidade.

Ainda, de acordo com o diagrama de Piper na Figura 8.96, nas águas da cisterna da Epamig ocorreram teores de magnésio e de sulfato maiores que nas cisternas do Barão e do Estábulo.

De modo geral, podem ser considerado as concentrações dos demais constituintes, a saber, magnésio, potássio, cloreto e sulfato, não se apresentaram suficientemente grandes, para mostrar alguma alteração na hidroquímica das águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

Não considerando o cálcio e o bicarbonato, as ocorrências dos demais constituintes principais verificadas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo estão sintetizadas nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.97.

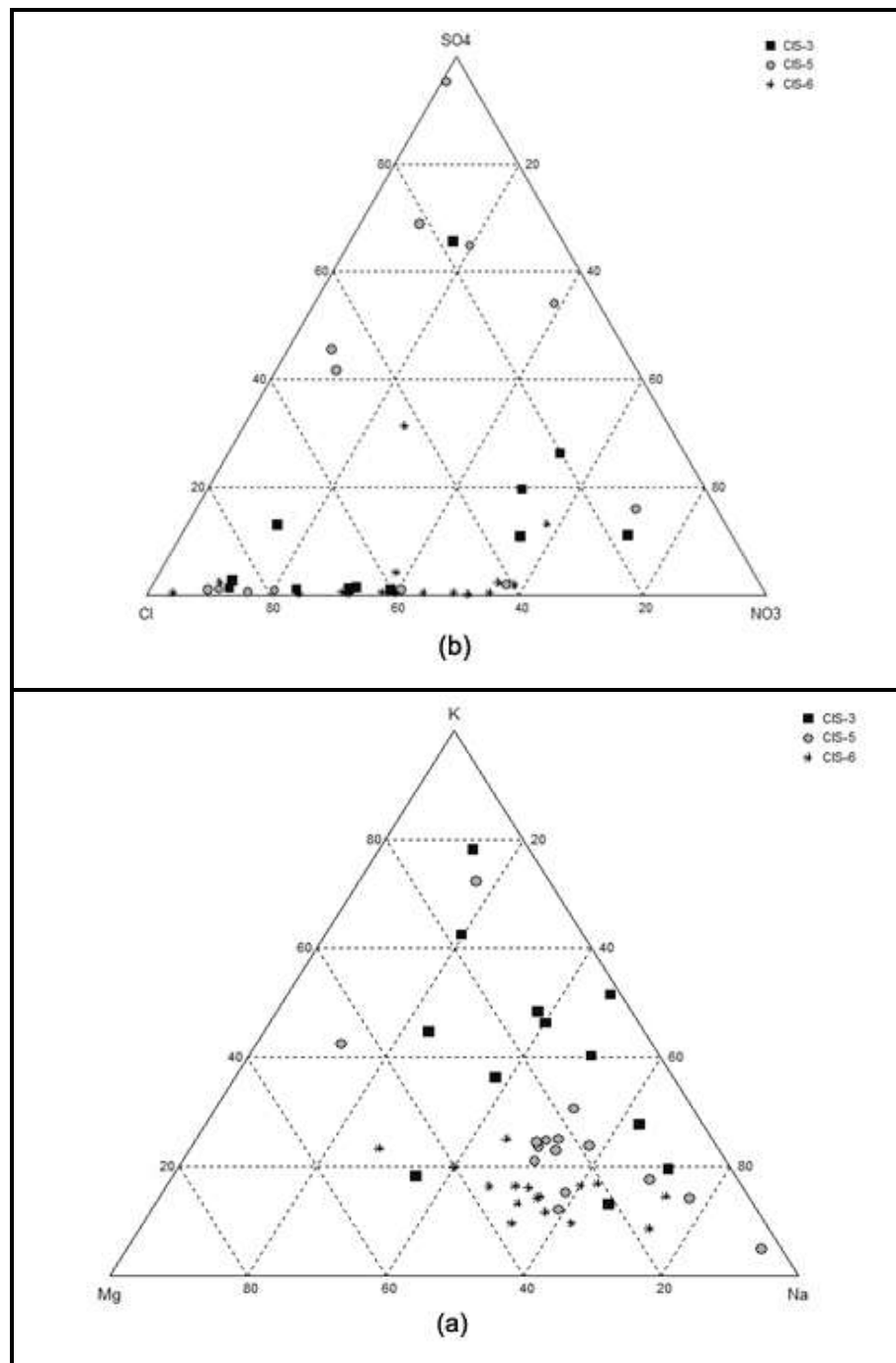


Figura 8.97 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

De acordo com o diagrama, na Figura 8.97 (a), nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo os teores de magnésio e de potássio, em geral, se apresentaram menores que o de sódio. O magnésio ocorreu com teores menores que 50 % na maioria das amostras.

O cloreto e o nitrato se apresentaram mais fortes que o sulfato que, em geral, se apresentou com teor menor que 50% em relação ao total dos ânions reportados na Figura 8.101(b), nas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.101 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente dessas águas, a saber, cálcicas bicarbonatadas.

Para as cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, foram identificadas as seguintes seqüências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.22:

- cisterna do Barão (CIS-3) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{K} > \text{Mg}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4$ ;
- cisterna da Epamig (CIS-5) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4$ ; e,
- cisterna do Estábulo (CIS-6) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{NO}_3 > \text{Cl}$ .

### **Ocorrências de Constituintes Secundários e Traços**

#### **Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo**

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca o padrão estabelecido para águas superficiais de classe 2 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.98, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de alumínio verificadas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo com frequência de 87, 72 e 78%, respectivamente.

Foram verificadas concentrações de alumínio nos seguintes intervalos: de 0,015 a 4,98 mg/L, com média de 0,782 mg/L, nas águas da cisterna do Barão; de 0,005 a 1,04 mg/L, com média de 0,143 mg/L, nas águas da cisterna da Epamig; e, de 0,011 a 1,60 mg/L, com média de 0,310 mg/L, nas águas da cisterna do Estábulo.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 82% na cisterna Barão, de 30 % na cisterna Epamig e de 57% na cisterna Estábulo.

Nas águas dessas cisternas, foram verificadas as seguintes concentrações máximas do metal: 4,98 mg/L na cisterna Barão, em junho de 2009; 1,04 mg/L na cisterna Epamig, em agosto de 2008; e 1,60 mg/L na cisterna Estábulo, em junho de 2008.

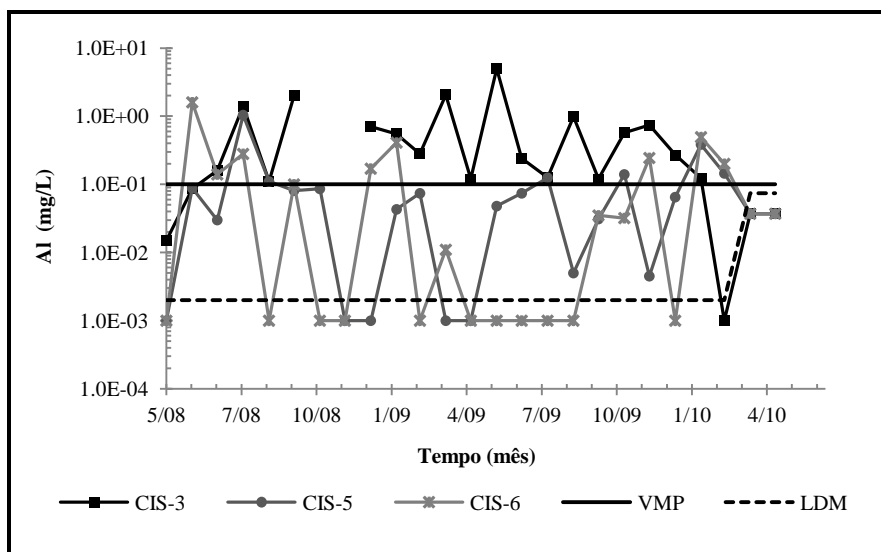


Figura 8.98 – Ocorrências de alumínio nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Na Figura 8.99, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de ferro, nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

No período de monitoramento o ferro foi quantificado nas cisternas Barão, Epamig e Estábulo com frequência de 91, 68 e 68%, respectivamente.

Foram verificadas concentrações de ferro nos seguintes intervalos: de 0,090 a 7,10 mg/L, com média de 0,887 mg/L, nas águas da cisterna Barão; de 0,039 a 12,9 mg/L, com média de 1,09 mg/L, nas águas da cisterna Epamig; e, de 0,039 a 1,15 mg/L, com média de 0,172 mg/L, nas águas da cisterna Estábulo.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de ferro maiores que o valor máximo permitido de 0,3 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 67%, na cisterna Barão, de 41%, na cisterna Epamig e de 12%, na cisterna Estábulo.

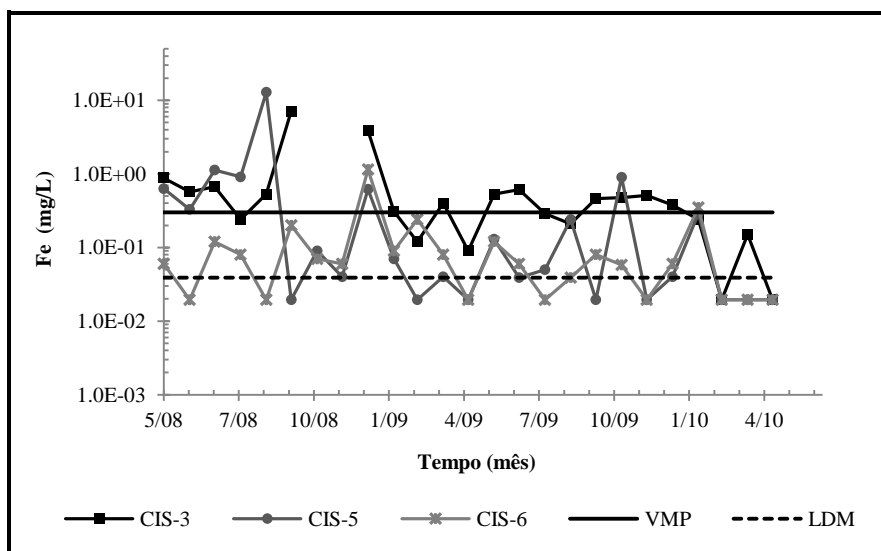


Figura 8.99 – Ocorrências de ferro nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Nas águas dessas cisternas, as concentrações máximas de ferro foram as seguintes: 7,10 mg/L na cisterna Barão, em junho de 2009; 12,9 mg/L na cisterna Epamig, em agosto de 2008; e 1,15 mg/L na cisterna Estábulo, em junho de 2008.

Na Figura 8.100, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de manganês, nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

No período de monitoramento o manganês foi quantificado nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo com frequência de 52, 28 e 42%, respectivamente.

Foram verificadas concentrações de manganês nos seguintes intervalos: de 0,020 a 0,390 mg/L, com média de 0,114 mg/L, nas águas da cisterna Barão; de 0,020 a 0,250 mg/L, com média de 0,064 mg/L, nas águas da cisterna Epamig; e, de 0,020 a 0,160 mg/L, com média de 0,058 mg/L, nas águas da cisterna Estábulo.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de manganês maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 42%, na cisterna Barão, de 14%, na cisterna Epamig e de 17%, na cisterna Estábulo.

Nas águas dessas cisternas, as concentrações máximas de manganês foram as seguintes: 0,0390 mg/L na cisterna Barão, em junho de 2009; 0,250 mg/L na cisterna Epamig, em agosto de 2008; e 0,160 mg/L na cisterna Estábulo, em junho de 2008.

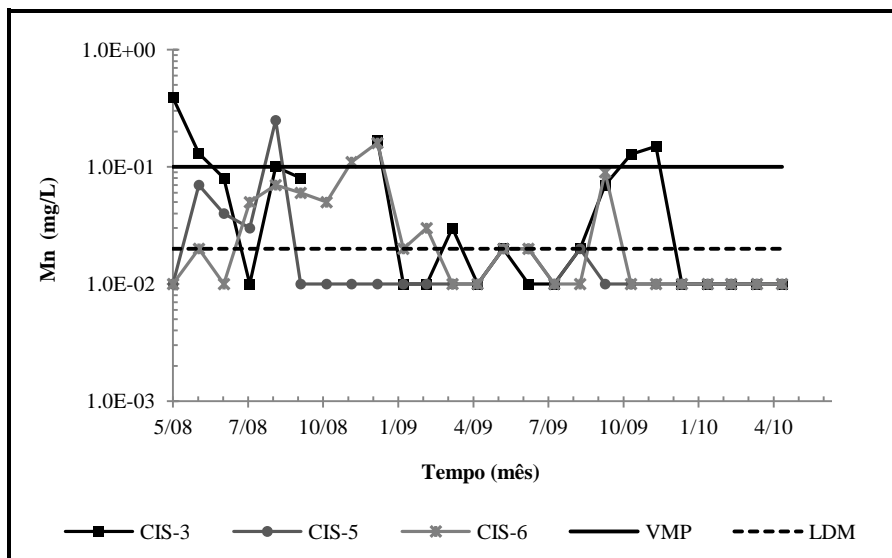


Figura 8.100 – Ocorrências de manganês nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

As quantificações de alumínio, ferro e manganês nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.101.

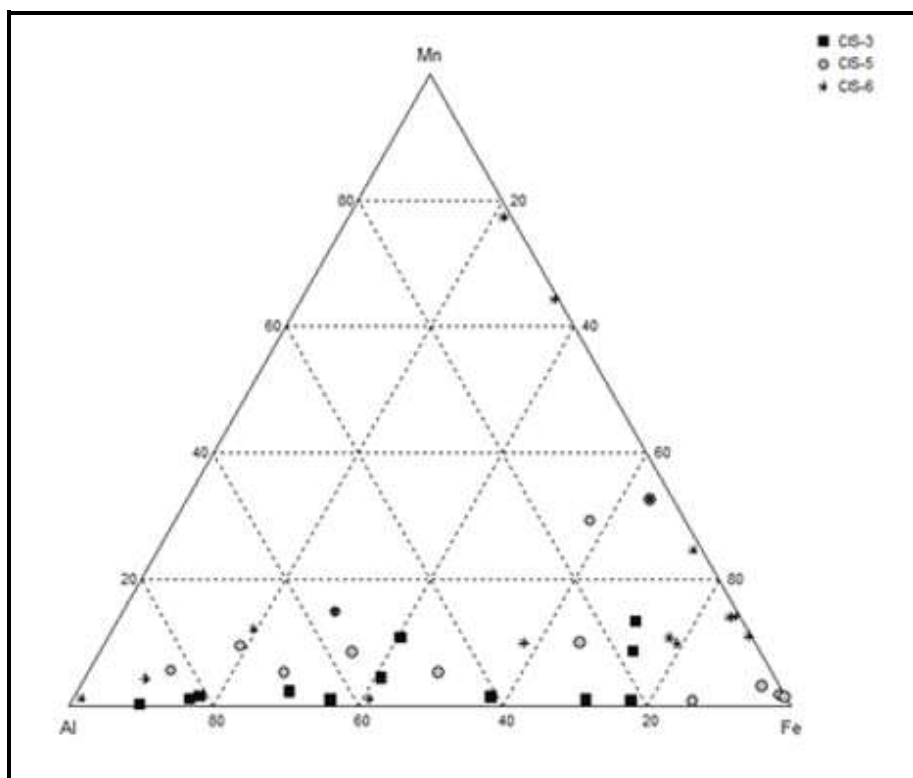


Figura 8.101 – Teores de alumínio, ferro e manganês nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

As concentrações de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.98, 8.99 e 8.10, sintetizadas no diagrama ternário na Figura 8.101, não se

apresentaram grandes o suficiente para denotar alguma anomalia geoquímica, relacionada a esses metais nas áreas de captação nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

Na Figura 8.102, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de bário, verificadas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

O bário foi quantificado com frequências de 78, 76 e 96% nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo, respectivamente.

Foram verificadas concentrações de bário nos seguintes intervalos: de 0,002 a 0,430 mg/L, com média de 0,053 mg/L, nas águas da cisterna Barão; de 0,007 a 0,110 mg/L, com média de 0,028 mg/L, nas águas da cisterna Epamig; e, de 0,014 a 0,160 mg/L, com média de 0,038 mg/L, nas águas da cisterna Estábulo.

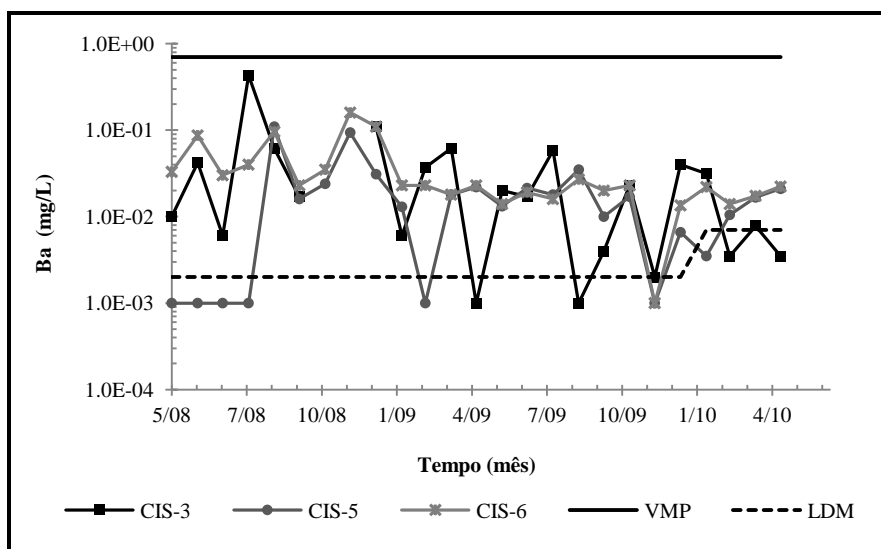


Figura 8.102– Ocorrências de bário nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.102, não foram verificadas concentrações de bário maiores que o valor máximo permitido de 0,7 mg/L, para águas subterrâneas, estabelecido de acima da norma estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008.

Nas águas dessas cisternas, as concentrações máximas de bário foram as seguintes: 0,430 mg/L na cisterna Barão, em agosto de 2008; 0,110 mg/L na cisterna Epamig, em setembro de 2008; e 0,160 mg/L na cisterna Estábulo, em dezembro de 2008.



A frequência mais elevada de quantificações de bário, verificada na cisterna Estábulo resultou em razão de sua implantação em área de descarga de águas subterrâneas, conforme o modelo de fluxo hídrico subterrâneo proposto por Machado (2011).

Na Figura 8.103, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cromo, nas cisternas Barão, Epamig e Estábulo.

O cromo foi quantificado nas cisternas Barão, Epamig e Estábulo com frequências de 26, 24 e 16%, respectivamente.

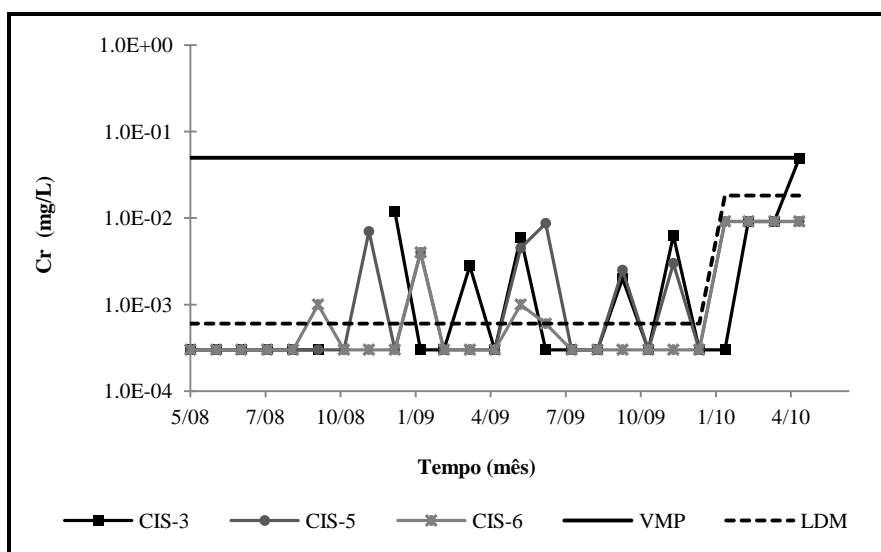


Figura 8.103 – Ocorrência de cromo nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Foram verificadas concentrações de cromo nos seguintes intervalos: de 0,002 a 0,049 mg/L, com média de 0,013 mg/L, nas águas da cisterna Barão; de 0,003 a 0,009 mg/L, com média de 0,005 mg/L, nas águas da cisterna Epamig; e, de 0,001 a 0,004 mg/L, com média de 0,002 mg/L, nas águas da cisterna Estábulo.

As concentrações máximas de cromo foram verificadas em maio de 2010, na cisterna Barão, em julho de 2009, na cisterna Epamig e, em fevereiro de 2009, na cisterna Estábulo.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de cromo maiores que o valor máximo permitido de 0,05 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, conforme diagrama apresentado na Figura 8.107.

A partir de dezembro de 2010, foi adotado pela DVQA-Copasa um método de análise do cromo, com um limite de detecção mais elevado, reduzindo a diferença com o valor máximo

permitido, certamente isto implicará na redução da frequência de quantificação do cromo em águas naturais, conforme o diagrama apresentado na Figura 8.103.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo foram quantificados os metais calcófilos chumbo, cobre, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento. Os hidrogramas para as ocorrências desses metais estão apresentados a seguir.

Na Figura 8.104, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de chumbo e de cobre, verificadas durante o período do monitoramento.

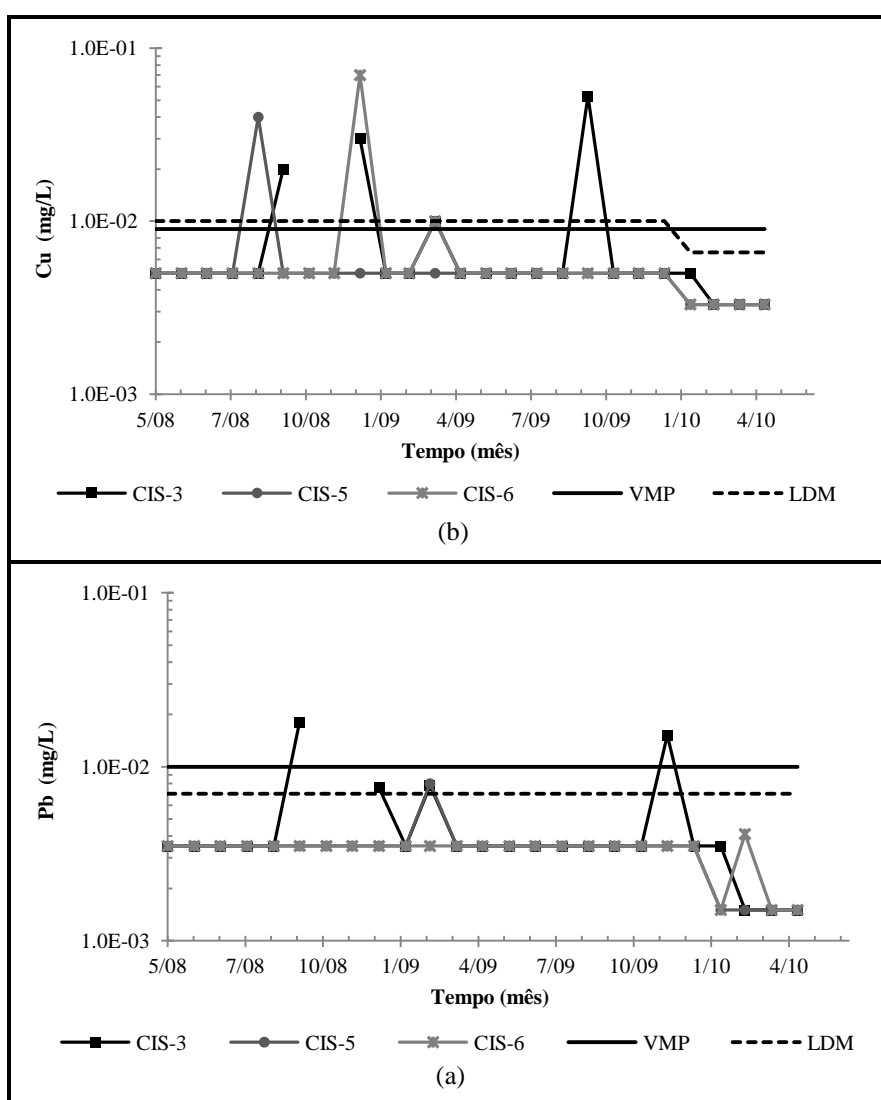


Figura 8.104 – Ocorrências de chumbo e cobre nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Nas águas das cisternas Barão o chumbo foi quantificado com frequências de 13 % e o cobre com frequência de 17%, que em valores absolutos, representaram quantificações em apenas três e quatro meses, no período do monitoramento.

Nas águas da cisterna Barão foram verificadas concentrações de chumbo no intervalo de 0,008 a 0,018 mg/L, com média de 0,018 mg/L, e de cobre 0,010 a 0,053 mg/L, com média de 0,015 mg/L.

Nas águas da cisterna Epamig o chumbo e o cobre foram quantificados em um único mês, a saber, setembro de 2008, resultando em frequências de quantificação de 4%. Nas águas da cisterna Estábulo o chumbo foi quantificado em março de 2010, e o cobre em janeiro e abril de 2009, resultando em frequências de quantificação de 4 e 8%, respectivamente.

As concentrações máximas de chumbo foram as seguintes: 0,018 mg/L na cisterna Barão, em outubro de 2008; 0,008 mg/L na cisterna Epamig, em março de 2009; e, 0,004 mg/L na cisterna Estábulo, em março de 2010. Nas águas das cisternas Epamig e Estábulo, as concentrações reportadas foram as únicas quantificações de chumbo verificadas, durante o período do monitoramento.

O cobre foi quantificado com frequência 17 % na cisterna do Barão, e com frequência de 4 e 8% nas cisternas da Epamig e do Estábulo.

Nas águas da cisterna Estábulo foram verificadas concentrações de cobre no intervalo de 0,010 a 0,070 mg/L, com média de 0,040 mg/L, com a concentração máxima verificada, em janeiro de 2010.

Do ponto de vista ambiental, as quantificações de cobre se apresentaram acima do valor máximo permitido (VMP) de 0,009 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, para águas subterrâneas, de acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.104 (b), resultando 100% de concentrações maiores que o VMP, apesar da baixa frequência absoluta de quantificação.

Conforme O'Neil (1998) as concentrações de cobre e de chumbo nas águas naturais são pequenas, em média, 3µg/L, no entanto, em razão do limite de detecção (LDM) elevado, dos métodos de análise desses metais utilizados pela DVQA-Copasa, conforme os diagramas apresentados Figura 8.104, as frequências de quantificação do cobre e do chumbo resultaram baixas.

Para o cobre, até dezembro de 2010, o LDM do método de análise utilizado era maior que o valor máximo permitido, de 0,009 mg/L estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008.

Na Figura 8.105, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de zinco e de cádmio, nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo.

O zinco foi quantificado com frequências de 70, 48 e 64% nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo, respectivamente.

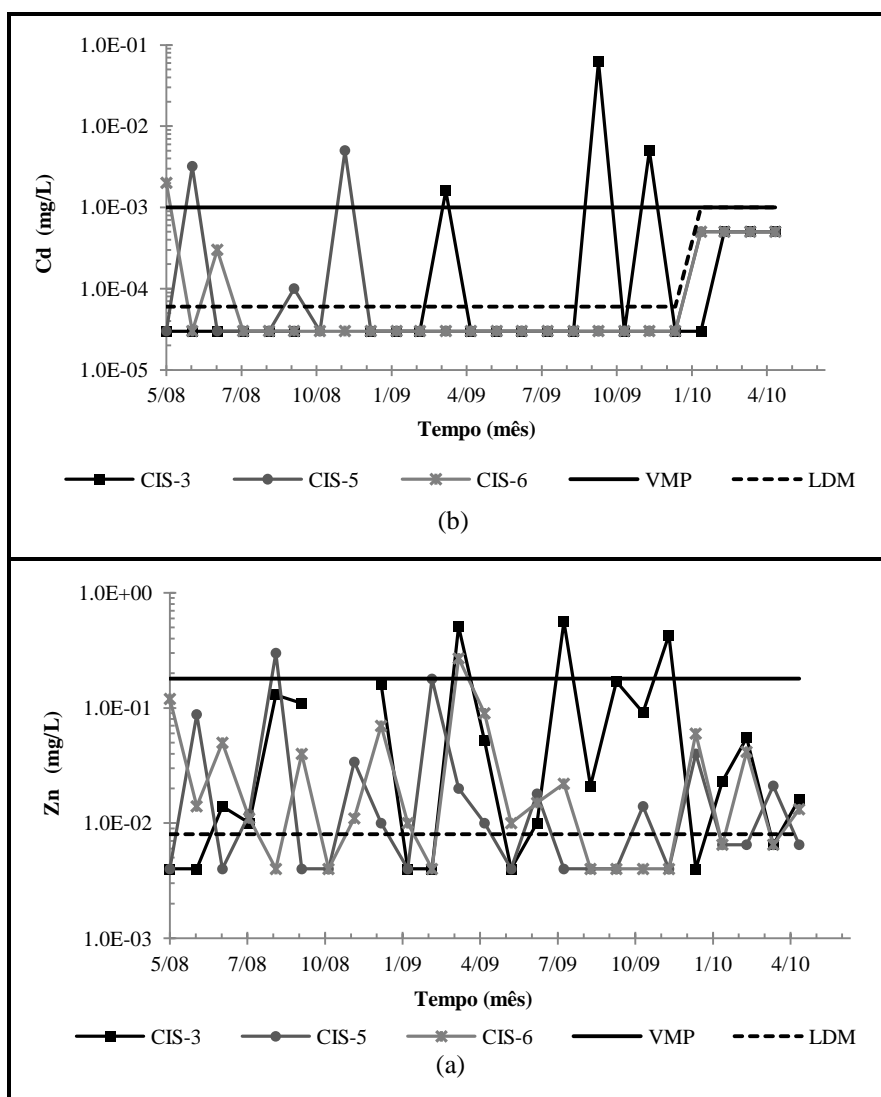


Figura 8.105 – Ocorrências de zinco e cádmio nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Foram verificadas concentrações de zinco nos seguintes intervalos: de 0,010 a 0,560 mg/L, com média de 0,148 mg/L, nas águas da cisterna Barão; de 0,010 a 0,300 mg/L, com média de 0,062 mg/L, nas águas da cisterna Epamig; e, de 0,010 a 0,270 mg/L, com média de 0,053 mg/L, nas águas da cisterna Estábulo.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de zinco maiores que o valor máximo permitido de 0,18 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 19%, na cisterna Barão, de 8%, na cisterna Epamig e de 6%, na cisterna Estábulo.

Nas águas dessas cisternas, foram verificadas as seguintes concentrações máximas de zinco: 0,560 mg/L em abril de 2009, na cisterna Barão; 0,300 mg/L em setembro de 2008, na cisterna Epamig e, 0,270 mg/L em abril de 2009, na cisterna Estábulo.

As maiores concentrações de zinco foram verificadas na cisterna Barão, de acordo com os hidrogramas da Figura 8.105 (a).

O cádmio foi quantificado com frequências de 13, 12 e 8% nas águas das cisternas Barão, Epamig e Estábulo, respectivamente.

Foram verificadas concentrações de cádmio nos seguintes intervalos: de 0,002 a 0,062 mg/L, com média de 0,023 mg/L, nas águas da cisterna Barão; de 0,0001 a 0,005 mg/L, com média de 0,003 mg/L, nas águas da cisterna Epamig; e, de 0,0003 a 0,002 mg/L, com média de 0,001 mg/L, nas águas da cisterna Estábulo.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de cádmio maiores que o valor máximo permitido, de 0,001 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 100%, na cisterna Barão, de 67%, na cisterna Epamig e de 50%, na cisterna Estábulo.

Nas águas dessas cisternas, foram verificadas as seguintes concentrações máximas de zinco: 0,560 mg/L em abril de 2009, na cisterna Barão; 0,300 mg/L em setembro de 2008, na cisterna Epamig e, 0,270 mg/L em abril de 2009, na cisterna Estábulo.

As quantificações do cádmio, apesar de terem sido verificadas, na cisterna do Barão em apenas três meses, na cisterna da Epamig, em apenas seis meses do monitoramento e, em apenas um mês na cisterna do Estábulo, resultaram em concentrações maiores que o VMP, de acordo com os hidrogramas da Figura 8.105 (b), o que acarretou frequências elevadas de valores acima do VMP.

As maiores concentrações de cádmio foram verificadas nas águas da cisterna Barão, de acordo com os hidrogramas da Figura 8.105 (b).

A partir de janeiro de 2010 foi adotado pela DVQA-Copasa um método de análise para o cádmio, com um limite de detecção igual ao valor máximo permitido para o metal, em águas subterrâneas, a saber, 0,0010 mg/L, conforme apresentado no diagrama na Figura 8.105 (b), o que deverá acarretar uma menor frequência de quantificação do cádmio, nas águas naturais.

Estão sumarizadas na Tabela 8.45 as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços quantificados nas águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

Tabela 8.45 – Concentrações de Al, Fe, Mn, Ba, Pb, Cu, Cr, Cd e Zn nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Cisterna	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Cr	Pb	Cu	Cd	Zn
do Barão	Média	1027	952	65,4	28,1	4,40	18	15,0	1,6	117
	Mínimo	15,0	90,0	20,0	2,00	2,00	7,60	10,0	1,6	10,0
	Máximo	4980	7100	390	430,0	49,2	18,0	53,0	62	560
da Epamig	Média	87,2	1678	90,0	26,0	5,40	8,0	40,0	3,2	75,6
	Mínimo	4,5	39,0	20,0	6,60	2,50	8,00	40,0	0,1	10,0
	Máximo	1040	12900	250	110,0	8,70	8,00	40,0	5,0	300
do Estábulo	Média	398	226	60,0	43,5	0,80	4,1	40,0	1,15	48,9
	Mínimo	11,0	39,0	20,0	13,5	0,60	4,10	10,0	0,30	10,0
	Máximo	1600	1150	160	160	4,00	4,10	70,0	2,0	270

As seqüências de abundância dos metais secundários e traços monitorados nas águas dessas cisternas, foram definidas considerando os metais Fe, Al, Mn, Ba e Zn que foram quantificados com frequências elevadas e, os metais Pb, Cu, Cd e Cr, que foram quantificados com frequências pequenas.

Desta forma, considerando que as concentrações médias dos metais secundários e traços determinados nas águas monitoradas, nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, representem a abundância desses constituintes, nessas águas, foram estabelecidas as seguintes seqüências em ordem decrescente da abundância:

- cisterna do Barão (CIS-3) — Al > Fe > Zn > Mn > Ba > Pb > Cu > Cr > Cd;
- cisterna da Epamig (CIS-5) — Fe > Mn > Al > Zn > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd; e,
- cisterna do Estábulo (CIS-6) — Al > Fe > Mn > Zn > Ba > Cu > Pb > Cd > Cr.

### **Cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro**

#### **Pontos de monitoramento CIS-1, CIS-2, CIS-4 e CIS-7**

Em geral, essas cisternas não eram utilizadas como fontes de água potável, mas para suprimento de atividades realizadas nos sítios onde se encontravam instaladas, tais como lavagem de equipamentos agrícolas, currais, instalações de ordenha e suprimento de instalações sanitárias. A localização dessas cisternas está sumarizada na Tabela 8.46.

Tabela 8.46 – Localização das cisternas do Restaurante (CIS-1), da Estufa (CIS-2) e da Associação (CIS-4) e fazenda Marinheiro (CIS-7)

Cisternas		Coordenadas UTM		Local
Nome no texto	Plano <sup>(1)</sup>	Norte (m)	Leste (m)	
do Restaurante	CIS-1	7849490	587321	Área em frente à entrada do restaurante
da Estufa	CIS-2	7849633	587370	Estufa– escritório Campos Experimentais
da Associação	CIS-4	7849775	586345	Casa de bomba na lagoa Olhos d'Água
da fazenda Marinheiro	CIS-7	7845060	584519	Pasto anexo à sede da fazenda

1) Plano de monitoramento

As cisternas descritas na Tabela 8.46 (ver Figuras F1, F2, F5 e F11 no Anexo F), cuja localização está apontada na imagem da Figura 8.106, se apresentavam revestidas e cobertas com laje de concreto, encontrando-se implantadas em terrenos característicos das coberturas detrito-lateríticas.



Figura 8.106 – Locais das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Fonte: Google Earth, 2011

Conforme o modelo de circulação de águas subterrâneas proposto por Machado, (2011), apresentado na Figura 6.33, as cisternas Restaurante (CIS-1), Estufa (CIS-2) estão localizadas

na área de descarga de águas subterrâneas, na vizinhança da sede do CNPMS, a cisterna Associação (CIS-4) foi implantada na área da lagoa Olhos d'Água.

Na Figura 8.107, estão apresentados hidrogramas do parâmetro potencial hidrogeniônico, pH, nas águas cisternas do Restaurante (CIS-1), da Estufa (CIS-2), da Associação (CIS-4) e da fazenda Marinheiro (CIS-7).

As duas linhas marcadas nos diagramas do pH, referem-se aos valores de pH 5,6 e 8,3 que correspondem ao pH da água de chuva pristina e ao pH máximo de uma água bicarbonatada, não poluída, a linha tracejada marca o pH 7.

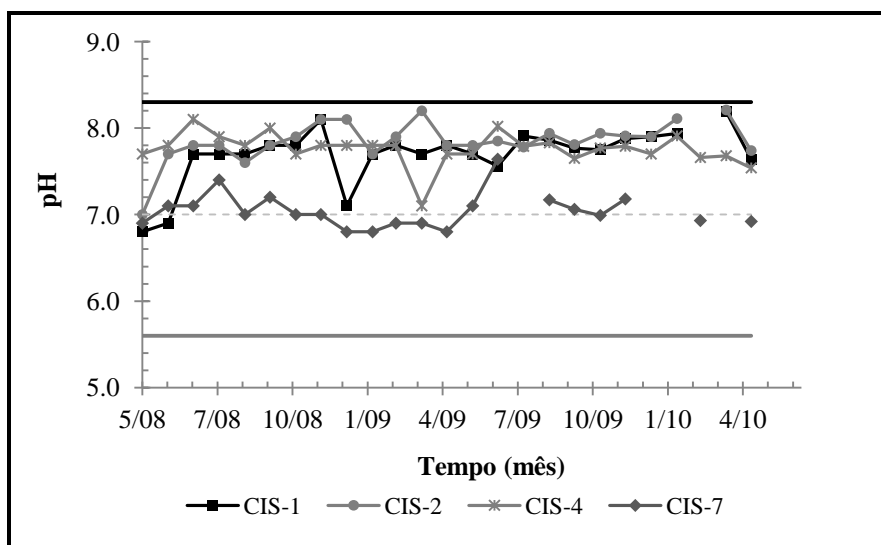


Figura 8.107 – Variabilidade do parâmetro pH nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

De acordo com os hidrogramas na Figura 8.107, as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, se apresentaram com valores de pH, em geral, entre 7,6 e 8,3. As águas da cisterna da fazenda Marinheiro se apresentaram menos alcalinas do que as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, com o pH variando no intervalo de 6,8 a 7,4.

Os valores de pH das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, reportados nos hidrogramas da Figura 8.107, indicam águas sob a influência do aquífero carbonático. Os valores do pH das águas da cisterna da fazenda Marinheiro indicaram águas sob a influência dos Latossolos, na sua área de captação.



Estão apresentados na Figura 8.108, os hidrogramas dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e, sólidos totais dissolvidos, STD, para as águas das cisternas do Restaurante (CIS-1), da Estufa (CIS-2), da Associação (CIS-4) e da fazenda Marinheiro (CIS-7).

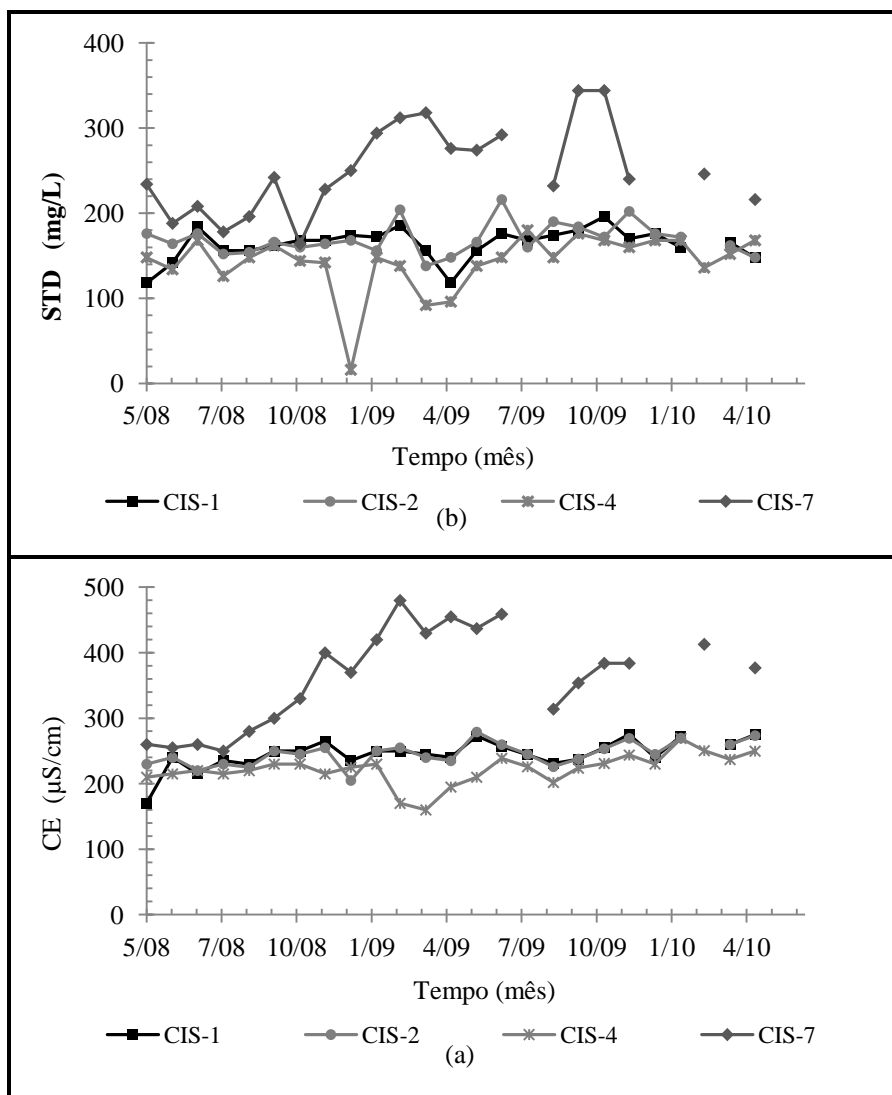


Figura 8.108 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

A variabilidade das condutividades elétricas reportadas nos hidrogramas mostrados na Figura 8.108 (a), verificada nas cisternas do Restaurante e da Estufa se apresentaram praticamente as mesmas, o que denota a origem comum de suas águas. Nessas duas cisternas a condutividade elétrica variou no intervalo de condutividade 220 a 280  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , semelhante aos valores verificados nas águas do aquífero cárstico-carbonático.

Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro, (CIS-7), foram verificadas condutividades elétricas no intervalo de condutividade 260 a 480  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mais elevadas que as águas das demais cisternas, o que denota águas mais salinizadas, com maiores concentrações iônicas.

Com frequência, durante o período de monitoramento, as águas da cisterna da fazenda Marinheiro se apresentaram com turbidez aparente alta.

As cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação foram instaladas em área de descarga de águas subterrâneas, conforme o modelo de circulação de águas subterrâneas propostos por Machado, (2011), apresentado no Capítulo 6, na Figura 6.32. O que é corroborado pelos valores de pH e de condutividade elétrica semelhantes aos valores desses parâmetros verificados nas águas amostradas no aquífero cárstico-carbonático.

Nas águas da cisterna da Associação (CIS-4) o comportamento temporal da condutividade elétrica apresentou maior variação e valores menores, no intervalo de 200 a 270  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os menores valores da condutividade elétrica, nas águas da cisterna da Associação (CIS-4), verificados no período de março a junho de 2009 ocorreram em razão de maior tempo entre a amostragem e a realização da medida em laboratório, acarretando a redução das concentrações iônicas nas respectivas amostras, em função de possíveis reações de precipitação.

A cisterna da Associação está instalada na área da lagoa Olhos d'Água, uma área de descarga do aquífero cárstico, o que é corroborado pelo poço tubular jorrante, instalado a cerca de 10 m metros desta cisterna (ver Figura F5, no Anexo F).

De acordo com os hidrogramas, apresentados na Figura 8.108 (b), nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação foram verificadas concentrações de sólidos totais dissolvidos no intervalo de 130 a 200 mg/l. Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro foram verificadas concentrações de sólidos totais dissolvidos no intervalo de 168 a 344 mg/L.

A razão média entre os parâmetros STD e CE, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da cisterna da fazenda Marinheiro, foi 0,70 e, nas águas da cisterna da Associação a razão média foi 0,60. Valores concordantes com os valores descritos em Sayer et al., (1994) e Santos (2008), para águas doces naturais não poluídas.

A redução acentuada do parâmetro STD na cisterna da Associação, no mês de dezembro de 2008, não está condizente com o valor da condutividade elétrica, medida no mesmo mês, indicando um problema na execução da determinação ou na amostragem.

De modo geral, o comportamento temporal dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos refletem a natureza comum das águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

Na cisterna da Associação, os parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos apresentaram maiores variações, possivelmente em razão de influências da lagoa Olhos d'Água, fortemente vegetada em função da possível maior presença de nutrientes (ver Figura F.53, no Anexo F), cujas águas estão em contato com as águas da cisterna, em razão do fluxo no meio poroso.

Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro, o comportamento temporal dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, reportados nos hidrogramas da Figura 8.53 (a) e 8.53 (b), se apresentou ascendente, indicando o aporte de substâncias solúveis e ionizáveis nas águas, em sua área de captação, em razão das atividades praticadas nessas áreas, a saber, a pecuária de corte associada com as práticas de implantação e manejo de pastagens.

Considerando os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, conforme a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.47 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Tabela 8.47 – Parâmetros pH, CE e STD nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Cisternas	Ponto	Estatísticas	pH	CE	STD
do Restaurante	CIS-1	Média	7.71	247	168
		Desvio padrão	0.19	17	18
		Mínimo	7.10	215	118
		Máximo	7.94	275	196
		Amplitude	0.84	60	78
da Estufa	CIS-2	Média	7.86	246	173
		Desvio padrão	0.13	21	20
		Mínimo	7.60	205	148
		Máximo	8.11	279	216
		Amplitude	0.51	74	68
da Associação	CIS-4	Média	7.84	223	133
		Desvio padrão	0.14	8	48
		Mínimo	7.70	210	16
		Máximo	8.10	230	168
		Amplitude	0.40	20	152
da fazenda Marinheiro	CIS-7	Média	7.00	369	256
		Desvio padrão	0.17	72	58
		Mínimo	6.80	250	164
		Máximo	7.40	480	344
		Amplitude	0.60	230	180

Os valores médios de pH nas águas das cisternas do Restaurante (CIS-1), da Estufa (CIS-2), da Associação (CIS-4) e da fazenda Marinheiro (CIS-7) reportados na Tabela 8.45, podem ser considerados iguais, praticamente, e condizentes com os valores de pH em águas que percolaram por rochas carbonáticas, conforme verificado nas águas dos poços tubulares de produção instalados na área do estudo.

Os valores de pH nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7), reportados na Tabela 8.45, foram mais próximos dos valores verificados nas águas da cisterna do Barão (CIS-3).

A semelhança entre os valores do parâmetro pH, nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro com os valores verificados nas águas da cisterna do Barão, reportados na Tabela 8.41, é resultante da natureza do solo, nas áreas de captação dessas duas cisternas, a saber, o Latossolo Vermelho distrófico.

Os valores dos desvios-padrão dos parâmetros pH e condutividade elétrica foram pequenos, o que denota pequena variabilidade em torno do valor médio desses parâmetros, indicando pequena variação nas concentrações iônicas.

Nas águas das cisternas do Restaurante e da Estufa os valores médios dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos se apresentaram muito próximos, corroborando a origem comum das águas que captam.

Nas águas da cisterna da Associação os valores médios dos parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos se apresentaram menores que nas cisternas do Restaurante e da Estufa, refletindo águas menos salinizadas em razão da remoção de nutrientes pela biota vegetal presente na lagoa. E, nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro os valores médios desses parâmetros se apresentaram fortemente maiores, refletindo águas mais salinizadas em razão dos impactos ocasionados pela atividade agropecuária em sua área de captação.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações dos sólidos totais dissolvidos, reportados na Tabela 8.43, se apresentaram menores que o valor máximo permitido, de 1000 mg/L, estabelecido para águas subterrâneas, conforme a resolução CONAMA N° 396, de 2008.

Ainda não foram estabelecidos padrões para os parâmetros pH e condutividade elétrica, em águas subterrâneas, de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de 2008.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.45:

- cisterna do Restaurante (CIS-1) — pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $247 \pm 17$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $168 \pm 18$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- cisterna da Estufa (CIS-2) — pH ( $7,9 \pm 0,1$ ), condutividade elétrica ( $246 \pm 21$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $173 \pm 20$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- cisterna da Associação (CIS-4) — pH ( $7,8 \pm 0,1$ ), condutividade elétrica ( $223 \pm 8$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $133 \pm 48$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- cisterna fazenda Marinheiro (CIS-7) — pH ( $7,0 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $369 \pm 72$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $256 \pm 58$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;

### Constituintes principais nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Segundo a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.48, para as concentrações dos constituintes principais, nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

Tabela 8.48 – Constituintes principais nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Cisternas	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
do Restaurante (CIS-1)	Média	2.62	0.207	0.014	0.064	2.84	0.075	0.082	0.031
	Desvio padrão	0.22	0.050	0.011	0.020	0.17	0.012	0.110	0.021
	Mínimo	2.06	0.060	0.005	0.043	2.50	0.059	0.018	0.012
	Máximo	2.92	0.311	0.047	0.106	3.12	0.102	0.396	0.065
	Amplitude	0.86	0.251	0.041	0.063	0.62	0.042	0.378	0.052
da Estufa (CIS-2)	Média	2.52	0.213	0.014	0.065	2.77	0.0723	0.0724	0.030
	Desvio padrão	0.713	0.038	0.014	0.031	0.204	0.014	0.095	0.010
	Mínimo	2.06	0.144	0.005	0.023	2.46	0.056	0.016	0.017
	Máximo	3.31	0.296	0.065	0.139	3.12	0.099	0.383	0.042
	Amplitude	1.26	0.152	0.060	0.117	0.658	0.042	0.367	0.025
da Associação (CIS-4)	Média	2.13	0.244	0.010	0.048	2.51	0.072	0.096	0.043
	Desvio padrão	0.145	0.102	0.005	0.033	0.110	0.009	0.073	0.010
	Mínimo	1.89	0.000	0.000	0.000	2.36	0.065	0.047	0.031
	Máximo	2.28	0.311	0.014	0.070	2.67	0.087	0.180	0.050
	Amplitude	0.385	0.311	0.014	0.070	0.304	0.023	0.133	0.019
da fazenda Marinheiro (CIS-7)	Média	3.69	0.369	0.218	0.099	4.03	0.119	0.167	0.163
	Desvio padrão	0.590	0.048	0.261	0.031	0.536	0.043	0.219	0.129
	Mínimo	2.29	0.307	0.021	0.066	2.96	0.090	0.024	0.023
	Máximo	4.63	0.456	0.798	0.161	5.06	0.228	0.764	0.416
	Amplitude	2.34	0.149	0.777	0.095	2.10	0.138	0.740	0.393

De acordo com os valores reportados na Tabela 8.48, as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro se apresentaram com concentrações dominantes dos íons cálcio e bicarbonato, o que corrobora a origem comum dessas águas. As águas da cisterna da fazenda Marinheiro apresentaram concentrações fortemente maiores dos íons cálcio e bicarbonato.

Os resultados reportados na Tabela 8.46, mostram que as concentrações médias dos íons cálcio e bicarbonato, em miliequivalentes por litro, se apresentaram de acordo com a estequiometria da dissolução da calcita, com as concentrações de bicarbonato se apresentando um pouco maiores que as concentrações de cálcio em razão de concentrações maiores de CO<sub>2</sub> no meio geológico.

As concentrações médias de magnésio nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro se apresentaram com valores cerca de 10% dos valores das concentrações de cálcio, indicando que os terrenos na área de captação dessas cisternas são pobres em minerais magnesianos.

As concentrações médias de potássio e de sódio nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação foram iguais, praticamente, em razão de fontes comuns de minerais sódicos e potássicos.

Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro as concentrações médias de magnésio e de potássio se apresentaram fortemente maiores que as concentrações desses metais, verificadas nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

As concentrações mais elevadas de magnésio e de potássio podem ser originadas da aplicação de corretivos agrícolas e fertilizantes nas áreas de captação da cisterna da fazenda Marinheiro.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.48, a soma das concentrações médias de sódio e de potássio, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, resultou aproximadamente igual às concentrações médias de cloreto, indicando a possível presença de cloretos minerais de sódio e de potássio, nas rochas carbonáticas.

Nas águas da cisterna da Associação o nitrato apresentou maior concentração média, menor desvio padrão e menor amplitude de variação, do que nas águas das cisternas do Restaurante e da Estufa, fato indicativo da remoção de nitrato pela biota vegetal existente na lagoa cujas

águas alimentam a cisterna, pois apesar da concentração média maior a variabilidade desta resultou menor.

Conforme podem ser observadas, na Tabela 8.48, as concentrações médias de cloreto, nitrato e sulfato nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, se apresentaram iguais, praticamente, fato que também corrobora a origem comum de suas águas.

Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro as concentrações de cloreto, de nitrato e de sulfato se apresentaram fortemente maiores que as suas concentrações, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, corroborando a ocorrência de impacto antrópico proveniente da exploração pecuária em sua área de captação.

A comparação das concentrações médias reportadas na Tabela 8.48, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, com as concentrações dos constituintes principais em águas subterrâneas, descritas na literatura e sumarizadas na Tabela 8.2, mostrou que em geral, não ocorreram diferenças grandes entre os as concentrações verificadas nas águas monitoradas nas cisternas e os dados de literatura. Em geral, as concentrações médias verificadas nas águas das cisternas se apresentaram dentro das faixas de concentrações reportadas na Tabela 8.2.

As concentrações reportadas na Tabela 8.48, indicaram que as águas captadas nas cisternas instaladas nas áreas de descarga, ou de trânsito de águas subterrâneas do meio hidrogeológico no domínio das rochas pelito-carbonáticas, se apresentaram pobres em potássio, sódio, cloreto e sulfato.

As razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  entre as concentrações de magnésio e de cálcio, em miliequivalentes, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro foram, respectivamente: 0,08; 0,08; 0,12; e, 0,10. Valores muito pequenos, bem menores que 1, que é o valor indicativo de águas sob a influência de terrenos dolomíticos, de acordo com Santos, (1997).

A presença importante de magnésio nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, pode ter origem na dissolução minerais magnesianos comuns, como a dolomita e a magnesita, que ocorrem em rochas carbonáticas, ou pode ser proveniente de argilominerais magnesianos, presente nas coberturas detrito-lateríticas e nos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

Nas águas subterrâneas não poluídas, inclusive de aquíferos carbonáticos, o teor de sódio se apresenta, em geral, maior que o de magnésio e o de cloreto, maior que o teor de nitrato. Nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação o teor de magnésio se apresentou maior que o sódio e o nitrato maior que o cloreto.

Do ponto de vista ambiental as concentrações de sódio, de cloreto, de nitrato e de sulfato se apresentaram menores que os valores máximos permitidos em águas subterrâneas, de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de 2008, não indicando águas impactadas.

As concentrações de cloreto e de sódio, nas águas naturais, podem não se apresentar estequiometricamente iguais, visto que nos solos e nas rochas, além de poder existir uma diversidade de minerais contendo sódio, além da halita, o cloreto pode se originar de fontes antrópicas. No entanto, de acordo com os resultados na Tabela 8.44 as concentrações médias de cloreto se apresentaram aproximadamente iguais à soma das concentrações de sódio e potássio.

Considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  está apresentado na Figura 8.109, o diagrama de Piper para as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

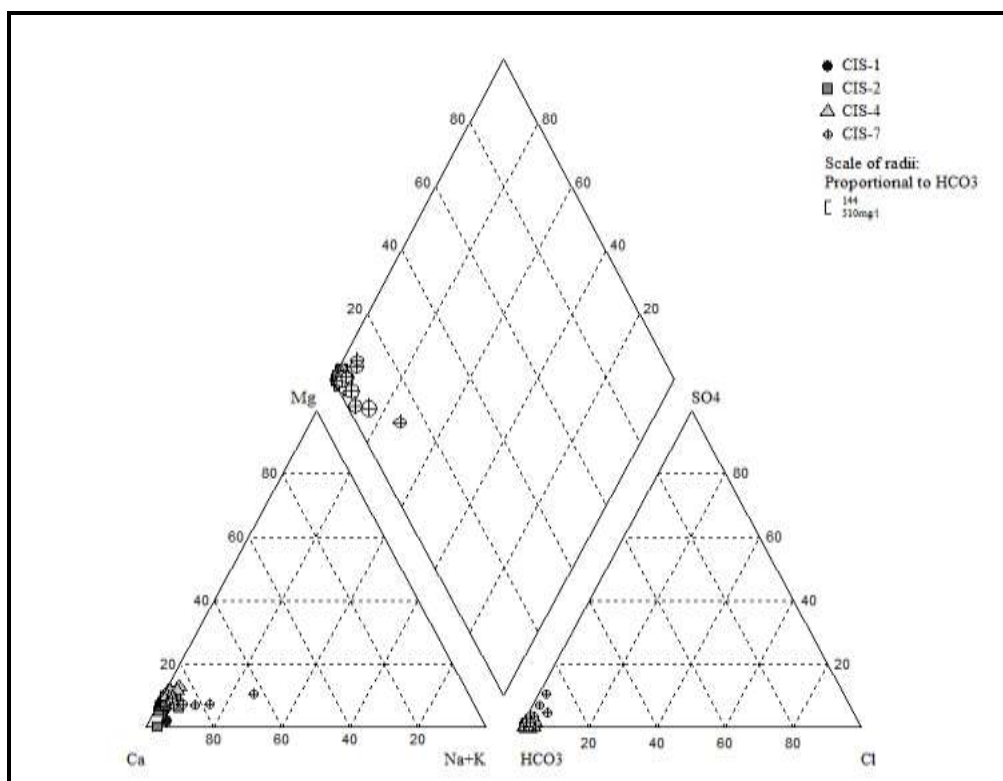


Figura 8.109 – Diagrama de Piper — cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro



O diagrama de Piper na Figura 8.109, confirma a hidroquímica das águas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, a saber, suas águas se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

De acordo com o diagrama de Piper na Figura 8.109, as concentrações de bicarbonato se apresentaram maiores que as concentrações de cálcio e com menor dispersão, o que é indicativo de águas mais bicarbonatadas.

As concentrações constituintes magnésio, potássio, cloreto e sulfato, não se apresentaram suficientemente grandes, para mostrar alguma alteração na característica hidroquímica das águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

O padrão hidroquímico apresentado para as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro resultou fortemente homogêneo, de acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.109, caracterizando águas de fácies hidroquímica cálcicas-bicarbonatadas, muito semelhantes.

De acordo com o exposto é admitido que a diversidade de metais nas águas superficiais monitoradas, além de uma possível contribuição antrópica, em parte, resulta do meio geológico pelito-carbonático, por onde as águas percolaram, até alcançar a zona de influência das cisternas, reportadas no diagrama da Figura 8.109.

As elevadas concentrações de cálcio e de bicarbonato mascaram os teores dos constituintes magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro. Portanto, para essas águas as concentrações de Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub> e NO<sub>3</sub> estão sumarizadas nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.110.

As águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação, em geral, se apresentaram pobres em potássio, com teores abaixo de 20% de acordo com o diagrama na Figura 8.110 (a). Na cisterna da fazenda Marinheiro, as águas se apresentaram mais ricas em potássio. O magnésio ocorreu com teores acima de 60 % nas águas dessas cisternas.

De acordo com o diagrama na Figura 8.110 (b), nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro os teores de cloreto e de nitrato foram maiores que os de sulfato que, em geral, que se apresentou com teor menor que 50%, em relação ao total dos ânions. As águas dessas quatro cisterna mostraram um enriquecimento

em cloreto e em nitrato, mas sem prevalecer qualquer um desses ânions. Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro o teor de sulfato se apresentou mais forte.

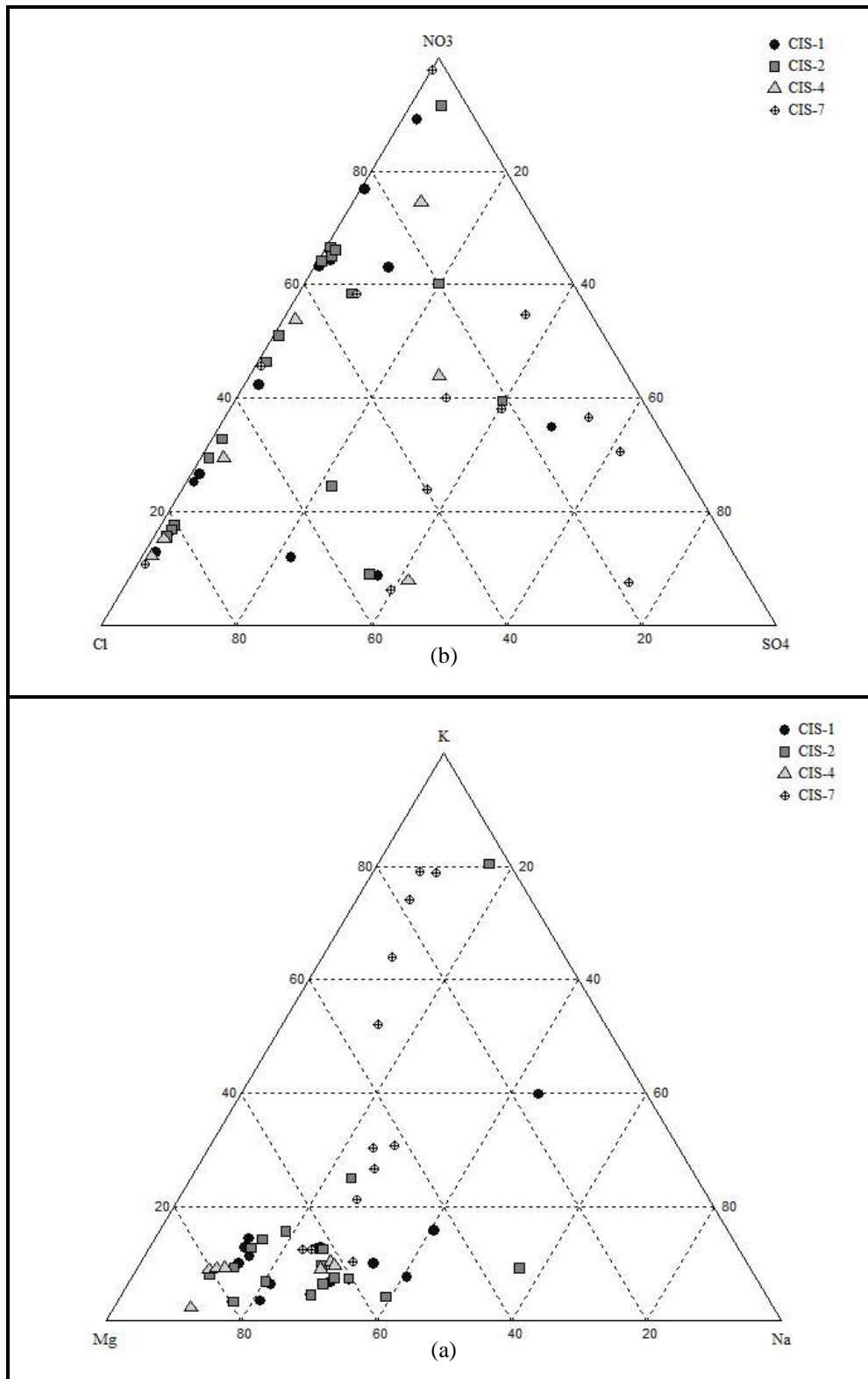


Figura 8.110 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

A presença mais forte de potássio e de sulfato nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro pode ser indicativa, de fonte desses cátions, fertilizantes aplicados nas pastagens no seu entorno.

Os teores de cloreto e de nitrato nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação podem indicar águas impactadas por fertilizantes, e nas águas da fazenda Marinheiro além da aplicação de fertilizantes, se soma o impacto da atividade pecuária.

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.55 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente nas águas dessas cisternas, a saber, cálcicas bicarbonatadas.

Para as cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro foram identificadas as seguintes seqüências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.22:

- cisterna do Restaurante (CIS-1) —  $Ca > Mg > Na > K; e, HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- cisterna do Estufa (CIS-2) —  $Ca > Mg > Na > K; e, HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- cisterna da Associação (CIS-2) —  $Ca > Mg > Na > K; e, HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4; e,$
- cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7) —  $Ca > Mg > K > Na e HCO_3 > NO_3 > SO_4 > Cl$ .

## **Ocorrências de Constituintes Secundários e Traços**

### **Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo**

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca o padrão estabelecido para águas superficiais de classe 2 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.111, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de alumínio nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequência de 58, 70, 67 e 86%, respectivamente.

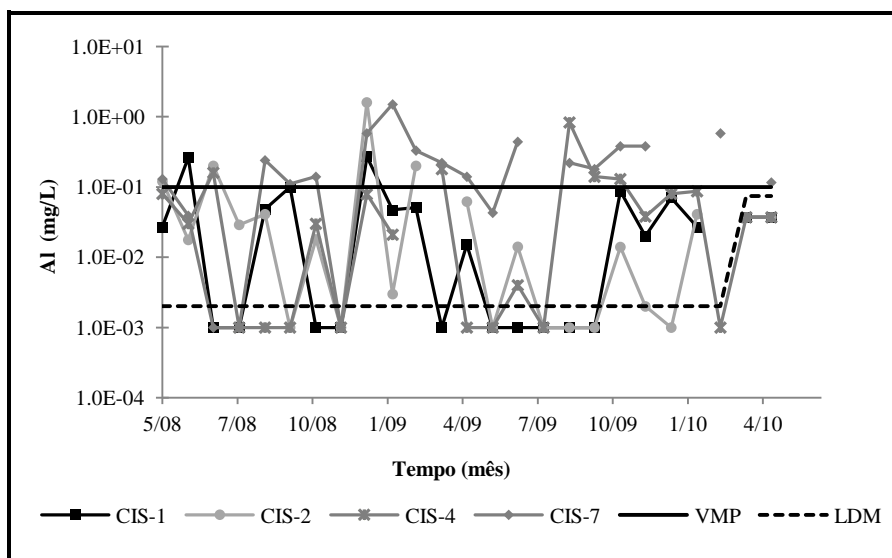


Figura 8.111 – Ocorrências de alumínio nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.111, foram verificadas concentrações de alumínio nos seguintes intervalos: de 0,015 a 0,270 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,002 a 1,60 mg/L nas águas da cisterna Estufa; de 0,004 a 0,830 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e de 0,039 a 1,50 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro. As concentrações máximas do metal foram verificadas na cisterna do Restaurante, em janeiro de 2009, na cisterna da Estufa, em janeiro de 2009, na cisterna da Associação, em setembro de 2009 e, na cisterna da fazenda Marinheiro, em fevereiro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N<sup>o</sup> 396, de 2008, com frequência de 14% na cisterna Restaurante, de 25% na cisterna Estufa; de 30% na cisterna Associação; e, e de 89% na cisterna fazenda Marinheiro.

Na Figura 8.112, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de ferro, nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

No período de monitoramento o ferro foi quantificado nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequência de 67, 44, 63 e de 100%, respectivamente.

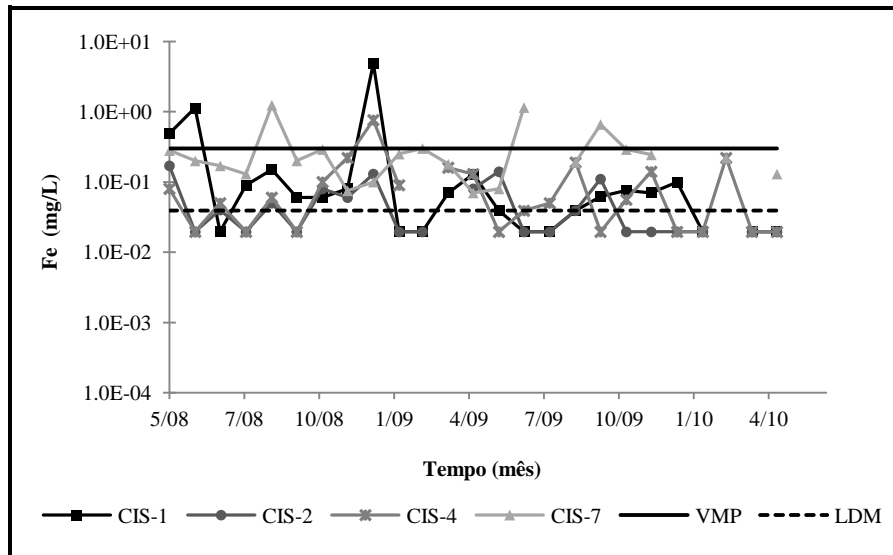


Figura 8.112 – Ocorrências de ferro nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Conforme os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.112, foram verificadas concentrações de ferro nos seguintes intervalos: de 0,039 a 4,89 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,039 a 0,170 mg/L, nas águas da cisterna Estufa; de 0,039 a 0,760 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e, de 0,070 a 1,24 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro. As concentrações máximas do metal foram verificadas na cisterna do Restaurante, em janeiro de 2009, na cisterna da Estufa, em maio de 2008, na cisterna da Associação, em janeiro de 2009 e, na cisterna da fazenda Marinheiro, em setembro de 2008.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de ferro maiores que o valor máximo permitido de 0,3 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 19% na cisterna Restaurante, de 7% na cisterna Associação e de 14% na cisterna fazenda Marinheiro.

Na Figura 8.113, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de manganês, nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

No período de monitoramento o manganês foi quantificado nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequência de 21, 57, 17 e de 86%, respectivamente.

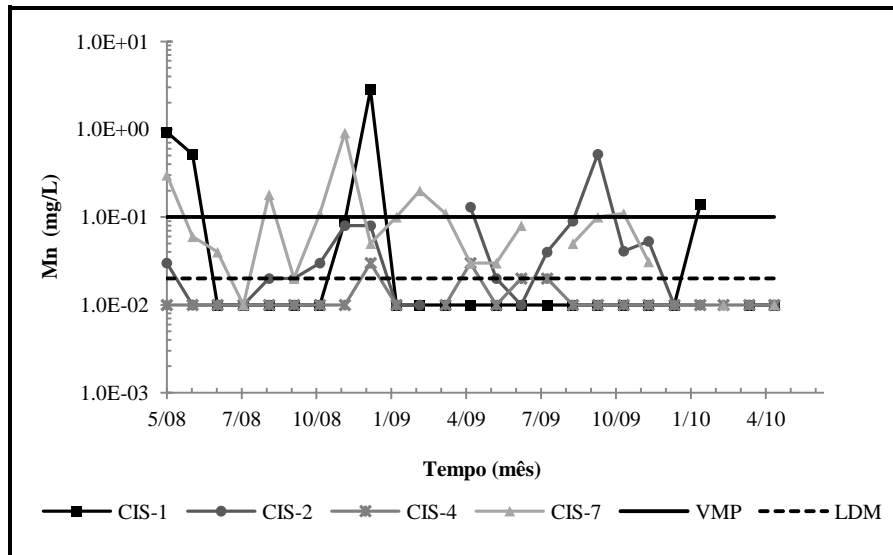


Figura 8.113 – Ocorrências de manganês nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Foram verificadas concentrações de manganês nos seguintes intervalos: de 0,090 a 2,81mg/L, com média de 1,474 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,020 a 0,520 mg/L, com nas águas da cisterna Estufa; de 0,020 a 0,030 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e de 0,020 a 0,910 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro. As concentrações máximas do metal foram verificadas do metal, na cisterna do Restaurante, em janeiro de 2009, na cisterna da Estufa, em outubro de 2009, na cisterna da Associação, em janeiro de 2009e, na cisterna da fazenda Marinheiro, em dezembro de 2008.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de manganês maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 80% na cisterna Restaurante, de 15% na cisterna da Estufa, e de 39% na cisterna fazenda Marinheiro.

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês nessas cisternas, reportadas nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.111, 8.112 e 8.113, estão sumarizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.114.

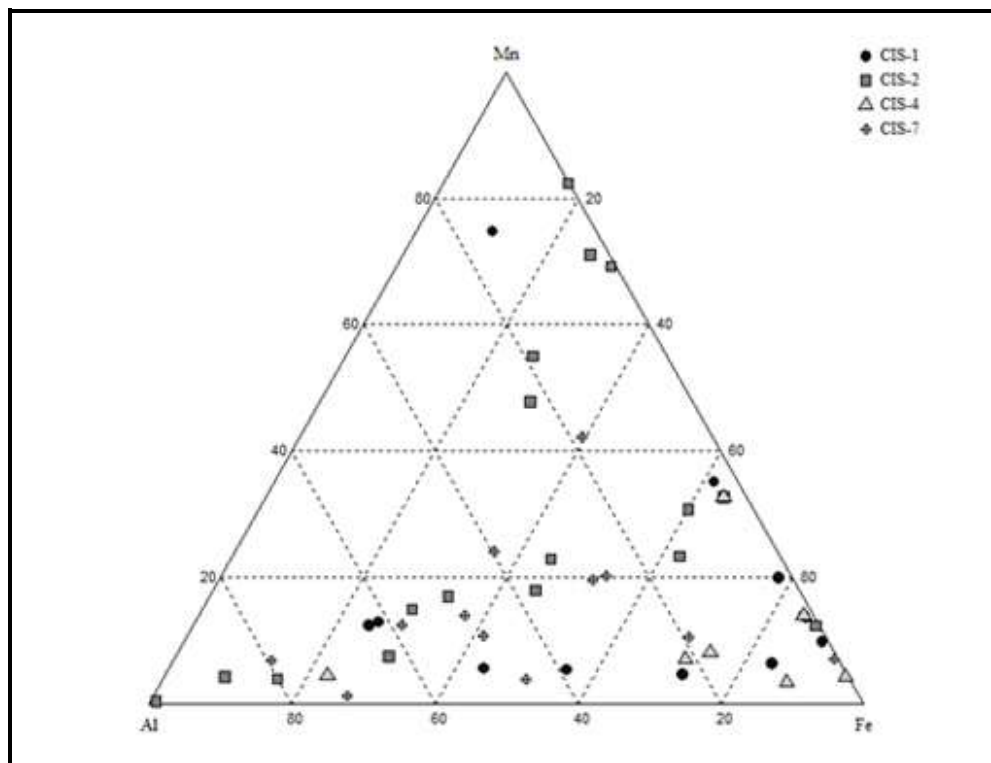


Figura 8.114 – Teores de alumínio, ferro e manganês nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Conforme os resultados sintetizados no diagrama ternário na Figura 8.59, as concentrações de alumínio, ferro e manganês não se apresentaram grandes o suficiente para denotar alguma anomalia geoquímica, como uma maior concentração desses metais, no meio hidrogeológico percolado pelas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, na área do estudo.

De acordo com os resultados no diagrama ternário na Figura 8.59, as águas das cisternas do Restaurante e da Associação se apresentaram mais ricas em ferro, e nas águas da cisterna da Estufa os teores de alumínio e manganês se apresentaram maiores.

De modo geral, as águas monitoradas nessas cisternas se apresentaram mais pobres em manganês do que em alumínio e ferro.

Diferentemente das águas das rochas pelíticas, águas de aquíferos carbonáticos e cristalinos, em geral, são pobres em alumínio, ferro e manganês (Fenzl,1998). Fato corroborado pela dispersão dos resultados, no diagrama de ternário, apresentado na Figura 8.59.

Na Figura 8.115, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de bário, verificadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

No período de monitoramento o bário foi quantificado nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequência de 67, 83, 67 e de 100%, respectivamente.

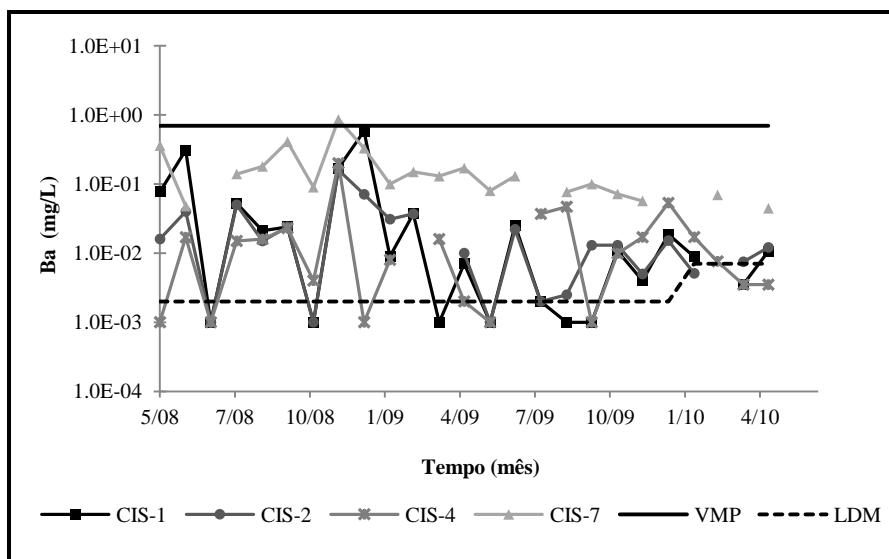


Figura 8.115 – Ocorrências de bário nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Foram verificadas concentrações de bário nos seguintes intervalos: de 0,002 a 0,580 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,002 a 0,160 mg/L, nas águas da cisterna Estufa; de 0,002 a 0,200 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e de 0,045 a 0,860 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro.

As concentrações máximas do bário foram verificadas do metal, na cisterna do Restaurante, em setembro de 2009 e, nas cisternas da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, em dezembro de 2008.

Conforme o diagrama apresentado na Figura 8.115, foi verificada apenas uma ocorrência de concentração de bário, maior que o valor máximo permitido, de 0,7 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA No 396, de dezembro de 2008, a saber, 0,860 mg/L verificada nas águas da cisterna fazenda Marinheiro.

As frequências elevadas de quantificações de bário, nas águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, foram associadas à presença de minerais de bário no meio hidrogeológico pelito-carbonático, pelo qual essas águas percolaram. As cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, foram instaladas em áreas de descarga de águas subterrâneas, conforme o modelo de circulação hídrica



subterrânea, proposto por Machado (2011), e a cisterna da fazenda Marinheiro está instalada em área de transito de águas subterrâneas, em região sob a influência de rochas calcárias.

Na Figura 8.116, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cromo, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

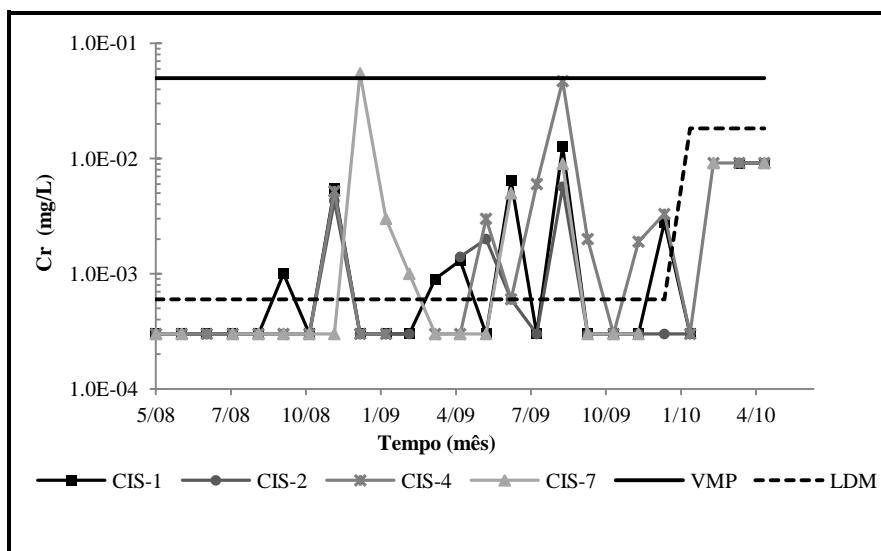


Figura 8.116 – Ocorrências de cromo nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

O cromo foi quantificado nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequências de 29, 22, 33 e de 25 %, respectivamente.

Foram verificadas concentrações de cromo nos seguintes intervalos: de 0,001 a 0,013 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,001 a 0,006 mg/L, nas águas da cisterna Estufa; de 0,001 a 0,047 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e de 0,001 a 0,055 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro. As concentrações máximas do cromo foram verificadas, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, em setembro de 2009 e, nas águas cisterna da fazenda Marinheiro, em janeiro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, durante o período do monitoramento, foi verificada apenas uma ocorrência de cromo maior que o valor máximo permitido de 0,05 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, a saber, 0,055 mg/L, verificada nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro, em janeiro de 2009, de acordo com o diagrama apresentado, na Figura 8.116.

Conforme mostrado no diagrama na Figura 8.116, a partir de dezembro de 2010 foi adotado um método de análise do cromo com limite de detecção, LDM, menos rigoroso, o que certamente deverá reduzir a frequência de quantificação deste metal nas águas naturais,

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro foram quantificados os metais calcófilos chumbo, cobre, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento.

Na Figura 8.117 (a) e 8.117 (b), estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de chumbo e de cobre, verificadas nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação, e da fazenda Marinheiro, monitoradas na área do estudo.

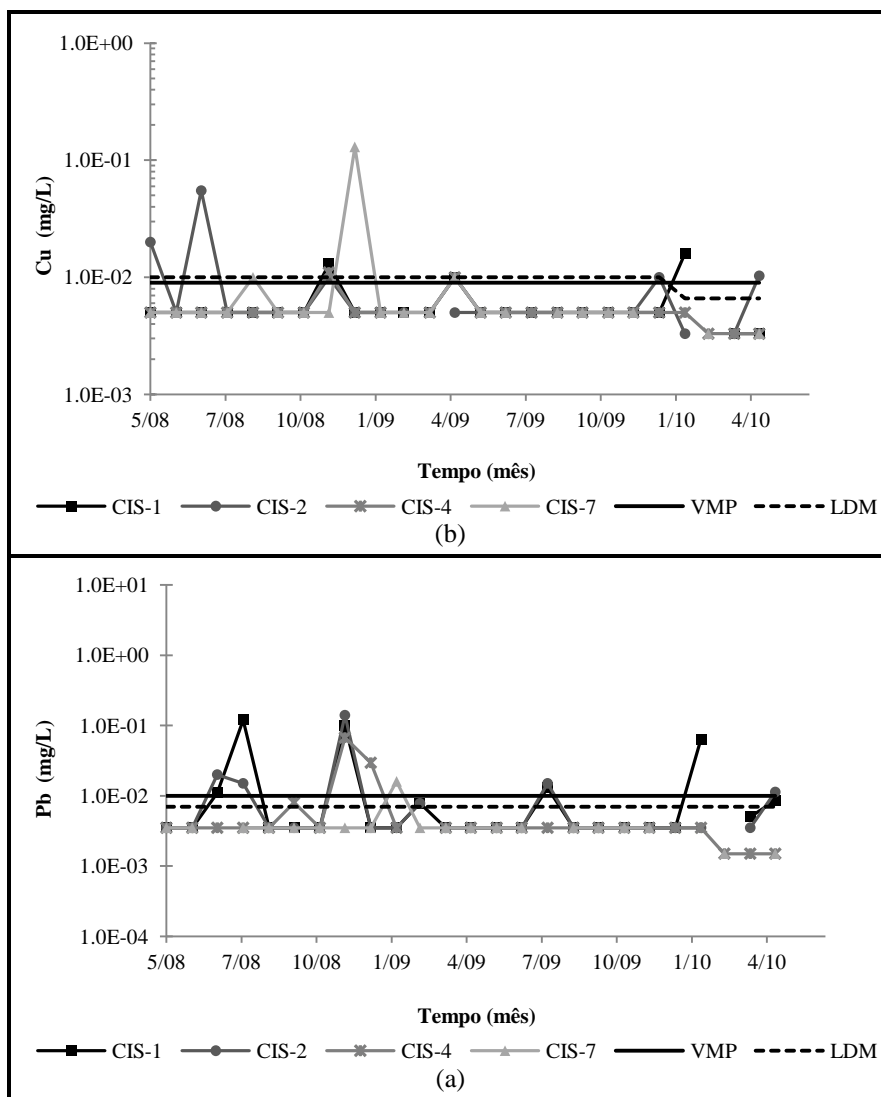


Figura 8.117 – Ocorrências de chumbo e cobre nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

O chumbo foi quantificado nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequências de 29, 26, 13 e de 5%, respectivamente. O cobre foi quantificado, nas águas dessas cisternas, com frequências de 13, 22, 8 e de 14%, respectivamente.

Do ponto de vista ambiental, apesar das baixas frequências de quantificação do cobre, concentrações maiores que o valor máximo permitido, ocorreram com frequências de 100%, nas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.62 (b).

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.117 (a), foram verificadas concentrações de chumbo nos seguintes intervalos: de 0,005 a 0,120 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,003 a 0,140 mg/L, nas águas da cisterna Estufa; de 0,008 a 0,067 mg/L, nas águas da cisterna Associação.

Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro, houve apenas uma quantificação de chumbo, em fevereiro de 2009, resultando o valor 0,016 mg/L.

As concentrações máximas do chumbo foram verificadas, na cisterna do Restaurante, em agosto de 2008, na cisterna da Estufa, em dezembro de 2008, na cisterna da Associação, em dezembro de 2008 e, na cisterna da fazenda Marinheiro, em fevereiro de 2009, a saber, sendo a única quantificação de chumbo, nas águas desta cisterna.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.117(b), foram verificadas concentrações de cobre nos seguintes intervalos: de 0,010 a 0,016 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,010 a 0,055 mg/L, nas águas da cisterna Estufa; de 0,010 a 0,011 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e de 0,010 a 0,130 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro.

As concentrações máximas do cobre foram verificadas, na cisterna do Restaurante, em fevereiro de 2010, na cisterna da Estufa, em julho de 2008, na cisterna da Associação, em dezembro de 2008 e, na cisterna da fazenda Marinheiro, em janeiro de 2009, a saber, a única quantificação de chumbo.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de chumbo maiores que o valor máximo permitido de 0,01 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 63% na cisterna Restaurante, de 83% na

cisterna da Estufa, de 67% na cisterna da Associação, e de 100% na cisterna fazenda Marinheiro.

Conforme os hidrogramas, na Figura 8.117 (a) e 8.117 (b), as frequências absolutas de quantificação do chumbo e do cobre, durante o período do monitoramento, foram pequenas. No entanto, nos meses em que esses metais foram quantificados, nas águas monitoradas nas cisternas do restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, em geral, suas concentrações se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos em águas subterrâneas, estabelecidos na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, resultando as elevadas frequências de concentrações maiores que os respectivos valores máximos permitidos.

Na Figura 8.118, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de zinco e de cádmio, verificadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação, e da fazenda Marinheiro.

O zinco foi quantificado nas águas dessas cisternas, com frequência maior que 90 % nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e com frequência de 100% nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro.

O cádmio foi quantificado nas águas das cisternas do Restaurante com frequência de 13% e na cisterna da fazenda Marinheiro, com frequências de 10%. Nas águas das cisternas da Estufa e da Associação o cádmio foi quantificado uma única vez, o que corresponde a frequência de 4%.

Foram verificadas concentrações de zinco nos seguintes intervalos: de 0,054 a 0,879 mg/L, com média de 0,488 mg/L, nas águas da cisterna Restaurante; de 0,010 a 0,760 mg/L, com média de 0,231 mg/L, nas águas da cisterna Estufa; de 0,010 a 0,450 mg/L, com média de 0,101 mg/L, nas águas da cisterna Associação; e de 0,036 a 0,880 mg/L, com média de 0,362 mg/L, nas águas da cisterna fazenda Marinheiro.

As concentrações máximas de zinco foram verificadas, na cisterna do Restaurante, em fevereiro de 2011, na cisterna da Estufa, em julho de 2009, na cisterna da Associação, em janeiro de 2009 e na cisterna da fazenda Marinheiro, em novembro de 2009.

De acordo com os hidrogramas da Figura 8.118 (a) verifica-se que, em geral, concentrações mais elevadas de zinco foram prevalentes nas águas da cisterna do Restaurante.

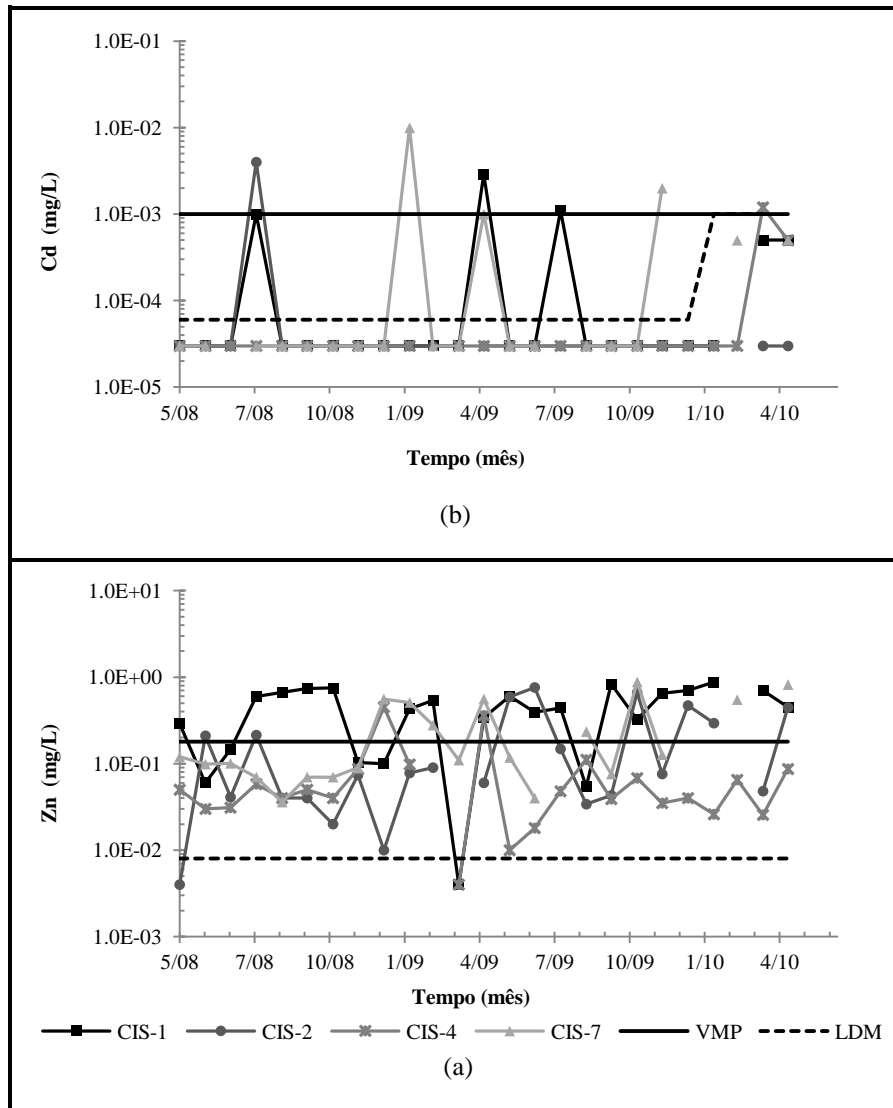


Figura 8.118 – Ocorrências de zinco e de cádmio nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Do ponto de vista ambiental e de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.118 (a) foram verificadas concentrações de zinco maiores que o valor máximo permitido de 0,18 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com as seguintes frequências: 78% na cisterna Restaurante; 36% na cisterna da Estufa; 9% na cisterna da Associação; e, 38% na cisterna fazenda Marinheiro.

O cádmio foi quantificado com pequena frequência, durante o período do monitoramento. No entanto, nos meses em foi quantificado, em geral, suas concentrações se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos em águas subterrâneas. Assim, ocorreram concentrações de cádmio maiores que os valores máximos permitidos de 0,001 mg/L com 67% de frequência nas águas das cisternas do Restaurante, e 100% nas águas das cisternas da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

O fato das menores concentrações de zinco terem ocorrido na cisterna da Associação, em parte, se admite estar relacionado à alta densidade de vegetação na lagoa Olhos d'Água, às margens da qual a cisterna foi instalada, pois este metal é um micronutriente essencial a muitas espécies da biota vegetal e animal.

As maiores concentrações de zinco foram verificadas nas águas da cisterna do Restaurante, fato em parte, associado à implantação dessa cisterna em área de descarga de águas subterrâneas de circulação profunda, conforme o modelo de circulação de águas subterrâneas proposto por Machado, (2011).

Estão sumarizadas na Tabela 8.49 as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços quantificados nas águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro.

Tabela 8.49 – Constituintes secundários e traços nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Cisterna	Estatística	Concentrações (µg/L)									
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Zn
do Restaurante	Média	80,6	564	1474	74,5	50,9	-	13	5,8	1,95	488
	Mínimo	15	39	90	2,0	5,0	-	10	0,90	1,0	53,9
	Máximo	270	4890	2810	580	120	-	16,0	12,7	2,90	879
da Estufa	Média	185	83,6	109	20,4	15,4	-	25,1	2,43	4,0	231
	Mínimo	2,0	39	20	2,0	3,4	-	10	0,60	4,0	10
	Máximo	1600	170	520	160	140	-	55	6	4,0	760
da Associação	Média	72,5	213,3	30	50,2	34,8	-	11	4,1	1,2	101
	Mínimo	4,0	39	20	2,0	8,0	-	10	0,60	1,2	10
	Máximo	830	760	30,0	200	67	-	11	47	1,2	450
da fazenda Marinheiro	Média	258	228	109	140	16	4,0	70	21,7	1,2	362
	Mínimo	39	70	20	45	-	2,0	10	1,0	2,0	36
	Máximo	1500	1240	910	860	-	8,0	130	55	10	880

As seqüências de abundancia dos metais secundários e traços monitorados nas águas das cisternas, foram definidas considerando os metais Fe, Al, Mn, Ba e Zn que foram quantificados com frequências elevadas e, os metais Pb, Cu, Cd e Cr, que foram quantificados com frequências pequenas.

Desta forma, considerando que as concentrações médias dos metais secundários e traços, determinados nas águas monitoradas, nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, representem a abundância desses constituintes, nessas águas, foram estabelecidas as seguintes sequências em ordem decrescente da abundância:

- cisterna do Restaurante (CIS-1) — Mn > Fe > Zn > Al > Ba > Pb > Cu > Cr > Cd;
- cisterna da Estufa (CIS-2) — Zn > Al > Mn > Fe > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd;

- cisterna da Associação (CIS-4) — Fe > Zn > Al > Ba > Mn > Pb > Cu > Cr > Cd; e,
- cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7) — Zn > Al > Fe > Ba > Mn > Cu > Pb > Cr > Co > Cd.

O fato das concentrações dos constituintes secundários e traços, sumarizadas na Tabela 8.49, se apresentarem grandes, em geral, maiores que os valores médios descritos na literatura e reportados na Tabela 8.3, em parte, é atribuído ao intemperismo mais intenso nas regiões de clima tropical, como a da área do estudo. E, em parte, atribuído à utilização de amostras não filtradas, nas quais ocorreu a dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação dessas amostras.

### Surgências Monitoradas na Área do Estudo

#### Pontos de monitoramentos SURG-1, SURG-2 e SURG-3

Na área do estudo foram monitoradas as águas de três surgências, cujas coordenadas, e localização estão sumarizadas na Tabela 8.50.

Tabela 8.50 – Localização das surgências monitoradas na área do estudo

Surgência	Identificação do ponto		Coordenadas UTM		Localização
	Texto	Monitoramento	L-O (m)	N-S (m)	
Subida da Estação	SURG-1	S1D1-4	586422	7845750	Mata da lagoa Subida da Estação
Mata da Usina	SURG-2	S1D2-5	586146	7846970	Mata depois da usina abandonada
Mina do NIA <sup>(1)</sup>	SURG-3	S1D2-3	584981	7846474	Vertente em frente ao NIA

1) Núcleo de informações agropecuárias – NIA, atual sede da UFSJ (Universidade Federal de São João d'El Rei)

Na Figura 8.119, estão apontadas as surgências monitoradas na área do estudo. Conforme se verifica na imagem, na Figura 8.119, as surgências do NIA e da Mata da Usina, estão muito próximas da rodovia MG 424.

No canto superior esquerdo, na imagem na Figura 8.119, se observa parte de um arruamento urbano. Trata-se de parte do bairro Itapoã, limítrofe com o CNPMS, na cidade de Sete Lagoas.

A população deste bairro, em parte, utiliza a surgência do NIA (SURG-3), mostrada na Figura 8.119, como fonte de suprimento de água. Também, utilizam a lagoa da Baiana para recreação.



Figura 8.119 – Locais das surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA

Fonte: Google Earth, 2011

A variabilidade temporal do parâmetro pH, nas surgências Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA, está apresentada nos hidrogramas na Figura 8.120.

As três linhas marcadas nos diagramas do pH, referem-se aos valores de pH 5,6 e 8,3 que correspondem ao pH da água de chuva pristina e ao pH máximo de uma água bicarbonatada, não poluída, a linha tracejada marca o pH 7.

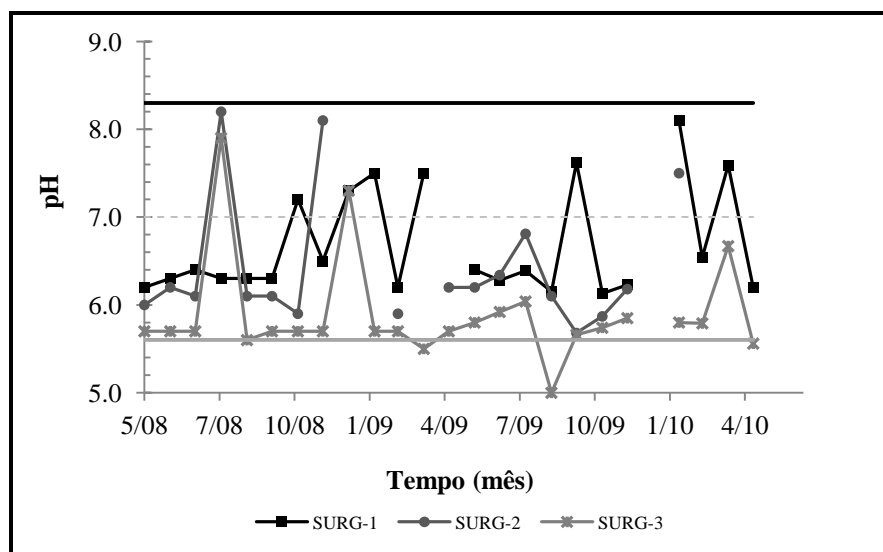


Figura 8.120 – Variabilidade do parâmetro pH nas águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA



De acordo com os hidrogramas da Figura 8.120, que as águas das surgências Subida da Estação (SURG-1), Mata da Usina (SURG-2) e do NIA (SURG-3) apresentaram valores de pH com frequência, abaixo de 7,0 e apresentando, variabilidade elevada.

Foram verificadas amplitudes de variação do pH de 1,97 na surgência Subida da Estação (SURG-1), de 2,90 na surgência Mata da Usina (SURG-2) e de 2,52 na surgência do NIA (SURG-3). Em média, essas amplitudes indicam variações nas concentrações hidrogeniônicas, nas águas das surgências, da ordem de 100 vezes, o que denota possíveis impactos das atividades realizadas nas áreas do entorno das surgências, em suas águas.

De modo geral, de acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.120, nas águas das surgências o pH se apresentou entre 5,6 a 7,6 não considerando os valores máximos e os valores mínimos reportados nesses hidrogramas.

As águas da surgência do NIA (SURG-3) se apresentaram mais ácidas, em geral, com pH variando entre 5,50 e 6,04. As águas desta surgência se apresentaram com valores de pH próximos do pH de águas meteóricas, não poluídas.

As causas dos menores valores de pH, nas surgências são atribuídas ao seu meio de percolação, a saber, os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena, mais pobres em minerais carbonáticos e outros minerais neutralizadores de acidez, e à interação com o matéria orgânica vegetal, em decomposição, que produz ácidos orgânicos e CO<sub>2</sub>.

Nas águas da surgência da lagoa Subida da Estação, os valores de pH maiores que 7 são atribuídos às ações associadas à implantação de culturas no entorno da área de afloramento das águas subterrâneas, tais como a aplicação de corretivos agrícolas.

Nos hidrogramas, na Figura 8.121 (a) e 8.121 (b) estão apresentadas as variabilidades temporais dos parâmetros condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas das surgências da lagoa da Subida da Estação (SURG-1), Mata da Usina (SURG-2) e do NIA (SURG-3).

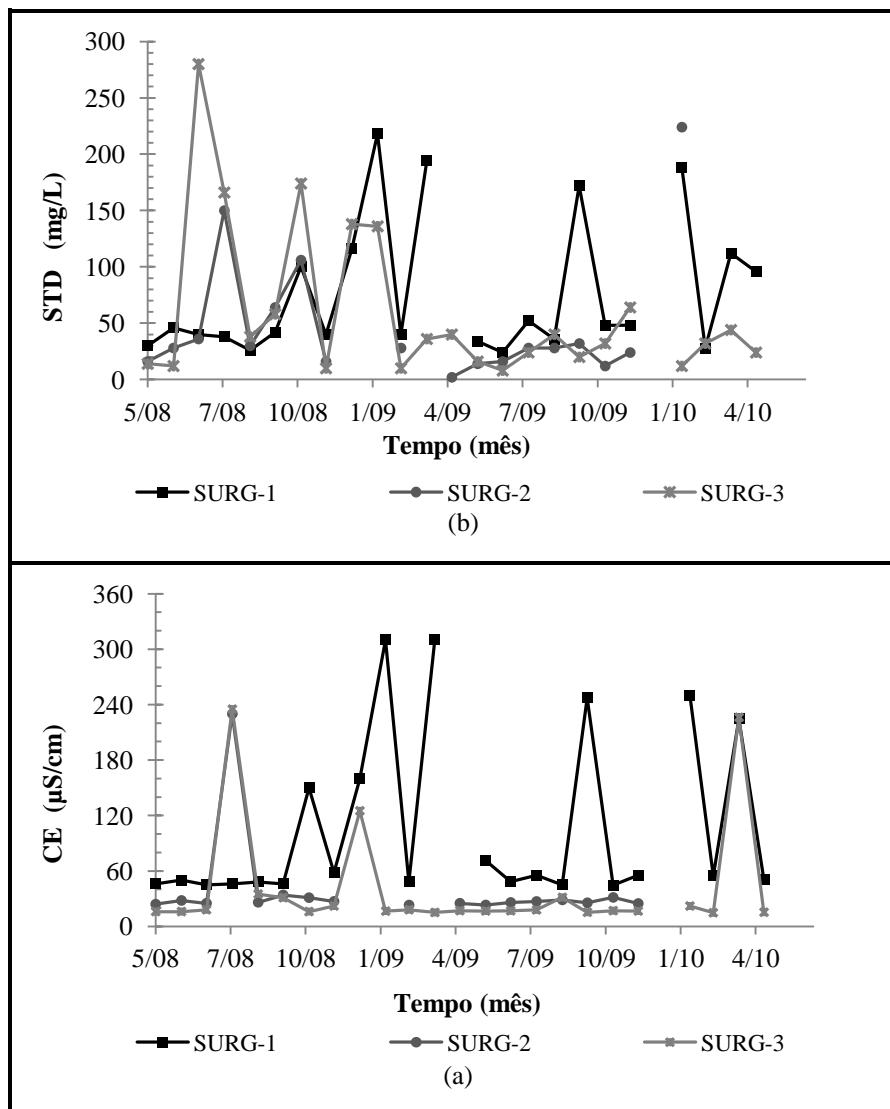


Figura 8.121 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

De acordo com os hidrogramas da Figura 8.121 (a), que as águas das surgências apresentaram condutividades elétricas, em geral, menores que  $60 \mu\text{S}/\text{cm}$ , características de águas recentes, pouco mineralizadas e com menor tempo de residência no meio geológico.

Os valores de condutividade elétrica verificados nas surgências caracterizam águas de infiltração recente e de circulação rápida, portanto pouco mineralizadas, que percolam os Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, na área do estudo.

Os valores mais elevados da condutividade elétrica, verificados nas águas da surgência lagoa Subida da Estação (SURG-3) são atribuídos ao transporte de material para as surgências, por escoamento superficial, das áreas agrícolas no entorno.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos apresentaram variabilidade alta, não refletindo, em geral, uma proporcionalidade com os valores de condutividade elétrica, por um fator entre 0,55 e 0,75 (Santos, 2008). Entretanto, aos maiores valores de condutividade deveriam corresponder maiores concentrações de STD, o que não é corroborado pelos hidrogramas da Figura 8.121.

A surgência do NIA (SURG-3), ambientalmente mais exposta, recebe influência da ocupação dos pastos, do acesso de pessoas e animais domésticos, que refletem na amplitude de variação dos parâmetros CE e STD, verificados em suas águas.

A partir dos valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nas águas das surgências, estão apresentados na Tabela 8.48 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Os valores médios dos parâmetros pH e CE reportados na Tabela 8.51, nas águas das surgências indicam águas recentes e pouco mineralizadas. Os valores médios dos sólidos totais dissolvidos nas surgências Subida da Estação (SURG-1) e da Mata da Usina (SURG-2) se apresentaram altos, não condizentes com os valores médios da condutividade elétrica.

Tabela 8.51 – Parâmetros pH, CE e STD nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Ponto	Estatísticas	pH	CE <sup>(1)</sup>	STD
SURG-1	Média	6.67	50,5	51,1
	Desvio padrão	0.63	28,8	7,1
	Mínimo	6.13	24,0	44,7
	Máximo	8.10	116	71,3
	Amplitude	1.97	92	26,6
SURG-2	Média	5.83	27,6	27,3
	Desvio padrão	0.62	15,1	3,3
	Mínimo	5.00	12,0	23,0
	Máximo	7.90	64,0	34,0
	Amplitude	2.90	52,0	11,0
SURG-3	Média	6.49	24,4	18,4
	Desvio padrão	0.84	12,1	4,3
	Mínimo	5.68	10,0	14,7
	Máximo	8.20	40,0	31,3
	Amplitude	2.52	30,0	16,6

(1) Os valores de pico não foram considerados nos cálculos

Os desvios-padrão do parâmetro pH foram pequenos, o que denota pequena variabilidade em torno do valor médio do parâmetro, indicando que variabilidade do pH nas águas das surgências foi pequena, o que é indicativo de concentrações estáveis de íons hidrogênio, ou seja, pequena variabilidade na acidez do meio hidrogeológico.

Para os parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos foram verificados desvios-padrão maiores, em cerca de 50% dos valores médios desses parâmetros, o que é indicativo de variação grande na concentração de sólidos dissolvidos iônicos.

Do ponto de vista ambiental, ainda não foram estabelecidos os padrões para os parâmetros pH e condutividade elétricas nas águas subterrâneas.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos, reportadas na Tabela 8.51, se apresentaram menores que 1000 mg/L, valor máximo permitido de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de 2008, portanto não indicaram águas impactadas.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas nas surgências de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.51:

- surgência da Subida da Estação (SURG-1) — pH ( $6,7 \pm 0,6$ ), condutividade elétrica ( $51 \pm 29$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $108 \pm 97$ ) mg/L;
- surgência da Mata da Usina (SURG-2) — pH ( $5,8 \pm 0,6$ ), condutividade elétrica ( $28 \pm 15$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $117 \pm 39$ ) mg/L;
- surgência do NIA (SURG-3) — pH ( $6,9 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $24 \pm 12$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $156 \pm 42$ ) mg/L;

### **Constituintes principais nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA**

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.52, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

As concentrações reportadas na Tabela 8.52, mostram que as águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA se apresentaram com concentrações dominantes dos íons cálcio e bicarbonato, indicando águas cálcicas-bicarbonatadas.

Do ponto de vista estequiométrico, as concentrações médias dos íons cálcio e bicarbonato, reportadas na Tabela 8.52, se apresentaram concordantes, com as concentrações médias de bicarbonato maiores que as de cálcio, conforme Langmuir, (1997), em razão da maior concentração de  $\text{CO}_2$  no meio geológico.

As águas das surgências Subida da Estação (SURG-1) e da Mata da Usina (SURG-2) se apresentaram mais ricas em magnésio e com mais sódio do que potássio, já na surgência do NIA (SURG-3) a concentração de sódio foi maior.

Tabela 8.52 – Constituintes principais nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
SURG-1	Média	0.966	0.185	0.013	0.070	1.17	0.104	0.076	0.034
	Desvio padrão	0.967	0.205	0.008	0.024	1.09	0.052	0.103	0.028
	Mínimo	0.316	0.058	0.005	0.043	0.452	0.056	0.015	0.002
	Máximo	3.19	0.664	0.030	0.124	3.38	0.268	0.415	0.090
	Amplitude	2.88	0.606	0.025	0.081	2.93	0.212	0.400	0.087
SURG-2	Média	0.281	0.049	0.022	0.054	0.347	0.086	0.115	0.112
	Desvio padrão	0.649	0.085	0.021	0.016	0.632	0.020	0.220	0.126
	Mínimo	0.090	0.009	0.008	0.043	0.132	0.059	0.019	0.019
	Máximo	2.62	0.314	0.074	0.077	2.63	0.133	0.614	0.277
	Amplitude	2.54	0.304	0.066	0.034	2.50	0.073	0.595	0.258
SURG-3	Média	0.601	0.100	0.019	0.057	0.709	0.076	0.116	0.040
	Desvio padrão	0.934	0.217	0.025	0.008	1.12	0.020	0.192	0.040
	Mínimo	0.172	0.014	0.005	0.043	0.212	0.059	0.025	0.002
	Máximo	3.02	0.806	0.092	0.069	3.98	0.118	0.622	0.119
	Amplitude	2.85	0.793	0.087	0.026	3.77	0.059	0.597	0.117

Nas surgências Subida da Estação (SURG-1) e da Mata da Usina (SURG-2) o nitrato se apresentou maior que o cloreto e que o sulfato. Na surgência do NIA (SURG-3) o sulfato foi maior que o nitrato.

As maiores concentrações de nitrato nas águas das surgências podem se originar da matéria orgânica em decomposição, nas áreas de afloramento dessas águas, ou da aplicação de fertilizantes nas áreas agrícolas e pastagens no entorno.

As razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , para as águas das surgências Subida da Estação (SURG-1), Mata da Usina (SURG-2) e do NIA (SURG-3) foram, respectivamente: 0,19; 0,26 e 0,12. Valores muito menores do que 1, portanto de acordo com Santos (1997), as águas das surgências não são influenciadas por terrenos dolomíticos ou litotipos ricos em minerais magnesianos.

Nas águas da surgência do NIA (SURG-3) as concentrações de sulfato se apresentaram cerca de uma ordem de grandeza maiores que nas águas das surgências da lagoa da Subida da Estação (SURG-1) e da Mata da Usina (SURG-2).

Nas águas subterrâneas não poluídas, o teor de sódio é, em geral, maior que o de magnésio, e o teor de cloreto maior que o teor de nitrato. Nas surgências da lagoa Subida da Estação e da Mata da Usina esta ordem não foi verificada o magnésio foi maior que o sódio e o nitrato maior que o cloreto.

Com exceção do potássio e do nitrato, as concentrações dos demais constituintes principais reportadas na Tabela 8.52, se apresentaram menores que os valores médios, para águas subterrâneas, descritos na literatura e sumarizados na Tabela 8.3. Fato atribuído ao tempo de residência dessas águas, corroborado pelas baixas condutividades elétricas.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações de cloreto, nitrato e sulfato se apresentaram menores que os valores máximos permitidos para águas subterrâneas de classe 2, de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de 2008.

Considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  está apresentado na Figura 8.122, o diagrama de Piper para as águas nas surgências Subida da Estação (SURG-1), Mata da Usina (SURG-2) e do NIA (SURG-3).

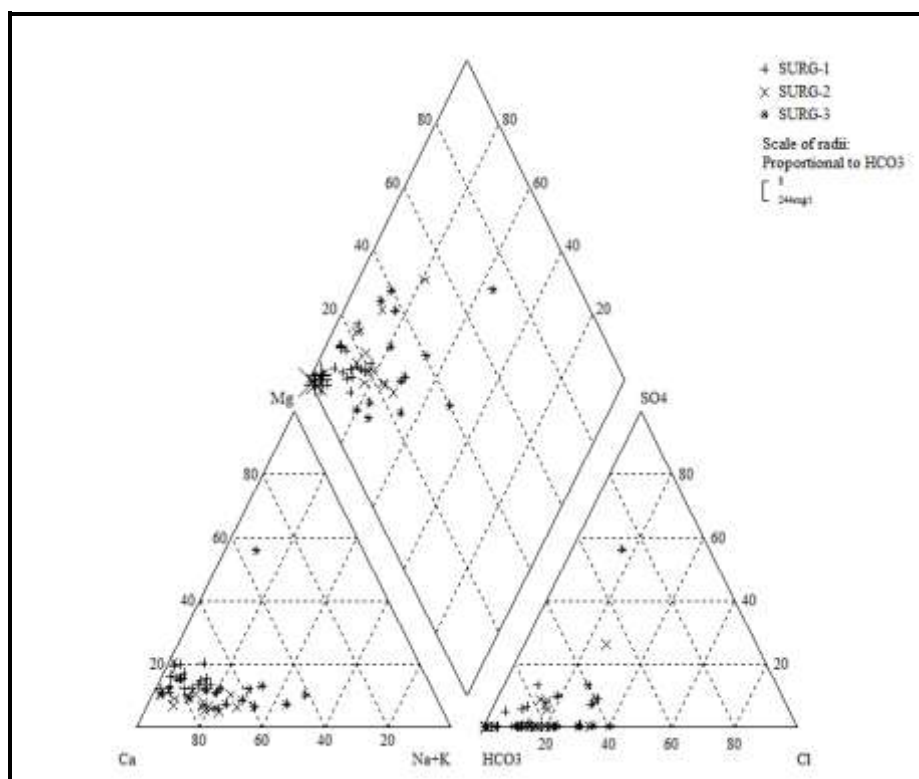


Figura 8.122 – Diagrama de Piper — surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

O diagrama de Piper apresentado na Figura 8.122, confirma a hidroquímica das águas monitoradas nas surgências Subida da Estação (SURG-1), Mata da Usina (SURG-2) e do NIA (SURG-3), ou seja, suas águas se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

De acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.122 o padrão hidroquímico apresentado pelas águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA se mostrou menos homogêneo, que no caso dos poços e das cisternas.

Conforme o diagrama de Piper, na Figura 8.122, as águas das surgências monitoradas se apresentaram pobres em sódio e com sulfato maior que nas águas das cisternas e dos poços.

As águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA representadas, no diagrama de Piper, na Figura 8.122, apresentaram as durezas totais médias de 68,2, 41,7 e 21,6 mg de  $\text{CaCO}_3/\text{L}$  respectivamente, portanto águas de dureza média.

As águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA se apresentaram mais brandas que as águas das cisternas e dos poços tubulares de produção, e em conformidade com a norma estabelecida para águas de classe dois.

As ocorrências verificadas dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, nas águas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA estão sintetizadas nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.123

Podem ser observado que na surgência Subida da Estação os teores de magnésio foram maiores, que nas surgências Mata da Usina e do NIA. Estas se apresentaram com teores maiores de sódio e com mais potássio.

O cloreto e o nitrato se apresentaram mais fortes nas surgências da lagoa Subida da Estação e Mata da Usina. O sulfato se apresentou com teores maiores na surgência do NIA, seguido da surgência Mata da Usina.

Apesar dos constituintes reportados nos diagrama ternários da Figura 8.123 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente dessas águas, a saber, cálcicas bicarbonatadas.

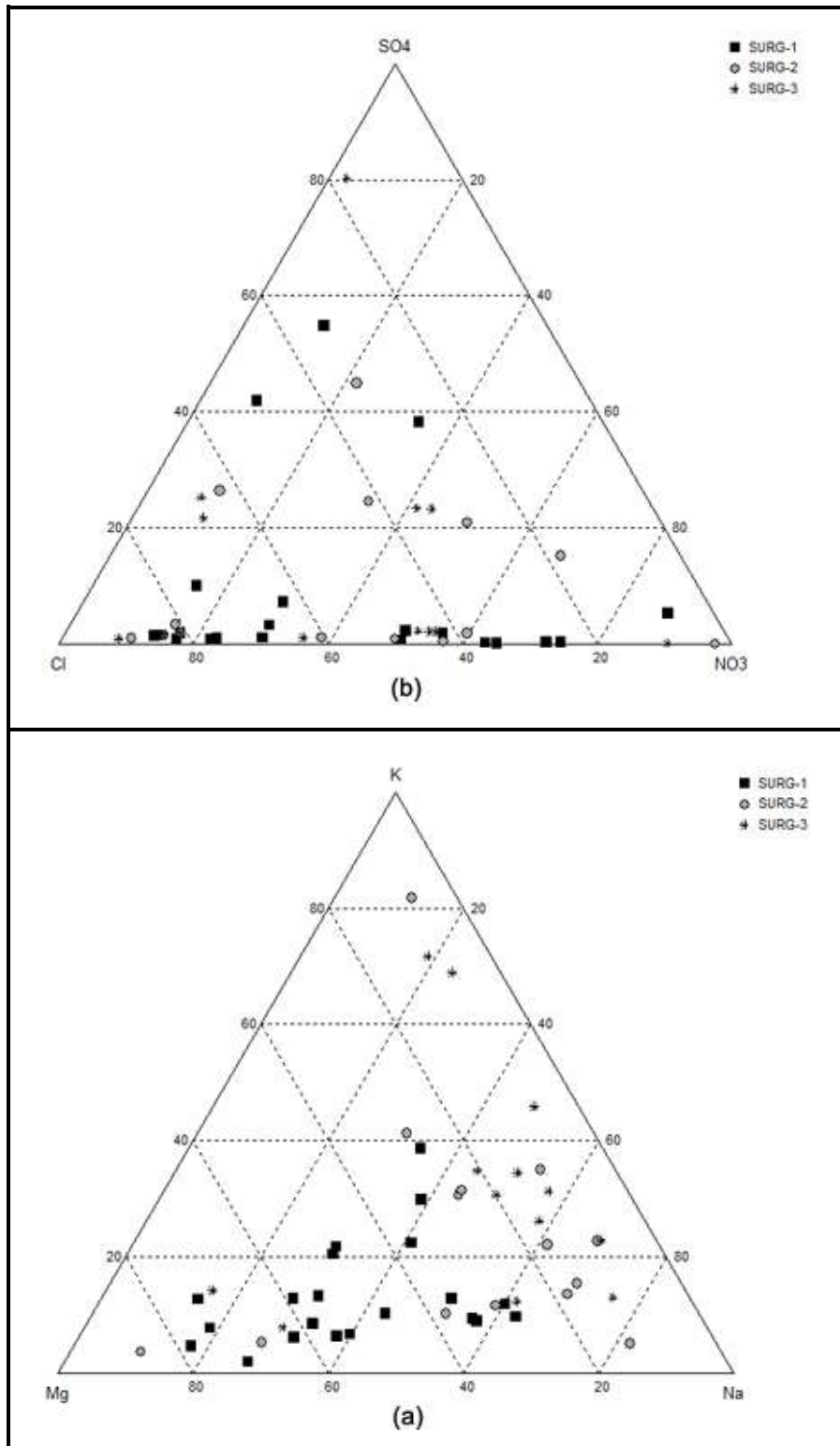


Figura 8.123 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Para as surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, foram verificadas as seguintes seqüências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.84:



- surgência Subida da Estação (SURG-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .
- surgência Mata da Usina (SURG-2) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .
- surgência do NIA (SURG-3) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ .

## Ocorrências de Constituintes Secundários e Traços

### Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo

As ocorrências dos constituintes secundários Al, Fe e Mn, nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA estão reportadas nos hidrogramas a seguir, em que se apresentam as concentrações totais desses metais.

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca o padrão estabelecido para águas superficiais de classe 2 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.124, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de alumínio verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

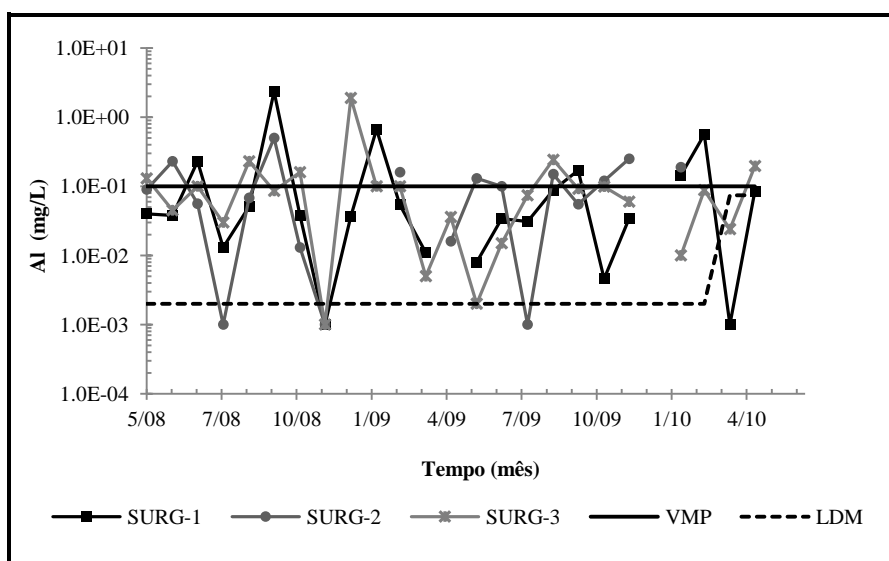


Figura 8.124 – Ocorrências de alumínio nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado com frequência de 91, 83 e 96%, nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, respectivamente.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.124, foram verificadas concentrações de alumínio nos seguintes intervalos: de 0,005 a 2,36 mg/L, nas águas da

surgência Subida da Estação; de 0,013 a 0,50 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; de 0,002 a 1,90 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

Nas águas dessas surgências, as concentrações máximas do metal foram verificadas em outubro de 2008, na surgência da lagoa da Subida da Estação, na surgência da Mata da Usina, em setembro de 2008 e na surgência do NIA, em janeiro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de alumínio maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, frequência de 29 % na surgência Subida da Estação, de 53 % na surgência Mata da Usina e de 26% na surgência do NIA.

Na Figura 8.125, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de ferro, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

No período de monitoramento o ferro foi quantificado com frequência de 70, 100 e 62%, nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, respectivamente.

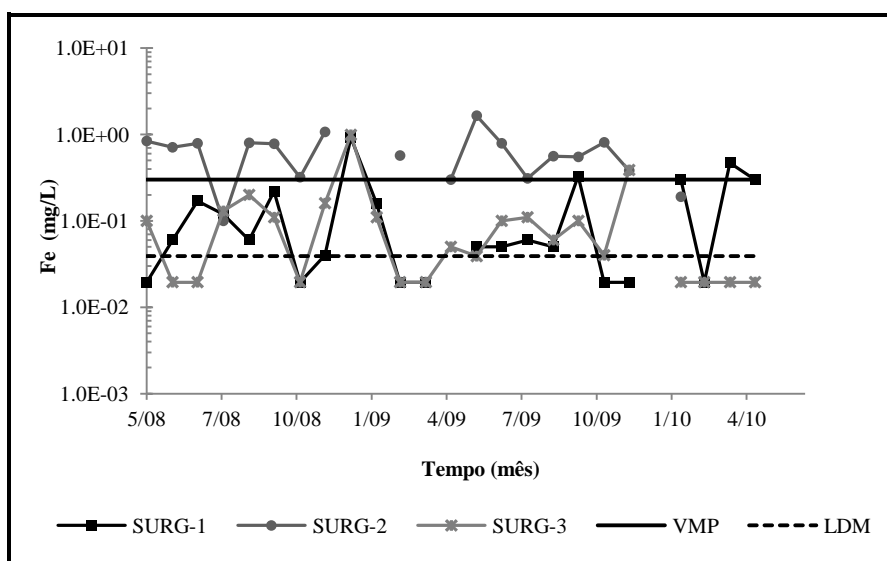


Figura 8.125 – Ocorrências de ferro nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Conforme os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.125, foram verificadas concentrações de ferro nos seguintes intervalos: de 0,040 a 0,92 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; de 0,100 a 1,65 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; de 0,039 a 0,990 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

Nas águas dessas surgências, as concentrações máximas do metal foram verificadas, em janeiro de 2009 na surgência Subida da Estação, em fevereiro de 2010 na surgência da Mata da Usina e na surgência do NIA, em janeiro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de ferro maiores que o valor máximo permitido de 0,3 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA Nº 396, de 2008, com frequência de 19 % na surgência Subida da Estação, de 15 % na surgência Mata da Usina e de 13% na surgência do NIA.

Na Figura 8.126, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de manganês, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

No período de monitoramento o manganês foi quantificado com frequência de 30, 72 e 46%, nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, respectivamente.

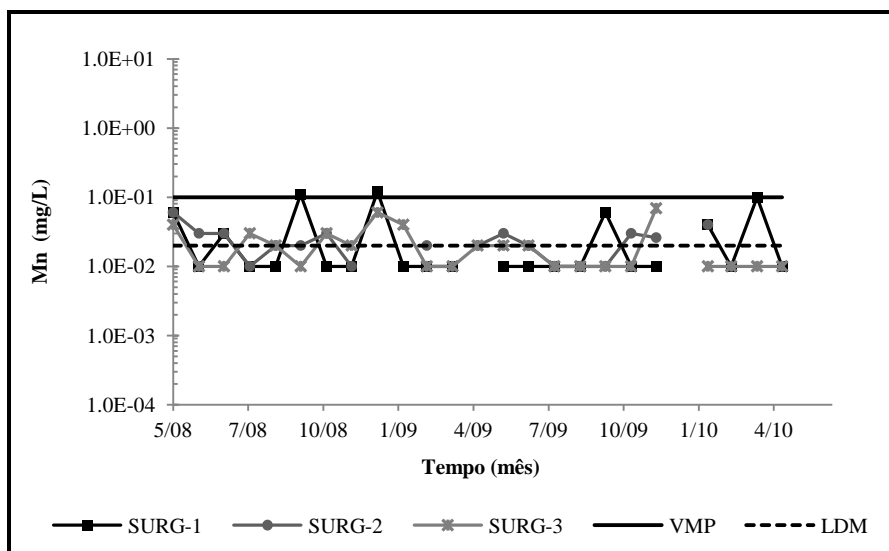


Figura 8.126 – Ocorrências de manganês nas surgências da lagoa da Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.126, foram verificadas concentrações de manganês nos seguintes intervalos: de 0,030 a 0,120 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; de 0,020 a 0,060 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; de 0,020 a 0,069 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

Nas águas dessas surgências, as concentrações máximas do metal foram verificadas, em janeiro de 2009, na surgência Subida da Estação, em maio de 2008, na surgência da Mata da Usina, e em novembro de 2009, na surgência do NIA.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de manganês maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, em águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, apenas na surgência da lagoa Subida da Estação com frequência de 29%.

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados, nas Figuras 8.124, 8.125 e 8.126, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA estão sintetizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.127.

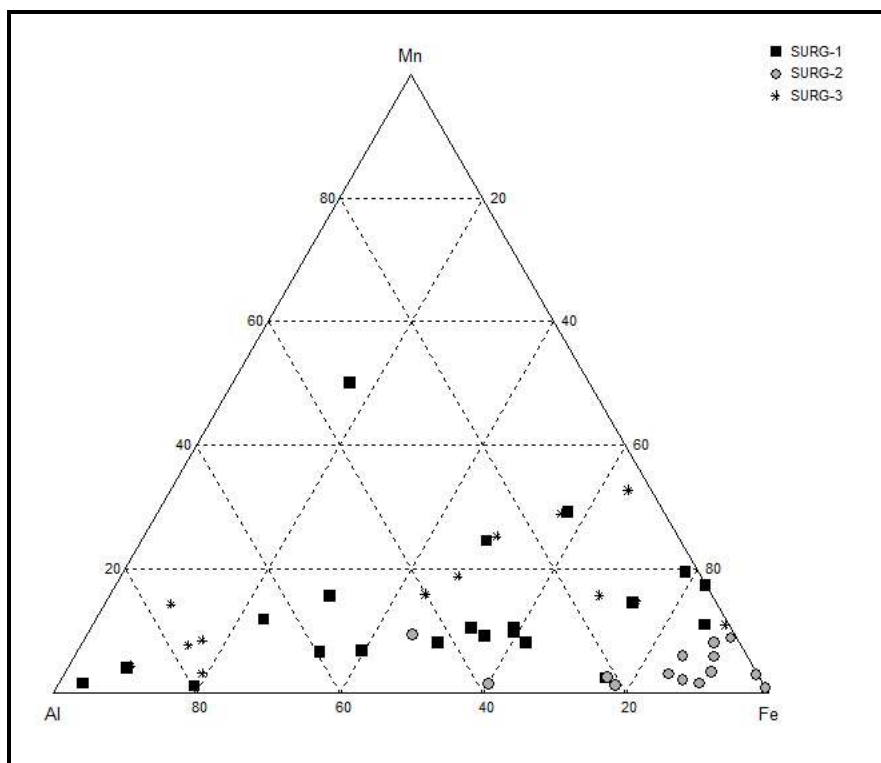


Figura 8.127 – Teores de alumínio, ferro e manganês nas águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Segundo o diagrama ternário, na Figura 8.127, o teor de ferro se apresentou prevalente nas águas da surgência Mata da Usina, seguida da surgência da lagoa Subida da Estação e do NIA. De modo geral essas águas se apresentaram pobres em alumínio e mais pobres em manganês, que as águas das cisternas.

O manganês ocorreu com teores maiores na surgência da lagoa Subida da Estação, seguida do surgência NIA.

As concentrações de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados, nas Figuras 8.124 a 8.126 e sintetizadas no diagrama ternário da Figura 8.127, não se apresentaram grandes o suficiente para denotar alguma anomalia geoquímica, como a

concentração desses metais no meio hidrogeológico de percolação das águas que afloram nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

De modo geral, as águas das surgências se apresentaram mais pobres em manganês e alumínio de acordo com o diagrama de ternário, apresentado na Figura 8.130.

Na Figura 8.128, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de bário, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

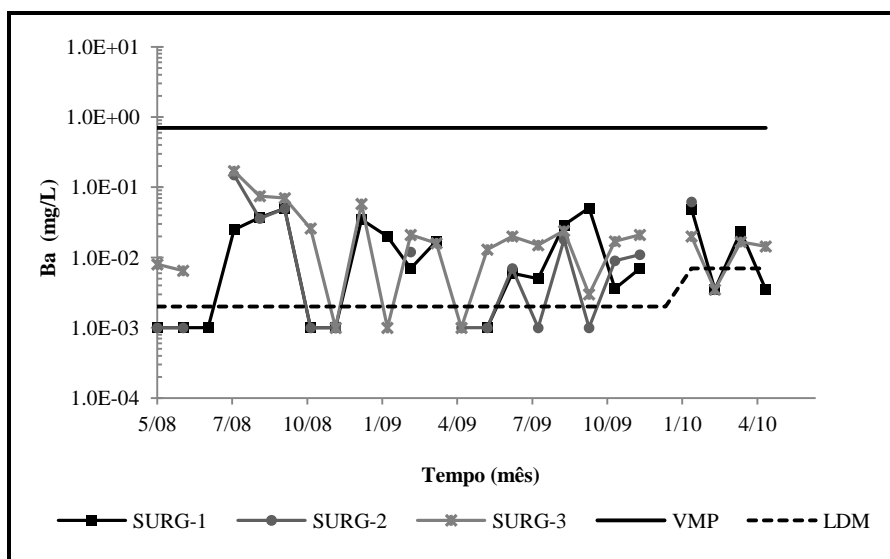


Figura 8.128 – Ocorrências de bário nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

No período de monitoramento o bário foi quantificado com frequência de 65, 53 e 78%, nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, respectivamente.

A razão das elevadas frequências de ocorrências de bário nas águas subterrâneas no meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saptrolitos da Formação Serra de Santa Helena foi atribuída à presença de minerais de bário, nas rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.128, foram verificadas concentrações de bário nos seguintes intervalos: de 0,004 a 0,051 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; de 0,007 a 0,150 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; e, de 0,003 a 0,170 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

As concentrações máximas de bário foram verificadas em outubro de 2009, na surgência da lagoa da Subida da Estação, em maio de 2008, na surgência da Mata da Usina e, na surgência do NIA, em agosto de 2008.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de bário maiores que o valor máximo permitido de 0,7 mg/L, para águas subterrâneas, estabelecido de acima da norma estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas da Figura 8.131,.

Na Figura 8.129, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cromo e de cádmio, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

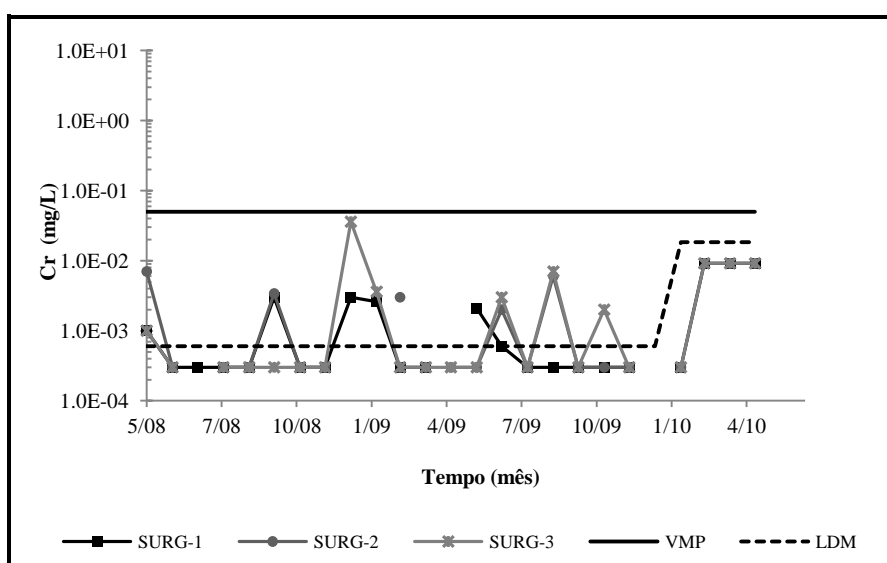


Figura 8.129 – Ocorrências de cromo nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

O cromo foi quantificado com as seguintes frequências: 26% na surgência da lagoa Subida da Estação; 24% na surgência Mata da Usina; e, 21%, e na surgência do NIA.

Conforme os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.129, foram verificadas concentrações de cromo nos seguintes intervalos: de 0,001 a 0,003 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; de 0,002 a 0,007 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; e, de 0,001 a 0,036 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

As concentrações máximas de cromo foram verificadas em setembro de 2008, na surgência da lagoa da Subida da Estação, em maio de 2008, na surgência da Mata da Usina e, na surgência do NIA, em fevereiro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, segundo o diagrama apresentado na Figura 8.132, não foram verificadas concentrações de cromo maiores que o valor máximo permitido de 0,05 mg/L, para águas subterrâneas, estabelecido de acima da norma estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA foram quantificados os metais calcófilos chumbo, cobre, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento. Os hidrogramas para as ocorrências desses metais estão apresentados a seguir.

Na Figura 8.130 (a) e 8.130 (b), estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de chumbo e de cobre, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

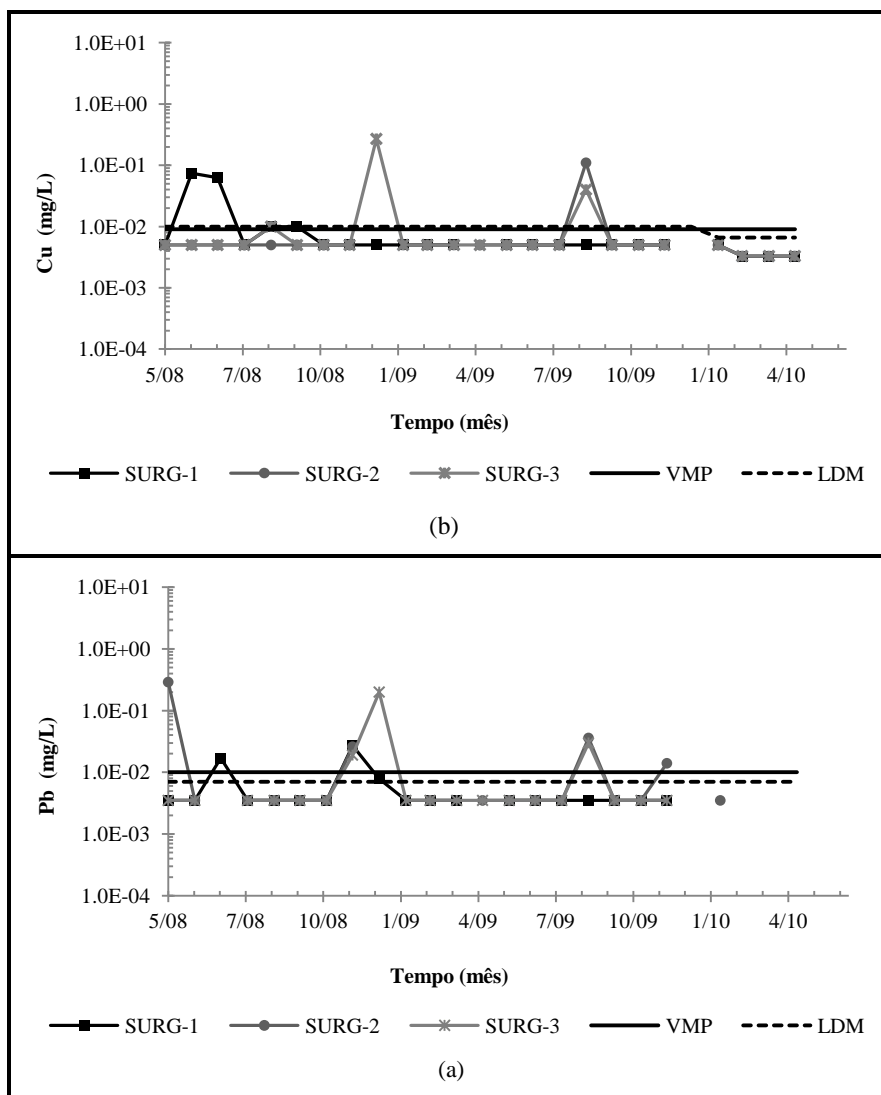


Figura 8.130 – Ocorrências de chumbo e cobre nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

O chumbo foi quantificado com as seguintes frequências: 22% na surgência da lagoa Subida da Estação; 24% na surgência Mata da Usina; e 17%, e na surgência do NIA. O cobre foi quantificado com as seguintes frequências: 17% na surgência da lagoa Subida da Estação; 6% na surgência Mata da Usina; e 13%, na surgência do NIA.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.130, foram verificadas concentrações de chumbo nos seguintes intervalos: de 0,007 a 0,027 mg/L, nas águas da surgência da lagoa Subida da Estação; de 0,014 a 0,290 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; de 0,013 a 0,200 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

As concentrações máximas de chumbo foram verificadas em dezembro de 2008, na surgência da lagoa da Subida da Estação, em maio de 2008, na surgência da Mata da Usina e, na surgência do NIA, em janeiro de 2009.

Foram verificadas concentrações de cobre nos seguintes intervalos: de 0,010 a 0,074 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; e, de 0,010 a 0,270 mg/L, nas águas da surgência do NIA. As concentrações máximas de cobre foram verificadas em junho de 2008, na surgência da lagoa da Subida da Estação e, na surgência do NIA, em janeiro de 2009.

Na surgência da Mata da Usina, o cobre foi quantificado em apenas um mês, durante o monitoramento, tendo sido verificada concentração de 0,110 mg/L do metal, em setembro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de chumbo maiores que o valor máximo permitido, de 0,01 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, para águas subterrâneas, com frequência de 60% na surgência da lagoa Subida da Estação, e de 100% nas minas Mata da Usina e do NIA.

Apesar de terem sido verificadas concentrações acima dos valores máximos permitidos, com frequências elevadas, para os metais chumbo e cobre, nas surgências da lagoa Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, em valores absolutos essas frequências corresponderam a um pequeno número de quantificações, conforme pode ser verificado nos diagramas apresentados na Figura 8.130.

As concentrações de chumbo e de cobre são pequenas, nas águas naturais não poluídas, em média, 3 µg/L (Langmuir, 1997). Assim, em razão dos limites de detecção dos métodos utilizados terem sido altos, foi assumido que as baixas frequências de quantificação do



chumbo e do cobre aconteceram em razão desses limite. Ainda, no caso do cobre, o limite de detecção do método analítico empregado, foi maior que o valor máximo permitido para águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro 2008.

Na Figura 8.131, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de zinco e de cádmio, verificadas nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA .

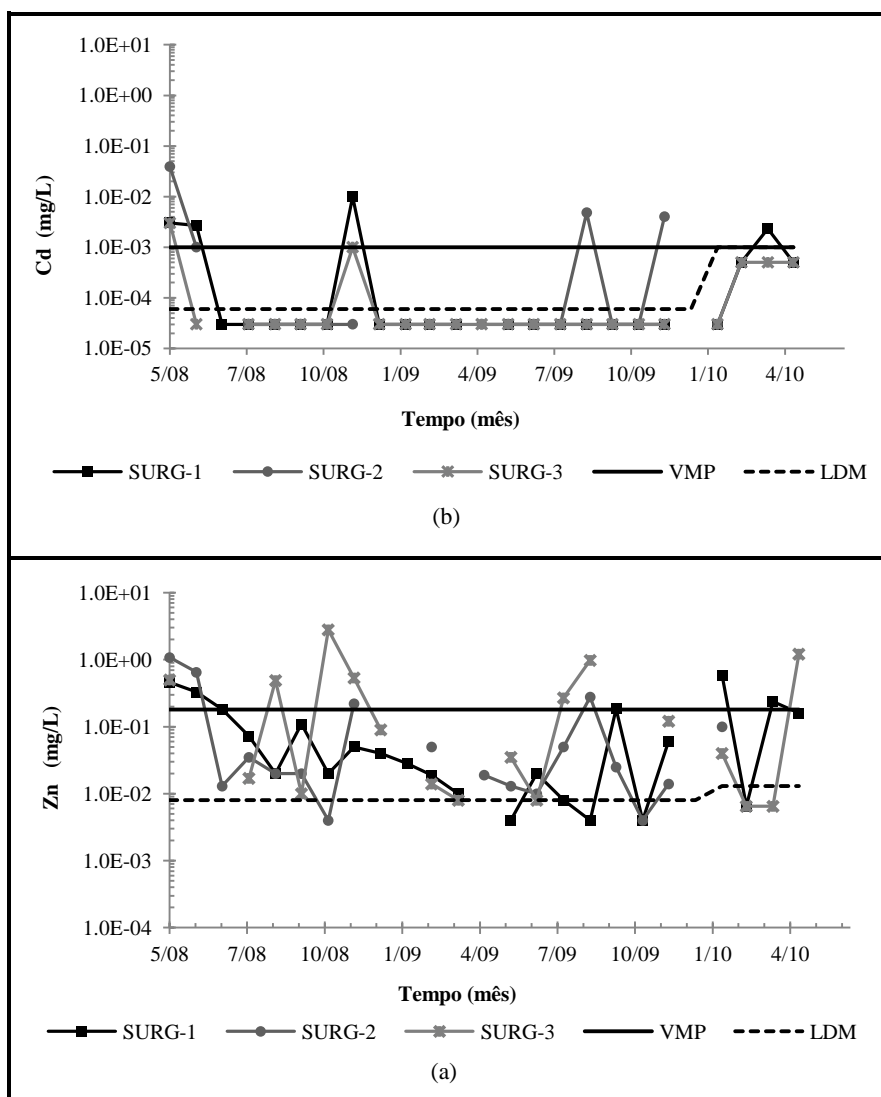


Figura 8.131 – Ocorrências de zinco e de cádmio nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA o zinco foi quantificado com frequências de 87, 89 e de 67%, respectivamente. E o cádmio com frequências de 17, 24 e 9%, nas três surgências, respectivamente.

As frequências elevadas de ocorrências de zinco nas águas monitoradas nas surgências estão associadas à ocorrência de minerais de zinco, no meio hidrogeológico no domínio das rochas pelíticas do Grupo Bambuí.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.131 (a), foram verificadas concentrações de zinco nos seguintes intervalos: de 0,008 a 0,590 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; de 0,010 a 1,08 mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; de 0,008 a 2,80 mg/L, nas águas da surgência do NIA.

As concentrações máximas de zinco foram verificadas em fevereiro de 2010, na surgência da lagoa da Subida da Estação, em maio de 2008, na surgência da Mata da Usina e, na surgência do NIA, em novembro de 2008.

Conforme os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.131 (b), as concentrações de cádmio se apresentaram pequenas, tendo sido verificadas concentrações nos seguintes intervalos: de 0,002 a 0,010 mg/L, nas águas da surgência Subida da Estação; de 0,001 a 0,039mg/L, nas águas da surgência Mata da Usina; de 0,001 a 0,003 mg/L, com nas águas da surgência do NIA.

As concentrações máximas de cádmio foram verificadas em dezembro de 2008, na surgência da lagoa da Subida da Estação, em maio de 2008, na surgência da Mata da Usina e, na surgência do NIA, também em maio de 2008.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de zinco maiores que o valor máximo permitido, de 0,18 mg/L, para águas subterrâneas, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de 2008, com frequência de 30% na surgência da lagoa Subida da Estação; de 25% nas águas da surgência Mata da Usina; e, de 44% nas águas da mina do NIA. E, concentrações de cádmio maiores que o valor máximo permitido, de 0,001 mg/L, foram verificadas com frequência de 100% nas surgências lagoa Subida da Estação e Mata da Usina, e com frequência de 50% na surgência do NIA.

Estão sumarizadas na Tabela 8.53 as concentrações médias, mínimas e máximas verificadas para os constituintes secundários e traços nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

De modo geral, as concentrações reportadas na Tabela 8.53 se apresentaram maiores que os valores médios descritos na literatura e sumarizados na Tabela 8.5.

Fato, em parte, atribuído à dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas. Também, o intemperismo químico intenso, que ocorre em regiões tropicais, como a de Sete Lagoas, onde se encontra a área do estudo, pode acarretar águas mais mineralizadas.

Tabela 8.53 – Concentrações de metais secundários e traços nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Ponto	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
SURG-1	Média	245	216	74.3	24.3	16.7	39.3	2.05	4.51	148
	Mínimo	4.60	40.0	30.0	3.60	7.00	10.0	0.60	2.34	8.00
	Máximo	2360	920	120	50.9	27.0	74.0	3.00	10.0	590
SURG-2	Média	82.8	94.9	25.7	33.9	20.6	-	4.53	-	538
	Mínimo	2.00	39.0	20.0	13.0	12.7	-	3.00	-	8.0
	Máximo	242	160	40.0	170	30.0	-	7.00	-	2800
SURG-3	Média	132	570	30.0	44.0	117	-	4.28	21.9	158
	Mínimo	13.0	100	20.0	7.00	26.0	-	2.00	4.80	10.00
	Máximo	500	1070	60.0	150	290	-	7.00	39.0	1080

As seqüências de abundância dos metais secundários e traços monitorados nas águas dos poços tubulares, foram definidas considerando os metais Fe, Al, Mn, Ba e Zn que foram quantificados com frequências elevadas, em geral, maiores que 60% e, os metais Pb, Cu, Cd e Cr, que foram quantificados com frequências pequenas, menores que 30%.

Desta forma, considerando que as concentrações médias dos metais secundários e traços, determinados nas águas monitoradas, nas surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, representem a abundância desses constituintes, nessas águas, foram estabelecidas as seguintes seqüências em ordem decrescente da abundância:

- surgência Subida da Estação (SURG-1) — Al > Fe > Zn > Mn > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd;
- surgência Mata da Usina (SURG-2) — Zn > Fe > Al > Ba > Mn > Pb > Cr > (Cu > Cd); e,
- surgência do NIA (SUR-3) — Fe > Zn > Al > Ba > Mn > Pb > Cd > Cr > Cu.

### Poços Tubulares de Produção

Os quatro poços do CNPMS (ver as Figuras F12 a F17, no Anexo F), são utilizados para o abastecimento de água potável, das instalações institucionais e das residências existentes em sua área, distribuído da seguinte forma: os poços Matadouro 1 e Matadouro 2, abastecem a sede do CNPMS e as instalações em seu entorno; o poço da lagoa Subida da Estação abastece a vila residencial, nos “Campos de Algodão”, denominação histórica da parte sul do CNPMS;

e, o poço da lagoa Olhos d'Água abastece a sede da Associação dos Empregados da Embrapa, as instalações e residências em seu entorno.

Na área do estudo, foram monitoradas as águas de seis poços tubulares, cujas coordenadas e localização estão sumarizados na Tabela 8.54

Tabela 8.54 – Localização dos poços tubulares de produção monitorados na área do estudo

Poço tubular		Coordenadas UTM		Local
Nome no texto	Plano <sup>(1)</sup>	Norte (m)	Leste (m)	
Matadouro 1	PT-1	587220	7849796	Córrego Matadouro – ponte 2
Matadouro 2	PT-2	587300	7849802	Córrego Matadouro – estrada casinha
Subida da Estação	PT-3	586539	7845745	Lagoa Subida da estação
Olhos d'Água	PT-4	586345	7849775	Lagoa Olhos d'água
Epamig	PT-5	588610	7848641	Epamig – sede
Fazenda Tavares	PT-6	586124	7851108	Fazenda Tavares

(1) Plano de monitoramento

O poço da EPAMIG (ver as Figuras F18 e F19, no Anexo F), fornece água para a sede da instituição e para as instalações institucionais situadas no seu entorno. O poço da fazenda Tavares, (ver as Figuras F20 a F23, no Anexo F), é utilizado para abastecimento da sede da fazenda e instalações no seu entorno.

Os poços tubulares apresentados na Tabela 8.54, são revestidos até alcançar as rochas carbonáticas, em que estão instalados, captando água do aquífero cárstico carbonático, de acordo com os relatórios descritivos da perfuração e instalação desses poços e fichas de cadastro fornecidos pela CPRM e pela Epamig.

### Poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares

#### Pontos de monitoramento PT-1, PT-2, PT-5 e PT-6

Os poços Matadouro 1 e Matadouro 2, com profundidades de 61 e 72 m, respectivamente, foram perfurados e instalados em 1981. O poço da Epamig, com profundidade de 60 m, foi perfurado e instalado em 2004. Esses poços foram instalados na rocha calcária para exploração das águas do aquífero cárstico-carbonático. Apresentaram vazões de 10 L/s (36 m<sup>3</sup>/h), 5,4 L/s (19,44 m<sup>3</sup>/h) e 3,9 L/s (14 m<sup>3</sup>/h), respectivamente, em testes de vazão realizados ao término da instalação (Hidropoços, 1981; 2004). Não foram obtidas informações técnicas sobre o poço da fazenda Tavares.

Na imagem mostrada na Figura 8.132 estão apontados os pontos de monitoramento descritos na Tabela 8.52.



Figura 8.132 – Locais dos poços de produção Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

Fonte: Google Earth, 2011

Nos hidrogramas da Figura 8.133 (a) e 8.133 (b) estão apresentados as variações temporais do parâmetro pH nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares.

De acordo com os hidrogramas, na Figura 8.133 (a), as águas dos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2 apresentaram valores de pH, variando entre 7,4 e 8,2 e, praticamente, coincidentes, não considerando o mínimo verificado nas águas do poço Matadouro 2, em setembro de 2009. Os valores de pH, reportados nesses hidrogramas, se apresentaram com variabilidade semelhantes.

Os valores de pH reportados nos hidrogramas na Figura 8.133 (b), verificados nas águas dos poços da Epamig e da fazenda Tavares se apresentaram menores que os valores verificados nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, e com maiores amplitudes de variação.

No poço da Epamig as águas se apresentaram menos alcalinas, enquanto que as águas do poço da fazenda Tavares se apresentaram com valores de pH mais próximos dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, os seja mais alcalinas considerando o pH.

Diferentemente da variabilidade do pH verificada nas águas das cisternas, a amplitude das variações do pH foram menores nas águas dos poços tubulares de produção.

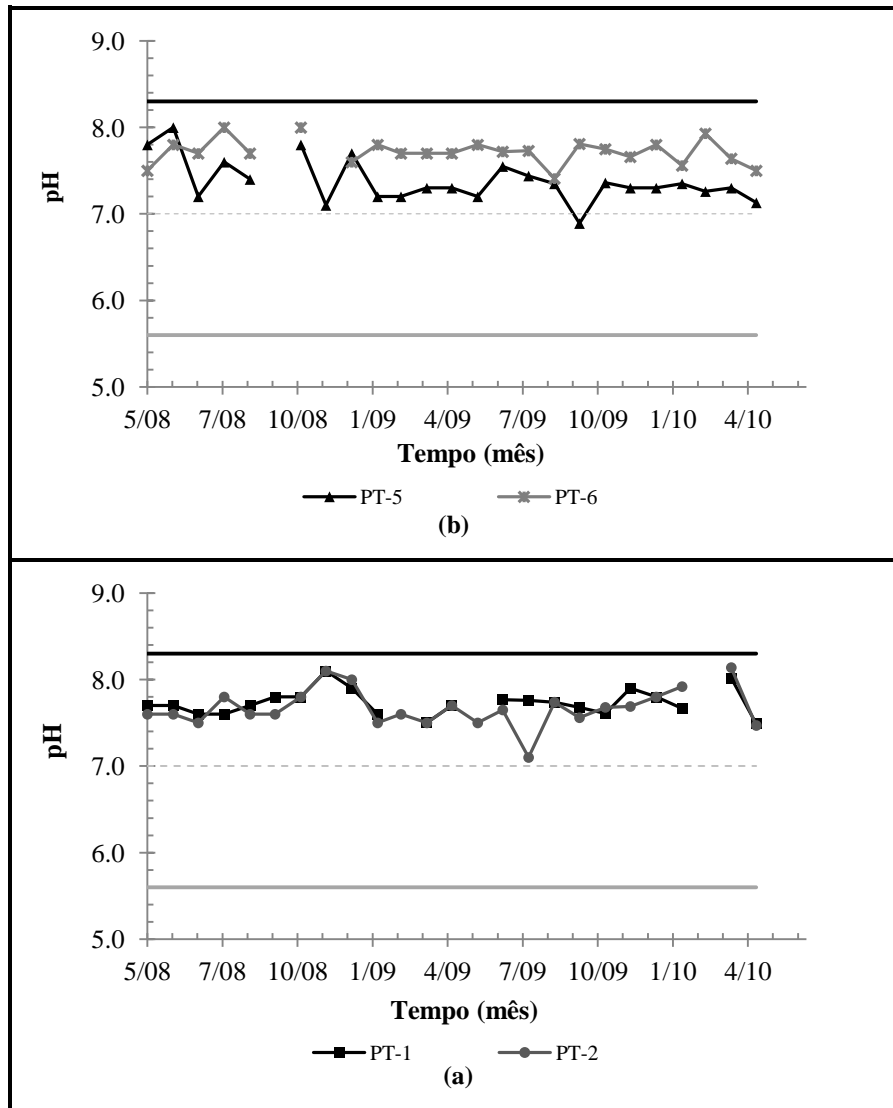


Figura 8.133 – Variabilidade do pH nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

O comportamento temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares está descrito nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.134 e 8.135.

Os parâmetros CE e STD nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro se apresentaram, com variações pequenas e praticamente, coincidentes. As condutividades elétricas verificadas nesses poços variaram de 220 a 270  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , enquanto as concentrações de STD variaram no intervalo de 150 a 200  $\text{mg}/\text{L}$ .

Os parâmetros CE e STD nas águas dos poços Epamig e da fazenda Tavares apresentaram variações maiores que nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 pequenas e comportamentos distintos. No poço Epamig o parâmetro CE variou de 185 a 262  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e no poço da fazenda Tavares

Tavares variou de 280 a 385  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , ignorando os dois valores mínimos nos hidrogramas da Figura 8.81 (a).

As concentrações de sólidos totais dissolvidos nos poços Epamig e da fazenda Tavares variaram nos intervalos de 72 a 208 mg/L e de 172 a 282 mg/L respectivamente, não considerando os valores mínimos.

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 8.91 e 8.92 os parâmetros condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD, se apresentaram com pequena variabilidade nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, indicando águas semelhantes.

Nas águas dos poços Epamig e fazenda Tavares tanto o parâmetro condutividade elétrica, quanto o sólidos totais dissolvidos, se apresentaram com variabilidade alta, o que indica maior variação nas concentrações iônicas em suas águas.

De modo geral, os valores dos parâmetros potencial hidrogeniônico, pH, condutividade elétrica, CE e sólidos totais dissolvidos, STD reportados nos diagramas mostrados nas Figura 8.91 a 8.92 se apresentaram semelhantes aos valores, desses parâmetros, verificados nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da lagoa Olhos d'Água, e caracterizam águas alcalinas, de condutividade média, condizentes com águas de circulação rápida.

De acordo com ANA (2007), as águas do aquífero cárstico Bambuí apresentam condutividade elétrica na faixa de 42 a 2236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com valores médios em torno de 463  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os valores da condutividade elétrica verificados nas águas dos poços tubulares, na área do estudo, se apresentaram menores que o valor médio, da condutividade elétrica, nas águas do aquífero Bambuí, conforme ANA (2007).

No entanto, as condutividades elétricas em águas de aquíferos cársticos podem se apresentar com menores concentrações iônicas, devido à maior rapidez do fluxo e, portanto, com menores condutividades elétricas.

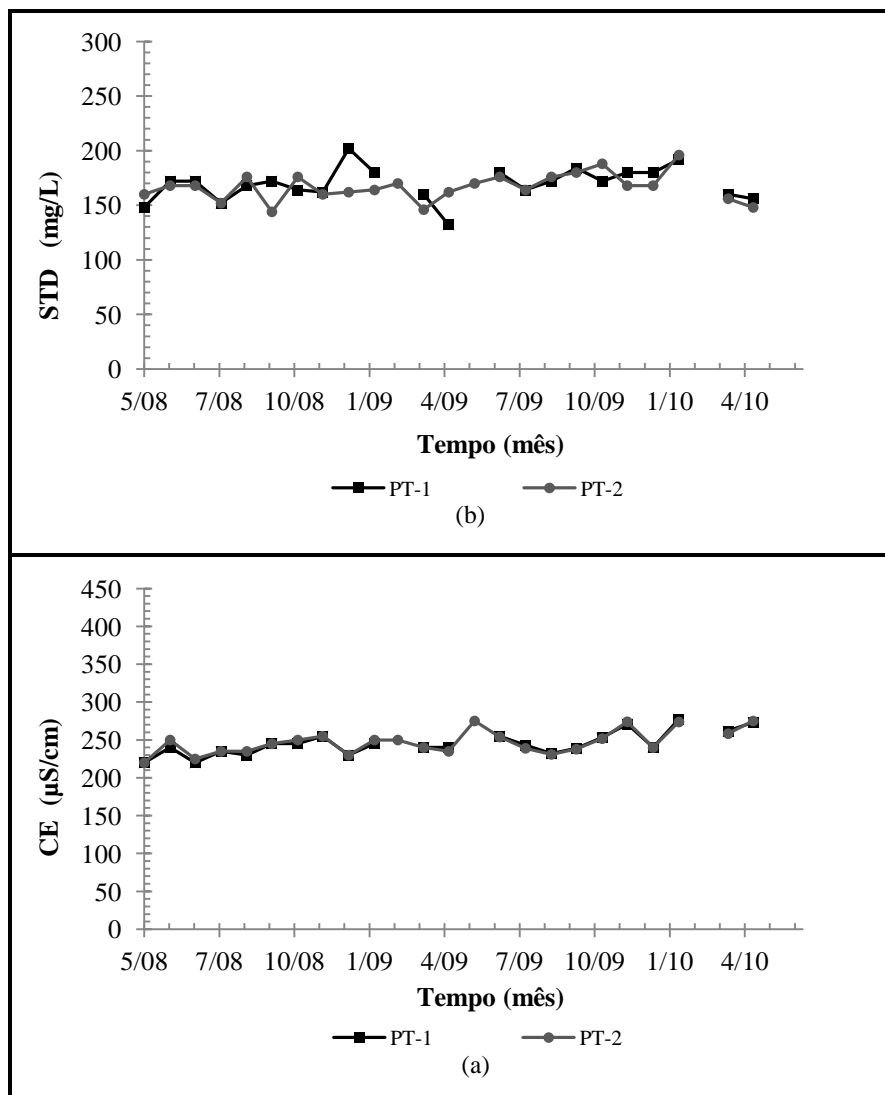


Figura 8.134 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2

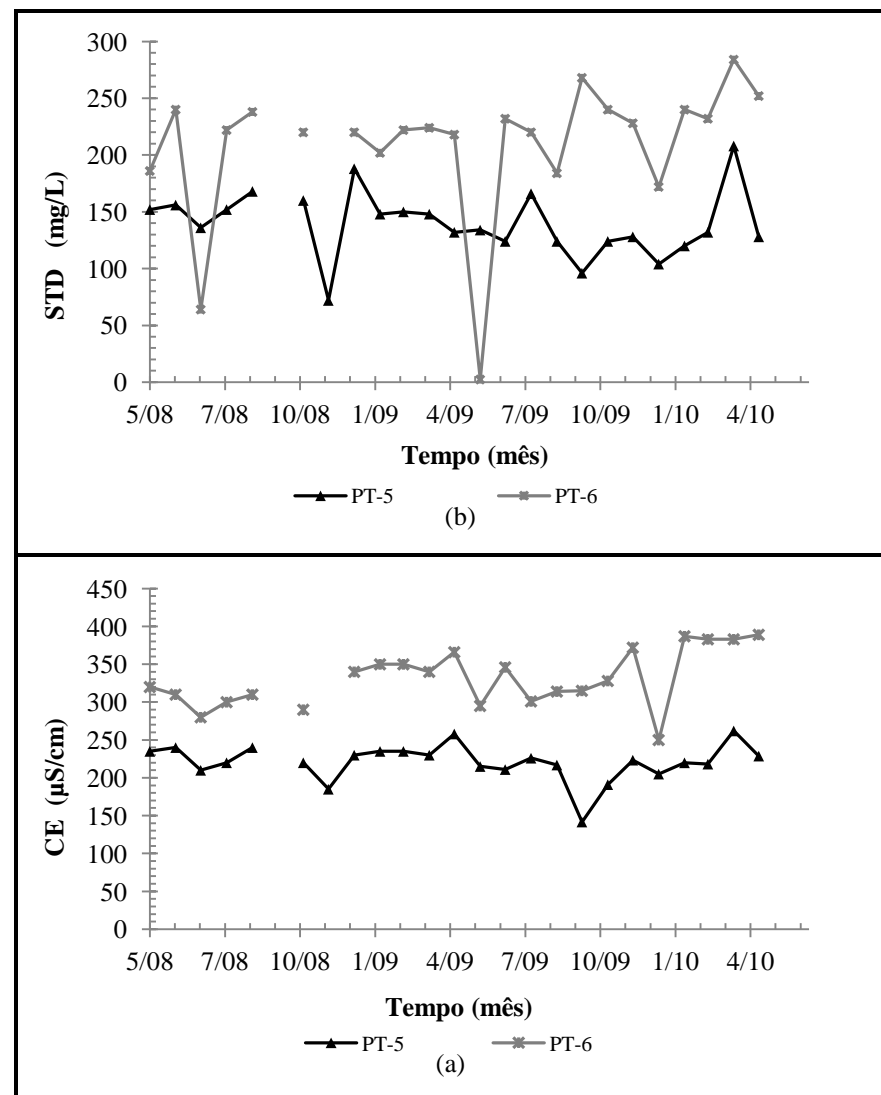


Figura 8.135 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD pH nos poços da Epamig e da fazenda Tavares



Considerando os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, estão apresentados na Tabela 8.55 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Tabela 8.55 – Parâmetros pH, CE e STD nos poços Matadouro 1(PT-1) Matadouro 2 (PT-2), Epamig (PT-5) e fazenda Tavares (PT-6)

Ponto	Estatísticas	pH	CE	STD
PT-1	Média	7.67	247	167
	Desvio padrão	0.22	16	13
	Mínimo	7.10	220	144
	Máximo	8.14	275	196
	Amplitude	1.04	55	52
PT-2	Média	7.73	245	169
	Desvio padrão	0.15	16	15
	Mínimo	7.49	220	132
	Máximo	8.10	277	202
	Amplitude	0.61	57	70
PT-5	Média	7.38	221	140
	Desvio padrão	0.25	24	29
	Mínimo	6.89	142	72
	Máximo	8.00	350	240
	Amplitude	1.11	208	168
PT-6	Média	7.72	331	209
	Desvio padrão	0.15	38	62
	Mínimo	7.41	250	2
	Máximo	8.00	389	284
	Amplitude	0.59	139	282

Os valores dos parâmetros pH, CE e STD, reportados na Tabela 8.55, para os poços Matadouro 1 e Matadouro 2 indicam águas de mesma origem. Assim é admitido que esses poços exploram águas com tempos de residência semelhantes e, possivelmente, da mesma camada aquífera.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.55, o poço Epamig apresentou águas menos alcalinas e menos mineralizadas que os demais.

O poço fazenda Tavares apesar de apresentar o mesmo pH médio, que os poços Matadouro 1 e 2, apresentou valores bem maiores dos parâmetros CE e STD, o que indica águas com maior tempo de residência, mais mineralizadas.

Em razão dos valores dos parâmetros pH, CE e STD reportados na Tabela 8.53, pode ser admitido que os poços Matadouro 1 e 2, Epamig e fazenda Tavares exploram águas de mesma fácies hidroquímica.

Do ponto de vista ambiental os valores do parâmetro pH e do parâmetro STD, reportados na Tabela 8.55, para as águas dos poços Matadouro 1 Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares não indicaram águas impactadas e se apresentaram de acordo com os valores estabelecidos para águas subterrâneas, conforme a resolução CONAMA No 396, de dezembro de 2008.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.55:

- poço Matadouro 1 (PT-1) — pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $247 \pm 16$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $167 \pm 13$ ) mg/L;
- poço Matadouro 2 (PT-2) — pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $245 \pm 16$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $169 \pm 15$ ) mg/L;
- poço Epamig (PT-5) — pH ( $7,4 \pm 0,3$ ), condutividade elétrica ( $221 \pm 24$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $140 \pm 29$ ) mg/L;
- poço da fazenda Tavares (PT-6) — pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $331 \pm 38$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $209 \pm 62$ ) mg/L;

### **Constituintes principais nos poços Matadouro1, Matadouro 2 Epamig e fazenda Tavares**

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.56, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nos poços tubulares Matadouro1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

As concentrações reportadas na Tabela 8.56, mostram que as águas dos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares se apresentaram com concentrações dominantes dos íons cálcio e bicarbonato, denotando a origem comum dessas águas.

Os resultados reportados na Tabela 8.56, mostram que as concentrações médias dos íons cálcio e bicarbonato, em miliequivalentes por litro, se apresentaram em conformidade estequiométrica, nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 e Epamig. O poço da fazenda Tavares, apresentou deficiência de bicarbonato.

Tabela 8.56 – Constituintes principais nos poços Matadouro 1(PT-1) Matadouro 2 (PT-2), Epamig (PT-5) e fazenda Tavares (PT-6)

Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
PT-1	Média	2,60	0,210	0,014	0,067	2,85	0,075	0,101	0,160
	Desvio padrão	0,170	0,035	0,014	0,017	0,133	0,012	0,129	0,220
	Mínimo	2,33	0,152	0,005	0,045	2,63	0,056	0,020	0,017
	Máximo	2,91	0,290	0,062	0,105	3,06	0,093	0,450	0,589
	Amplitude	0,585	0,138	0,057	0,060	0,430	0,037	0,430	0,573
PT-2	Média	2,66	0,217	0,016	0,061	2,79	0,086	0,144	0,026
	Desvio padrão	0,175	0,027	0,016	0,025	0,174	0,043	0,154	0,010
	Mínimo	2,22	0,176	0,005	0,017	2,50	0,056	0,014	0,010
	Máximo	2,85	0,288	0,062	0,107	3,07	0,212	0,398	0,035
	Amplitude	0,625	0,112	0,057	0,090	0,572	0,155	0,384	0,025
PT-5	Média	2,42	0,041	0,010	0,079	2,48	0,089	0,098	0,071
	Desvio padrão	0,448	0,033	0,004	0,019	0,303	0,019	0,109	0,032
	Mínimo	1,30	0,018	0,005	0,052	1,62	0,059	0,018	0,033
	Máximo	3,36	0,155	0,023	0,122	2,95	0,121	0,309	0,110
	Amplitude	2,06	0,136	0,018	0,070	1,33	0,062	0,291	0,077
PT-6	Média	3,88	0,077	0,013	0,059	3,81	0,085	0,106	0,061
	Desvio padrão	0,518	0,043	0,004	0,042	0,332	0,031	0,135	0,038
	Mínimo	2,74	0,053	0,006	0,004	2,99	0,056	0,020	0,002
	Máximo	4,59	0,242	0,019	0,112	4,30	0,144	0,423	0,102
	Amplitude	1,85	0,188	0,014	0,108	1,31	0,087	0,403	0,100

As águas dos poços Matadouro 1 e 2 se apresentaram mais ricas em magnésio e as águas do poço Epamig se apresentaram mais ricas em sódio. O potássio ocorreu em concentrações semelhantes nos quatro poços.

Com exceção do poço Epamig, cujas águas se apresentaram mais ricas em sódio, as concentrações de cloreto se apresentaram em conformidade com a soma das concentrações de sódio e de potássio.

As razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , para as águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig, e fazenda Tavares, na Tabela 8.54 foram, respectivamente: 0,2; 0,2; 0,03; e, 0,02.

As águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, conforme os resultados reportados na Tabela 8.54, corroborado pelos valores da razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , se apresentaram enriquecidas em magnésio, porém os valores desta razão não indicam influência de rochas dolomíticas. Para os poços Epamig e fazenda Tavares a razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  apresentou valores médios muito pequenos, o que indica águas que não sofreram influência de rochas dolomíticas.

Admite-se, em parte, como fonte de magnésio nas águas captadas pelos poços tubulares, a dissolução de minerais magnesianos, tais como magnesita, dolomita e outros, presentes secundariamente nas rochas carbonáticas.

Nas águas subterrâneas não poluídas, inclusive de aquíferos carbonáticos, o teor de sódio apresenta-se, em geral, maior que o de magnésio e o de cloreto, maior que o teor de nitrato. Nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação o magnésio apresentou-se maior que o sódio e o nitrato maior que o cloreto.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.56, com exceção do cálcio e do bicarbonato, as concentrações dos demais constituintes principais se apresentaram menores que os valores médios, para águas subterrâneas, descritos na Tabela 8.3.

As concentrações de cloreto, nitrato e sulfato se apresentaram menores que os valores máximos permitidos, estabelecidos na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008 para águas subterrâneas.

Conforme os resultados reportados na Tabela 8.56 verifica-se que as concentrações dos constituintes principais, monitoradas nos poços tubulares, se apresentaram dentro da faixa de concentrações, para águas subterrâneas, sumarizadas na Tabela 8.3.

Considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  está apresentado na Figura 8.136, o diagrama de Piper para as águas nos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

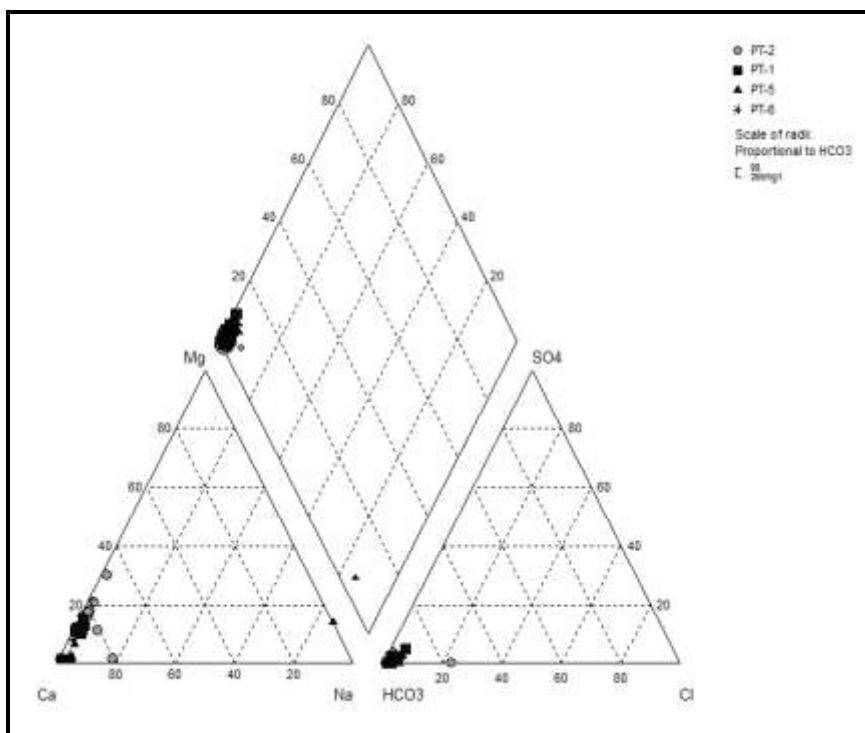


Figura 8.136 – Diagrama de Piper — poços Matadouro 1 Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

O diagrama de Piper apresentado na Figura 8.136, confirma a hidroquímica dos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, ou seja, suas águas se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

De acordo com o diagrama de Piper, na Figura 8.136 que o padrão hidroquímico apresentado para as águas dos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares é fortemente homogêneo, no caso dos poços Matadouro 1, Epamig e fazenda Tavares, caracterizando águas de fácies hidroquímica cálcicas-bicarbonatadas, bem semelhantes.

As águas do poço Matadouro 2, também se apresentaram cálcicas-bicarbonatadas, no entanto com menores concentrações de cálcio e com algum magnésio.

Ainda, de acordo com o diagrama de Piper na Figura 8.136, as concentrações de bicarbonato apresentaram menor dispersão que as concentrações de cálcio. Também, as concentrações dos demais constituintes, a saber, magnésio, potássio, cloreto e sulfato, não se apresentaram suficientemente grandes, para mostrar alguma alteração na hidroquímica das águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação.

Uma síntese das ocorrências dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, nas águas desses quatro poços está representada nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.137 (a) e 8.137 (b).

De acordo com os teores reportados no diagrama na Figura 8.137 (a), com exceção das águas do poço da Epamig, que se apresentaram enriquecidas em sódio, as águas monitoradas nos Matadouro 1, Matadouro 2 e fazenda Tavares, se apresentaram mais ricas em magnésio.

O potássio se apresentou com teores maiores nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e fazenda Tavares, as águas monitoradas no poço da Epamig se apresentaram pobres em potássio, conforme reportado no diagrama na Figura 8.137 (b).

De acordo com os teores reportados no diagrama na Figura 8.137 (b), as águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e da fazenda Tavares se apresentaram com teores semelhantes de cloreto, no poço da Epamig as águas se apresentaram com maiores teores de cloreto.

O teor de nitrato se apresentou mais forte nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e da fazenda Tavares e fraco nas águas do poço da Epamig, de acordo com os teores reportados no diagrama na Figura 8.137 (b).

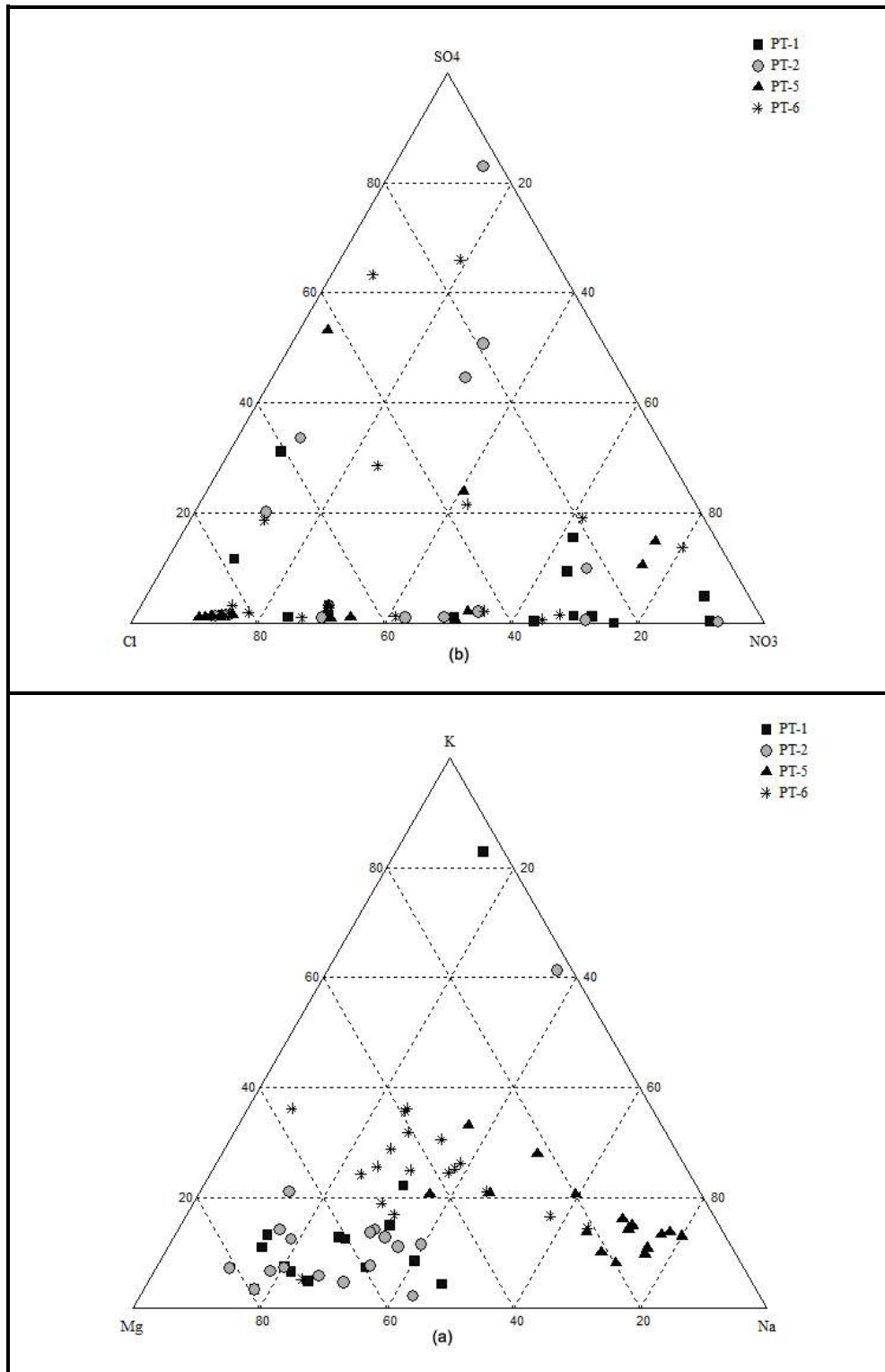


Figura 8.137 – Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nos poços Matadouro 1 Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

De acordo com os teores reportados no diagrama da Figura 8.137 (b), o sulfato ocorreu em teores pequenos nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e da fazenda Tavares, em geral, menores que os teores de cloreto e de nitrato. Porém, se apresentaram mais fortes nas águas dos poços Matadouro 2 e da fazenda Tavares.

Para as águas monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares, foram verificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.81:

- poços Matadouro (PT-1) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{NO}_3 > \text{Cl}$ .
- poços Matadouro (PT-2) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .
- poço Epamig (PT-5) —  $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{K}; \text{e}, \text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .
- poço fazenda Tavares (PT-6) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K} \text{ e } \text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .

### **Ocorrência Metais Secundários e Traços**

Nas águas subterrâneas monitoradas nos 6 poços de produção, na área do estudo, foram verificadas ocorrências dos metais alumínio, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês e zinco. Entre esses metais, o alumínio, o ferro, o bário e o zinco foram quantificados com frequência maior que 30 %, durante os 24 meses do monitoramento.

Entre os metais quantificados o ferro é considerado como um constituinte principal nas águas subterrâneas em Santos (1997, 2008) e como um constituinte secundário em Domenico e Schwartz (1990).

As ocorrências desses metais, nas águas dos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares estão reportadas em hidrogramas distintos para melhor clareza. Nesses hidrogramas estão reportadas as concentrações totais dos metais que foram quantificados nas águas dos poços de produção.

### **Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo**

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca o padrão estabelecido para águas subterrâneas e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.138(a) e 8.138(b), estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de alumínio verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

54, 72 e 75 %, nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, respectivamente.

Nas águas desses poços foram verificadas concentrações de alumínio nos seguintes intervalos: de 0,008 a 0,230 mg/L, no poço Matadouro 1 (PT-1); de 0,003 a 0,250 mg/L, no poço Matadouro 2 (PT-2); de 0,010 a 1,05 mg/L, no poço Epamig (PT-5); e de 0,005 a 0,190 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de alumínio foram verificadas, nas águas amostradas no poço Matadouro 1, em março de 2009, no poço Matadouro 2, em novembro de 2009, no poço Epamig, em setembro de 2009 e no poço fazenda Tavares, em maio de 2009.

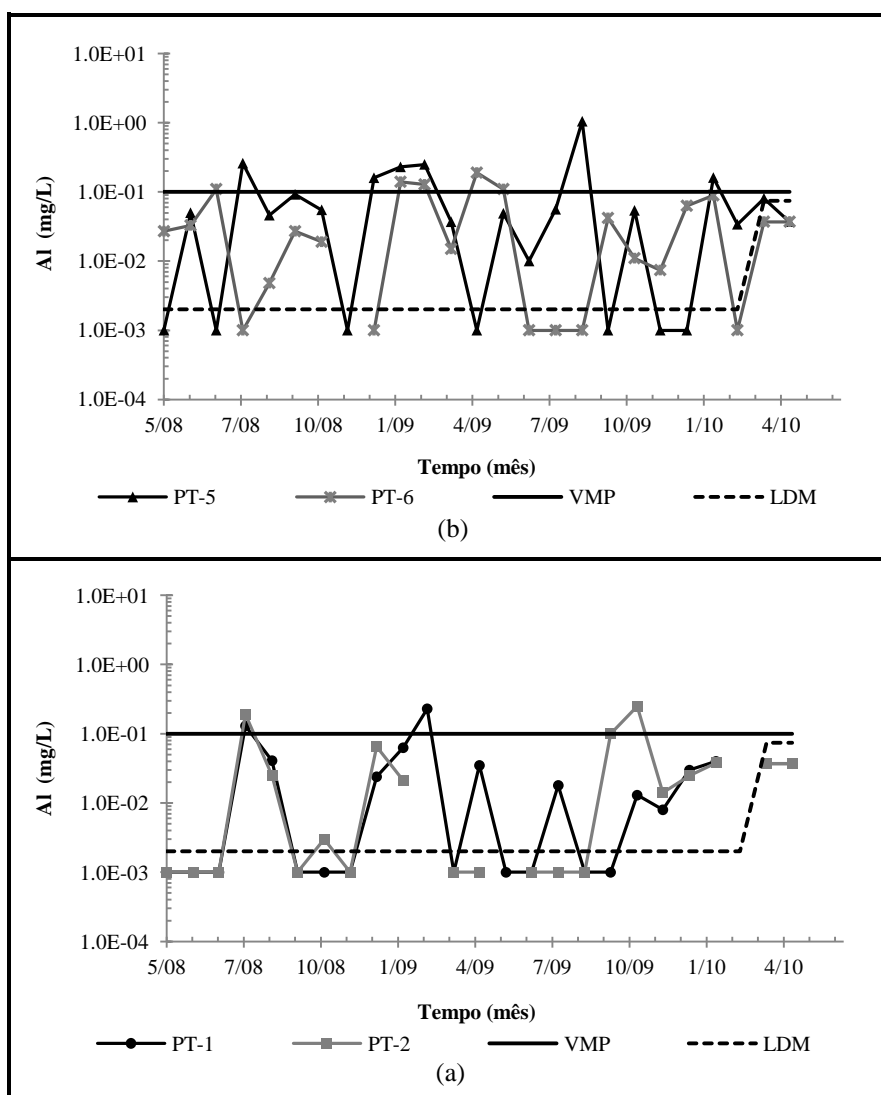


Figura 8.138 – Ocorrências de alumínio nos poços Matadouro 1 Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares



Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de alumínio maiores que o valor máximo de 0,1 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, com as seguintes frequências: 15% no poço Matadouro 1; 17 % no poço Matadouro 2; 33% no poço Epamig; e, 28% no poço fazenda Tavares.

Na Figura 8.139 e 8.140 estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de ferro e de manganês, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

Do ponto de vista geoquímico o ferro e o manganês se assemelham, entretanto o manganês por ser menos abundante nas rochas é menos frequente nas águas subterrâneas. Nas rochas carbonáticas, em média, o teor de manganês alcança cerca de 0,11% e o de ferro 0,33% de acordo com Faure (1998).

No período de monitoramento o ferro foi quantificado com frequência de 54, 36, 96 e 83 %, e o manganês com frequência de 21, 23, 44 e 21% nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, respectivamente.

Nas águas desses poços foram verificadas concentrações de ferro nos seguintes intervalos: de 0,039 a 0,140 mg/L, no poço Matadouro 1 (PT-1); de 0,039 a 0,094 mg/L, no poço Matadouro 2 (PT-2); de 0,039 a 3,31 mg/L, no poço Epamig (PT-5); e, de 0,039 a 1,20 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de ferro foram verificadas, no poço Matadouro 1, em junho de 2009, no poço Matadouro 2, em novembro de 2009, no poço Epamig, em fevereiro de 2009 e no poço fazenda Tavares, em abril de 2009.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de ferro maiores que o valor máximo de 0,3 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, com as seguintes frequências: 79 % no poço Epamig; e, 15% no poço fazenda Tavares. E concentrações de manganês maiores que o valor máximo de 0,1 mg/L, conforme a mesma resolução CONAMA com as seguintes frequências: 17 % no poço Matadouro 2; e, 9 % no poço Epamig.

Conforme os diagramas apresentados Figura 8.139 (a) e 8.139 (b), o ferro se apresentou em concentrações maiores nas águas monitoradas no poço da Epamig. Nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 as concentrações destes metal foram praticamente iguais.

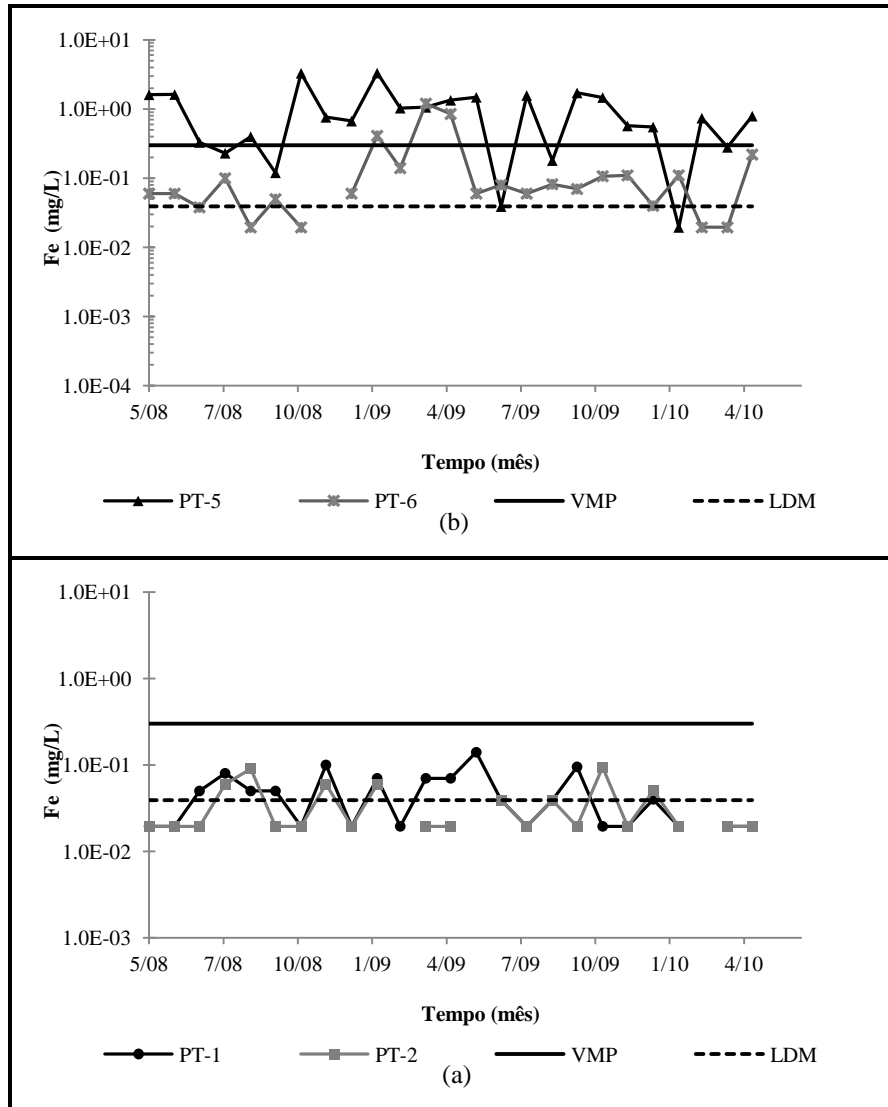


Figura 8.139 – Ocorrências de ferro nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

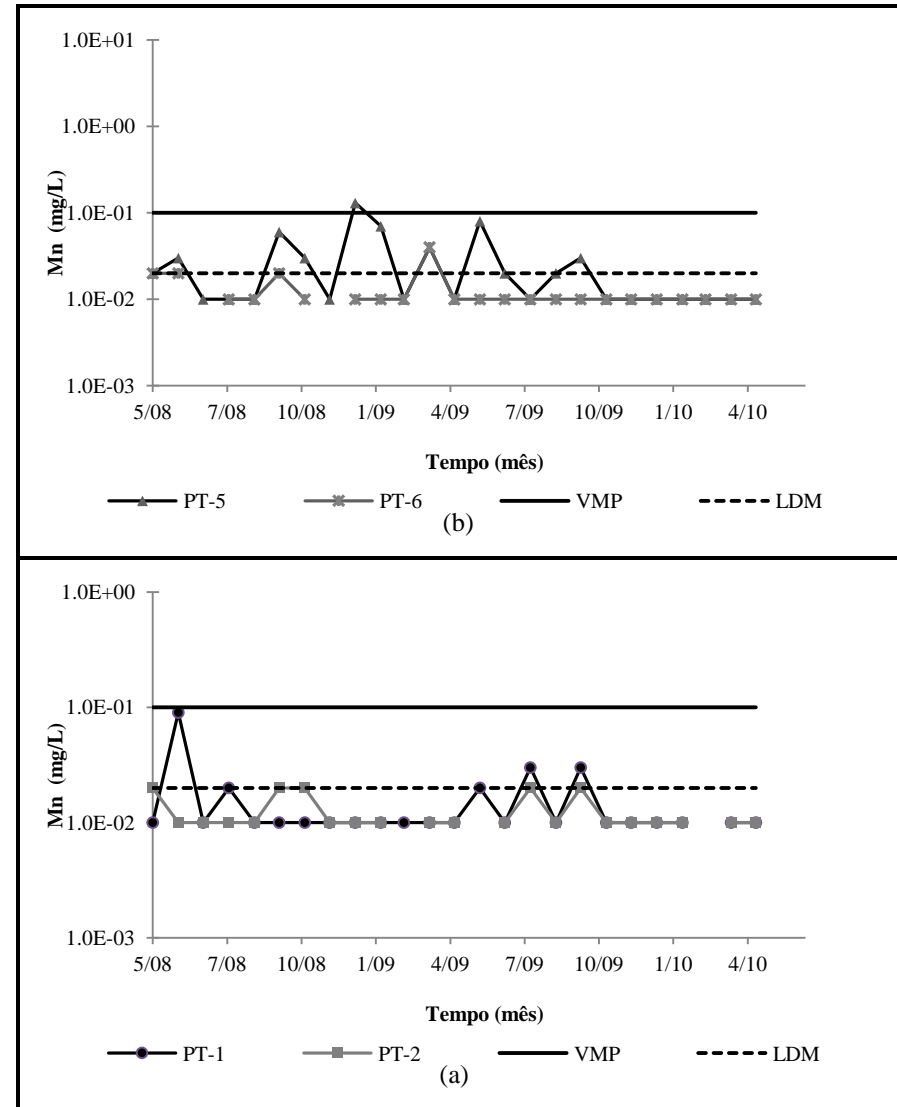


Figura 8.140 – Ocorrências de manganês nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

Foram determinadas concentrações de manganês nos seguintes intervalos: de 0,020 a 0,090 mg/L, no poço Matadouro 1 (PT-1); de 0,020 a 0,130 mg/L, no poço Epamig (PT-5); e de 0,020 a 0,040 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de manganês foram verificadas, no poço Matadouro 1, em junho de 2008, no poço Matadouro 2, em janeiro de 2009, no poço Epamig, em fevereiro de 2009 e no poço fazenda Tavares, em abril de 2009.

Nas águas do poço Matadouro 2 (PT-2) o manganês foi quantificado em três meses, durante o período monitorado, com concentrações iguais ao limite de detecção do método de análise, a saber 0,020 mg/L.

De acordo com os resultados reportados hidrogramas apresentados nas Figuras 8.95 a 8.97 as águas subterrâneas monitoradas nos poços da Epamig (PT-5) se apresentaram mais ricas em alumínio, ferro e manganês.

A turbidez nefelométrica elevada, em média, 20 UNT nas águas do poço da Epamig é indicativa do aporte de material terrígeno para o seu interior. A dissolução deste material por ação do ácido nítrico utilizado na preservação das amostras de água, pode ter elevado as concentrações destes metais, presentes no material como óxidos.

De acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.139 (a) e 8.139 (b) as águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 se apresentaram mais pobres em ferro que as águas monitoradas nos poços da Epamig e da fazenda Tavares.

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.97, o manganês foi mais abundante nas águas do poço da Epamig, nas quais se apresentou em concentrações maiores. Nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 as concentrações de manganês se apresentaram semelhantes.

De acordo com os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.140 (a) e 8.140 (b), as águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e da fazenda Tavares se mostraram pobres em manganês.

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados, nas Figuras 8.138, 8.139 e 8.140, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares estão sintetizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.141.

De acordo com o diagrama ternário apresentado na Figura 8.141, as águas dos poços de produção Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares se apresentaram mais ricas em ferro, e secundariamente com maiores teores de alumínio que de manganês, portanto pobres em manganês.

As concentrações de alumínio, ferro e manganês sumarizadas no diagrama ternário na Figura 8.141 não se apresentaram grandes o suficiente para denotar alguma anomalia geoquímica, nas águas do meio hidrogeológico pelito-carbonático, explotadas através dos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

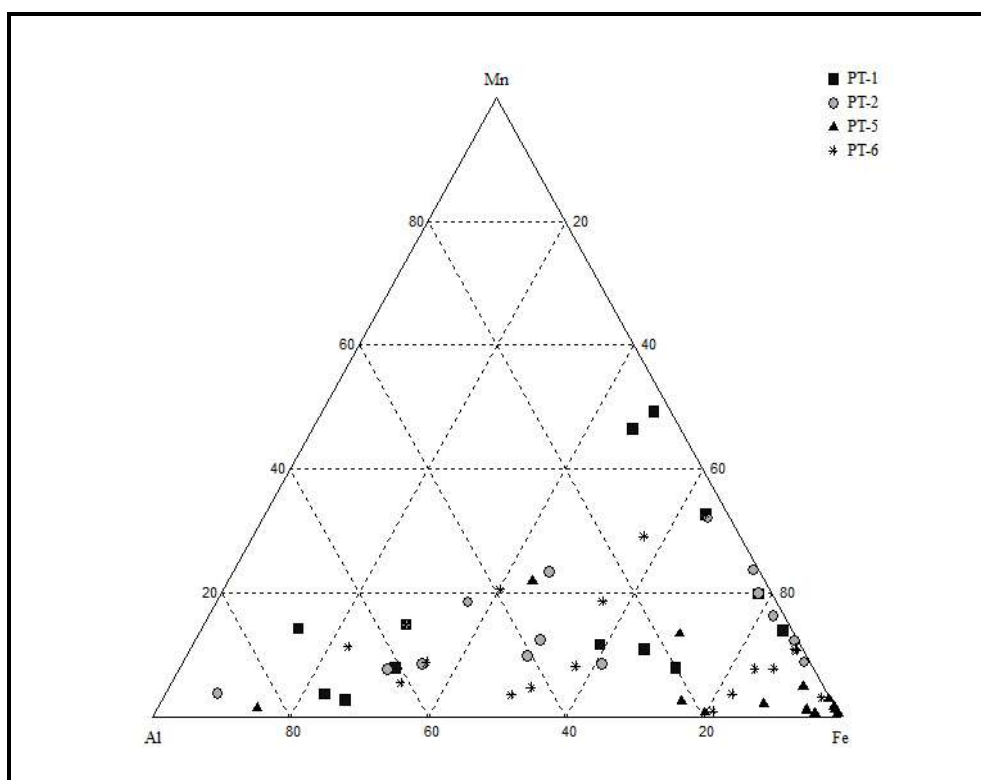


Figura 8.141 – Teores de alumínio, ferro e manganês nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

Conforme os resultados reportados no diagrama ternário mostrado na Figura 8.98, as águas de monitoradas nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, em geral, se apresentaram mais pobres em alumínio, ferro e manganês que as águas monitoradas nas cisternas.

Na Figura 8.142 (a) e 8.142 (b) estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de bário, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

No período de monitoramento o bário foi quantificado com frequência de 75, 64, 84 e 92%, nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, respectivamente.

Nas águas desses poços foram verificadas concentrações de bário nos seguintes intervalos: de 0,002 a 0,170 mg/L, no poço Matadouro 1 (PT-1); de 0,002 a 0,140mg/L, no poço Matadouro 2 (PT-2); de 0,004 a 0,110 mg/L, no poço Epamig (PT-5); e de 0,005 a 0,161 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de bário foram verificadas, nas águas amostradas nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, e da Epamig, em dezembro de 2008 e no poço fazenda Tavares, em janeiro de 2010.

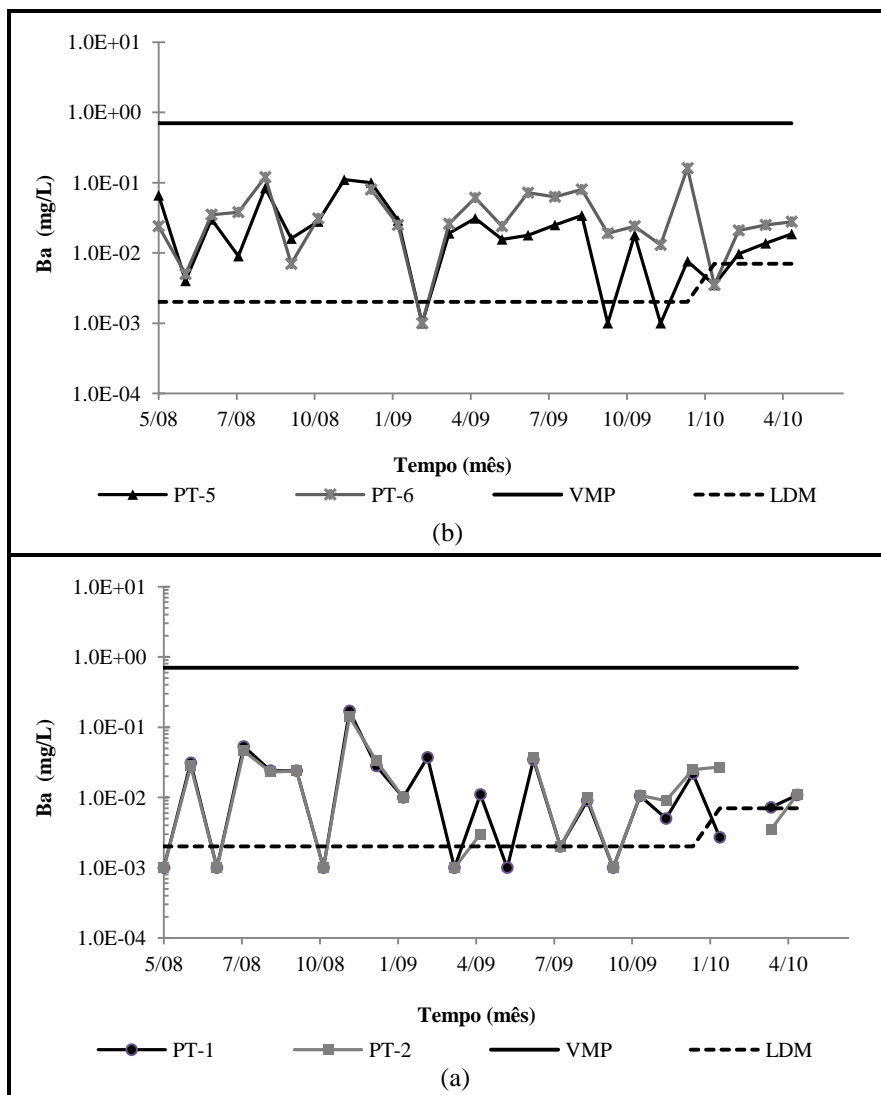


Figura 8.142 – Ocorrências de bário nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

apresentaram praticamente iguais nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas ocorrências desse metal, maiores que valor máximo permitido de 0,7 mg/L, estabelecido pela resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, conforme os hidrogramas apresentados da Figura 8.142.

As frequências elevadas de ocorrências de bário nas águas monitoradas nos poços de produção, primariamente, estão associadas à ocorrência de minerais de bário, no meio hidrogeológico pelito-carbonático do Grupo Bambuí.

Na Figura 8.143 estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cromo, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

No período de monitoramento o cromo foi quantificado com frequência de 25, 18, 24 e 25%, nos poços de produção Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, respectivamente.

Nas águas desses poços foram verificadas concentrações de cromo nos seguintes intervalos: de 0,001 a 0,008 mg/L, no poço Matadouro 1; de 0,001 a 0,008 mg/L, no poço Matadouro 2; de 0,001 a 0,023 mg/L, no poço da Epamig; e de 0,001 a 0,005 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de cromo foram verificadas, no poço Matadouro 1, em dezembro de 2008, no poço Matadouro 2, em dezembro de 2008, no poço Epamig, em junho de 2008 e no poço fazenda Tavares, em junho de 2009.

As concentrações de cromo nas águas subterrâneas monitoradas nos poços tubulares, são características de constituintes traço, ou seja, da ordem de unidades de microgramas. Grosso modo, nas águas dos poços de produção, ao cromo foi quantificado no intervalo de 1 a 8 µg/L, com média de 3,5 µg/L.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações do metal, maiores que o valor máximo permitido de 0,05 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, conforme os diagramas apresentados na Figura 8.100.

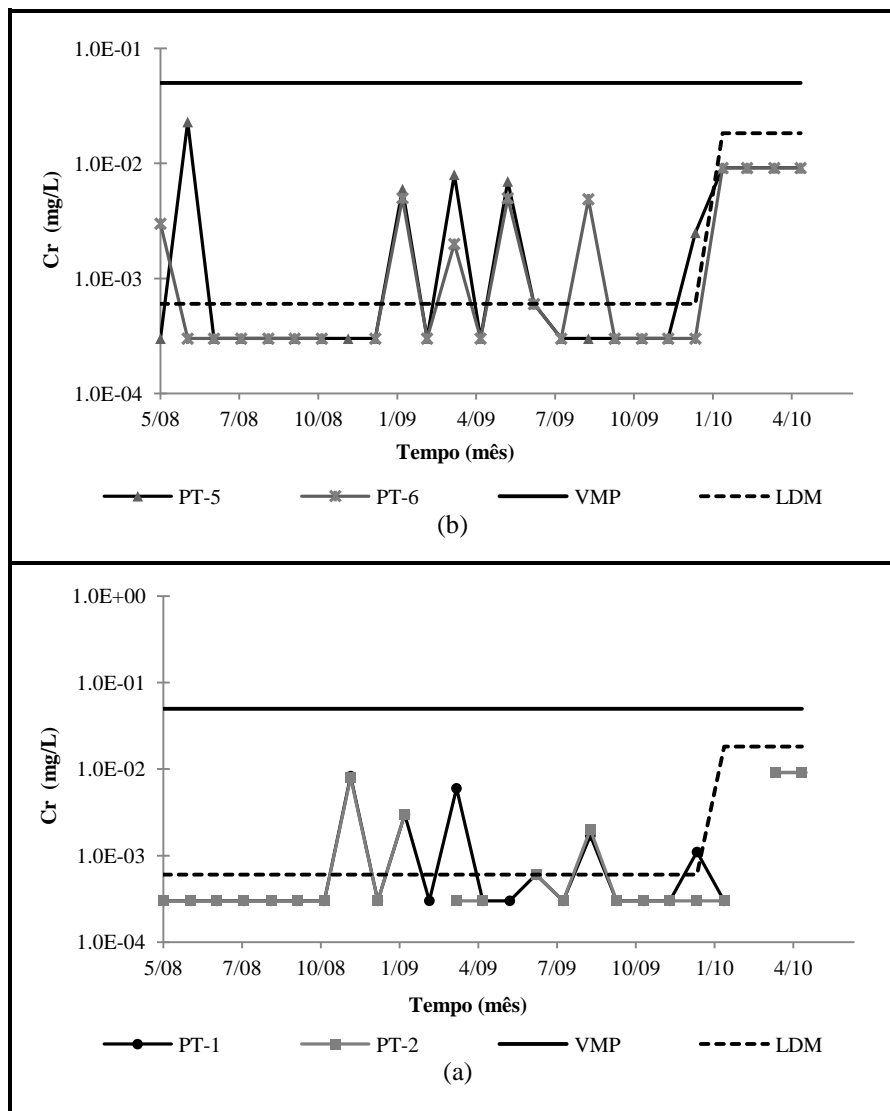


Figura 8.143 – Ocorrências de cromo nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

Conforme apresentado nos diagramas nas Figuras 8.142 e 8.143, a partir de dezembro de 2010, foram adotados métodos de análise para o bário e para o cromo com limites de detecção mais altos, o que certamente irá reduzir as quantificações desses metais nas águas naturais.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares foram quantificados os metais bário, chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento. Os hidrogramas para as ocorrências desses metais são apresentados a seguir.

Na Figura 8.144 estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de chumbo, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

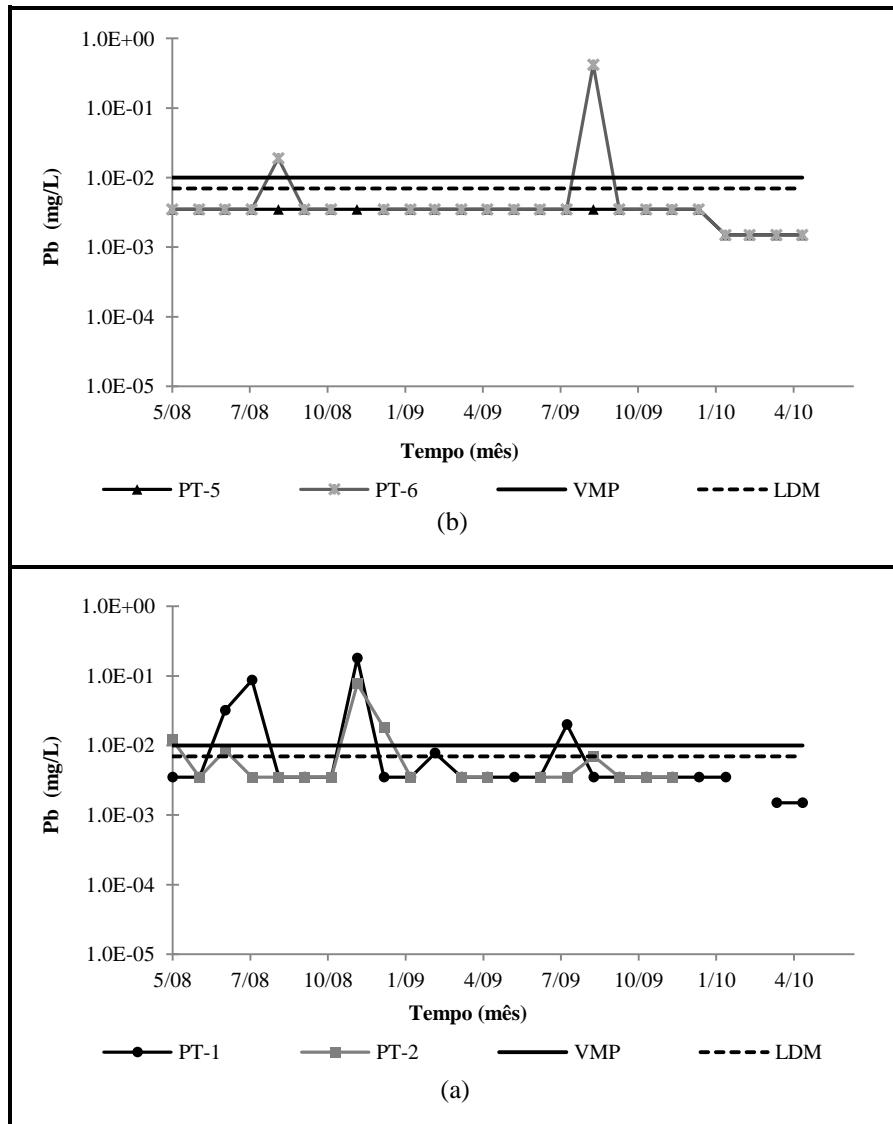


Figura 8.144 – Ocorrências de chumbo nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

O intemperismo dos minerais contendo chumbo, ou de rochas com mineralizações de chumbo, em geral, produz substâncias insolúveis pouco móveis, que acarretam baixas concentrações de chumbo nas águas naturais (O’Neil, 1998).

O chumbo foi quantificado com frequências de 17, 23 e de 8% nos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e fazenda Tavares, respectivamente. Este metal não foi quantificado no poço da Epamig.

Considerando as frequências absolutas o chumbo foi quantificado apenas em cinco meses do monitoramento, nos poços de produção Matadouro 1 (PT-1) e Matadouro 2 (PT-1), e apenas em dois meses no poço da fazenda Tavares, de acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.144.



Entretanto, do ponto de vista ambiental, as concentrações de chumbo se apresentaram maiores que o valor máximo permitido de 0,01 mg/L estabelecido pela resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008.

Nas águas desses poços foram verificadas concentrações de chumbo nos seguintes intervalos: de 0,020 a 0,180 mg/L, no poço Matadouro 1 (PT-1); de 0,007 a 0,077 mg/L, no poço Matadouro 2 (PT-2); e de 0,019 a 0,420 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de chumbo foram verificadas, nas águas amostradas nos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e da Epamig, em dezembro de 2008 e no poço fazenda Tavares, em janeiro de 2010.

As baixas freqüências de quantificação do chumbo nas águas monitoradas nos poços tubulares em tela, em parte, são devidas às baixas concentrações com que o metal se apresenta nas águas subterrâneas, em razão das pequenas solubilidades de seus minerais, e em parte, ao elevado limite de detecção do método analítico utilizado nos laboratórios da DVQA-Copasa.

Na Figura 8.145, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cobre, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares.

No período de monitoramento o cobre foi quantificado com as seguintes freqüências: 17% no poço Matadouro 1; 14% no poço Matadouro 2; e, de 21% no poço da fazenda Tavares. Nas águas monitoradas no poço da Epamig o cobre não foi quantificado.

Nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 foram verificadas concentrações de cobre nos seguintes intervalos: de 0,010 a 0,025 mg/L, no poço Matadouro 1 (PT-1); de 0,010 a 0,140 mg/L, no poço Matadouro 2 (PT-2).

As concentrações máximas de cobre foram verificadas, nas águas amostradas no poço Matadouro 1, em dezembro de 2008 e, no poço Matadouro 2, em maio de 2008.

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.145 (b), nas águas do poço da fazenda Tavares, nos meses de abril a julho de 2009, em que o cobre foi quantificado, suas concentrações se apresentaram com valores iguais ao limite de detecção do método de análise, empregado nos laboratórios da DVQA-Copasa, a saber, 0,010 mg/L.

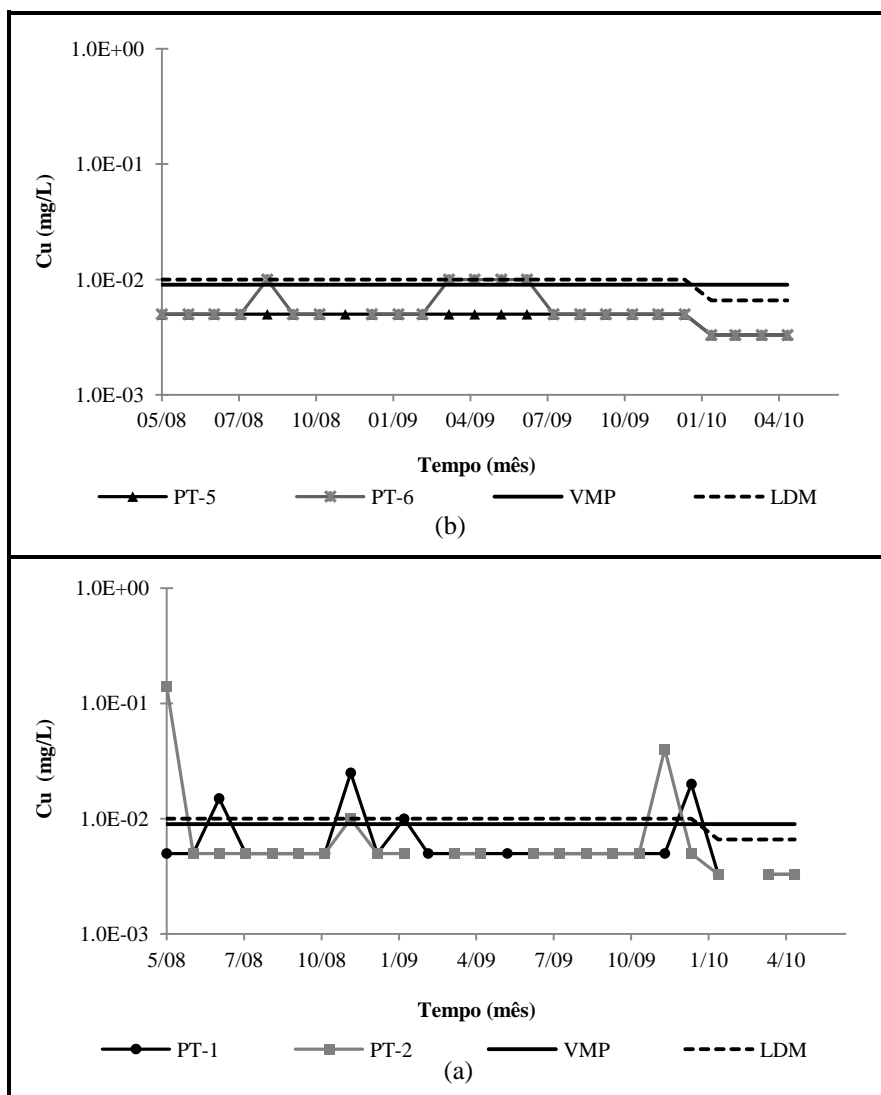


Figura 8.145 – Ocorrências de cobre nos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

Apesar da concentração de cobre, em áreas onde não há mineralizações do metal, se apresentar pequena, em média, 3  $\mu\text{g/L}$  (Langmuir, 1997), foi considerado que quantificação do metal, nas águas subterrâneas monitoradas nos poços de produção, foi prejudicada em razão do elevado limite de detecção do método de análise utilizado.

Do ponto de vista ambiental, nas poucas vezes em que o cobre foi quantificado, nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, suas concentrações se apresentaram maiores que o valor máximo permitido de 0,009 mg/L estabelecido para o metal, na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, de acordo com os hidrogramas na Figura 8.102(a).

De acordo com os diagramas na Figura 8.145 até o mês de dezembro de 2010, o limite de detecção de cobre, na metodologia de análise utilizada, era maior que o valor máximo

permitido para a concentração de cobre, em águas subterrâneas, de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008.

As baixas frequências de quantificação do cobre são atribuídas, em parte, ao elevado limite de detecção, do método de análise utilizado.

A partir de dezembro de 2010, a DVQA-Copasa, passou a utilizar metodologia de análise com um LDM menor que o valor máximo permitido de 0,009 mg/L, conforme apresentado no diagrama da Figura 8.145. Porém, ainda elevado para possibilitar a quantificação das pequenas concentrações do metal nas águas subterrâneas.

Nas Figuras 8.146 e 8.147, estão apresentados os hidrogramas para as ocorrências de zinco cádmio, verificadas nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

Durante o monitoramento realizado o zinco foi quantificado com frequência de 88, 68, 72 e 100%, nos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, respectivamente. O cádmio foi quantificado com frequência de 17% no poço Matadouro 1, e de 4% nos demais poços.

Nas águas desses poços foram verificadas concentrações de zinco nos seguintes intervalos: de 0,008 a 0,680 mg/L, no poço Matadouro 1; de 0,008 a 0,260 mg/L, no poço Matadouro 2; de 0,008 a 0,430 mg/L, no poço da Epamig; e de 0,010 a 0,540 mg/L, no poço da fazenda Tavares (PT-6).

As concentrações máximas de zinco foram verificadas, no poço Matadouro 1, em janeiro de 2010, no poço Matadouro 2, em dezembro de 2009, no poço Epamig, em abril de 2009 e no poço fazenda Tavares, setembro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de zinco maiores que o valor máximo de 0,18 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, com as seguintes frequências: 19 % no poço Matadouro 1; 13 % no poço Matadouro 2 11 % no poço Epamig; e, 13% no poço fazenda Tavares.

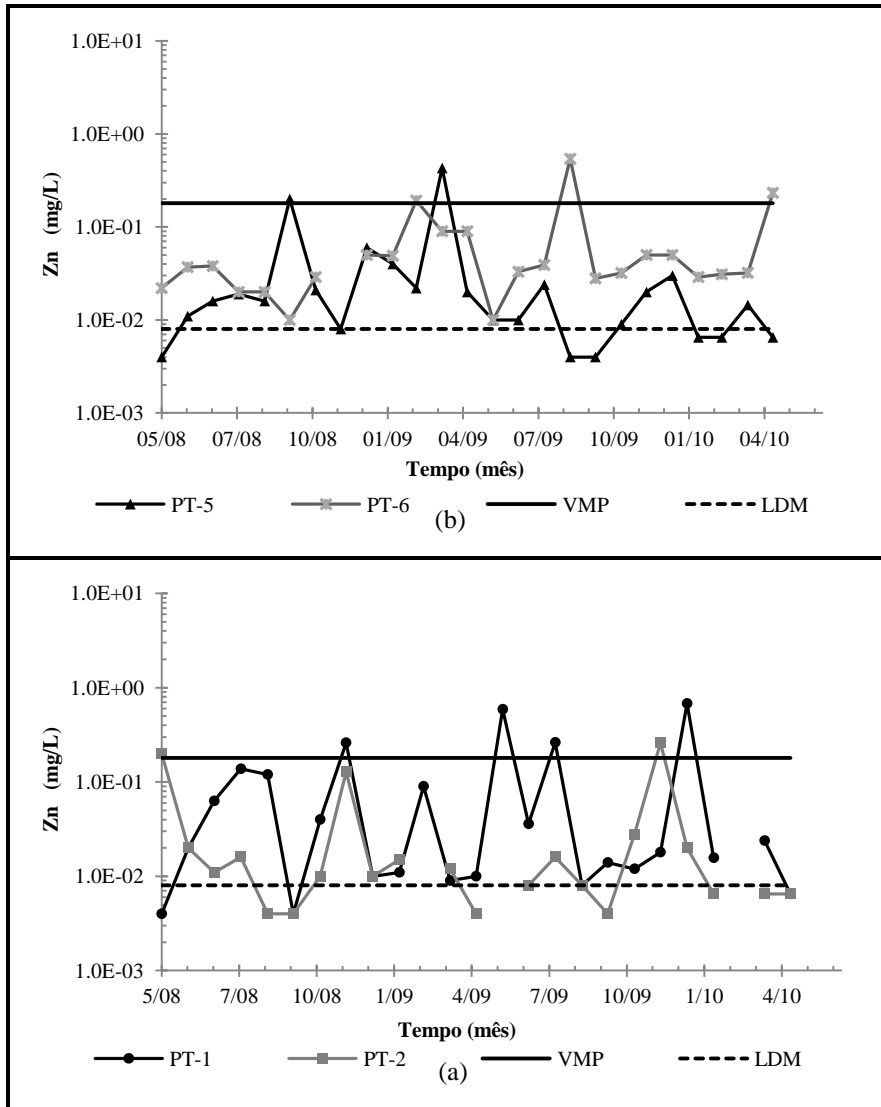


Figura 8.146 – Ocorrências de zinco nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

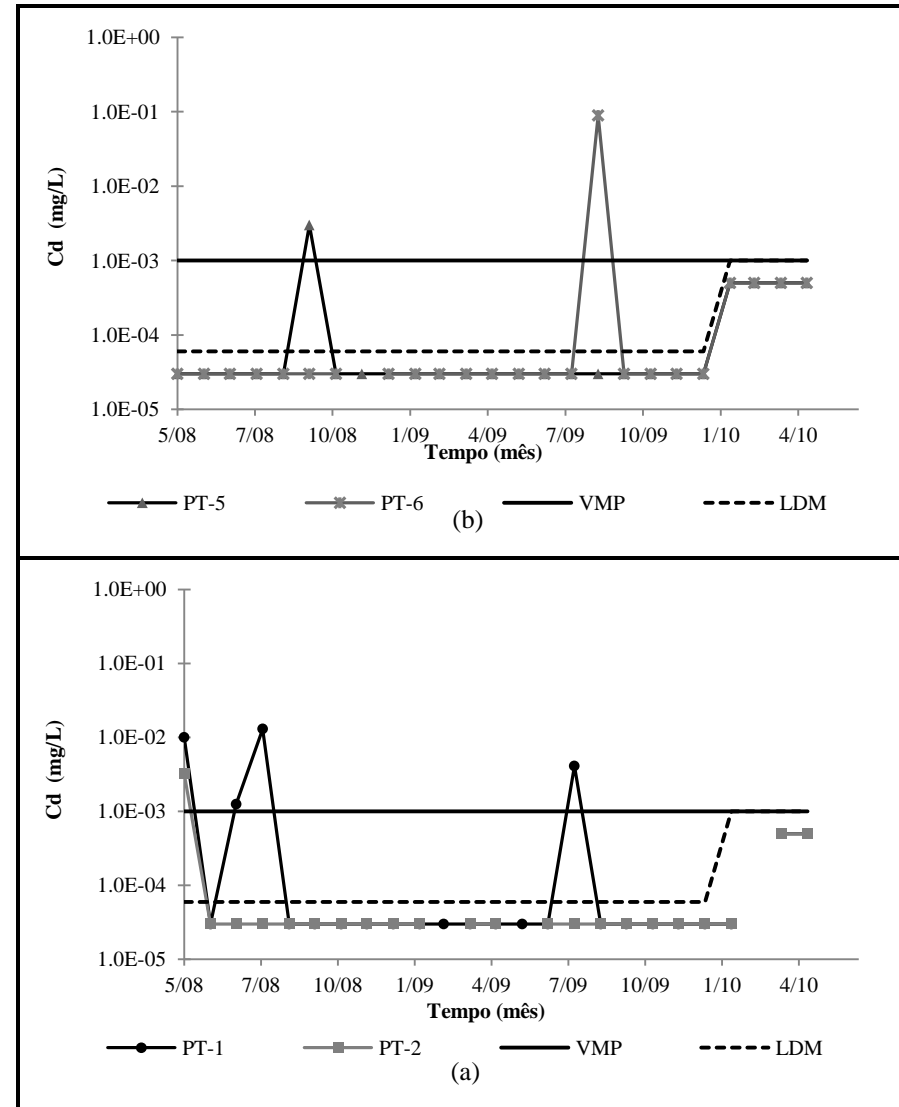


Figura 8.147 – Ocorrências de cádmio nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares

O cádmio foi quantificado com frequência absoluta pequena, durante o período do monitoramento, no entanto, sob o ponto de vista ambiental suas concentrações se apresentaram maiores que o valor máximo permitido (VMP) de 0,001 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, resultando em 100% de frequência de valores acima desta limite, conforme apresentado nos diagramas na Figura 8.146.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.147 (a) e 8.1147 (b), foram verificadas concentrações de cádmio no intervalo de 0,001 a 0,130 mg/L, no poço Matadouro 1. Nas águas dos poços Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares (PT-6), o cádmio foi quantificado apenas em um único mês, durante o período monitorado com concentrações, a saber: 0,003 mg/L, no poço Matadouro 2 e no poço da Epamig, em maio de 2008 e em outubro de 2008, respectivamente; e, 0,089 mg/L no poço da fazenda Tavares, em setembro de 2009.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão sumarizadas na Tabela 8.57 as concentrações médias, mínimas e máximas verificadas para os constituintes secundários e traços monitorados nas águas dos poços de produção Matadouro 1 e Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares.

Tabela 8.57 – Concentrações de metais secundários e traços nos poços Matadouro 1(PT-1), Matadouro 2 (PT-2), Epamig (PT-5) e fazenda Tavares (PT-6)

Ponto	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
PT-1	Média	67.9	70.3	23.3	31.9	99.7	20.0	2.93	7.13	132
	Mínimo	13.0	39.0	20.0	2.70	32.0	15.0	0.600	1.25	8.00
	Máximo	230	140	30.0	170	180.0	25.0	8.30	13.0	680
PT-2	Média	81.5	61.5	20.0	30.5	42.0	10.0	3.40	-	29.1
	Mínimo	3.00	39.0	20.0	3.00	7.00	10.0	0.600	-	8.0
	Máximo	250	94.0	20.0	140	77.0	10.0	8.00	-	128
PT-5	Média	187	823	64.0	36.7	-	-	4.75	3.00	34.6
	Mínimo	34.0	120.0	20.0	7.60	-	-	2.50	-	8.00
	Máximo	1050	1710	130	110	-	-	7.00	-	200
PT-6	Média	62.8	226.2	26.3	47.7	220	10.0	3.10	89.0	86.0
	Mínimo	4.80	38.0	19.0	13.0	19.0	-	0.600	-	10.0
	Máximo	190	1200	40.0	161	420	-	5.00	-	540

De modo geral, as concentrações dos metais reportadas na Tabela 8.57 se apresentaram maiores que os valores médios descritos na literatura e reportados na Tabela 8.3.

As razões para concentrações mais elevadas dos metais descritos, sumarizadas na Tabela 8.57, em parte, estão associadas ao intemperismo mais intenso em regiões tropicais, como a da área

do estudo, e em parte à dissolução do material particulado em suspensão, por ação do ácido nítrico usado para preservação das amostras coletadas.

As frequências elevadas de quantificações do zinco, nas águas subterrâneas monitoradas nos poços de produção Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e da fazenda Tavares (PT-6) ocorreram em razão da presença de minerais de zinco, no meio hidrogeológico no domínio das rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí.

As seqüências de abundancia dos metais secundários e traços monitorados nas águas dos poços tubulares, foram definidas considerando os metais Fe, Al, Mn, Ba e Zn que foram quantificados com frequências elevadas e, os metais Pb, Cu, Cd e Cr, que foram quantificados com frequências pequenas.

Desta forma, considerando que as concentrações médias dos metais secundários e traços, determinados nas águas subterrâneas monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, Epamig e fazenda Tavares, representem a abundância desses constituintes nessas águas foram estabelecidas as seguintes sequências em ordem decrescente da abundância desses constituintes:

- poço Matadouro 1 (PT-1) — Zn > Fe > Al > Ba > Mn > Pb > Cu > Cr > Cd;
- poço Matadouro 2 (PT-2) — Al > Fe > Ba > Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Cd;
- poço da Epamig (PT-5) — Fe > Al > Mn > Ba > Zn > Cr > Cd > (Pb > Cu); e,
- poço da fazenda Tavares (PT-6) — Fe > Zn > Al > Ba > Mn > Pb > Cd > Cu > Cr.

### **Poços tubulares das lagoas da Subida da Estação e Olhos d'Água**

#### **Pontos de monitoramento PT-3 e PT-4**

Na imagem mostrada na Figura 8.148 estão apontadas as localizações dos poços das lagoas da Subida da Estação e Olhos d'Água descritos na Tabela 8.52.

Os poços das lagoas Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4), instalados em 1981, são poços jorrantes em áreas de descarga de águas subterrâneas, caracterizadas no modelo de circulação hídrica subterrânea da área do estudo, por Machado (2011).

Esses dois poços, com profundidades de 61 m, foram instalados na rocha calcária para exploração das águas do aquífero cárstico-carbonático. Apresentaram vazões de 50 L/s (180

m<sup>3</sup>/h) em testes de vazão realizados ao término da instalação (Hidropoços, 1981), portanto são poços de vazão elevada.

Conforme os testes de bombeamento realizados em 2010, pela equipe de pesquisadores do projeto, esses poços bombeados, durante 24 h, à taxas constantes de 10 L/s (36 m<sup>3</sup>/h), com as próprias bombas usadas para exploração de suas águas, apresentaram rebaixamento de cerca de 2 m, ou seja, do nível máximo do jorro com o poço em repouso até a superfície do solo.



Figura 8.148 – Locais dos poços de produção das lagoas da Subida da Estação e Olhos d'Água

Fonte: Google Earth, 2011

O comportamento temporal do parâmetro pH, nas águas dos poços tubulares das lagoas Subida da Estação 2 e Olhos d'Água, está apresentado nos hidrogramas da Figura 8.149.

De acordo com os hidrogramas apresentados, na Figura 8.149, as águas dos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água apresentaram valores de pH, variando entre pH 7,4 e pH 8,2, não considerando o mínimo verificado em abril de 2009, nas águas do poço Subida da Estação. Nas águas desses dois poços, o pH também apresentou menor variação que as variações verificadas nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da lagoa Olhos d'Água.

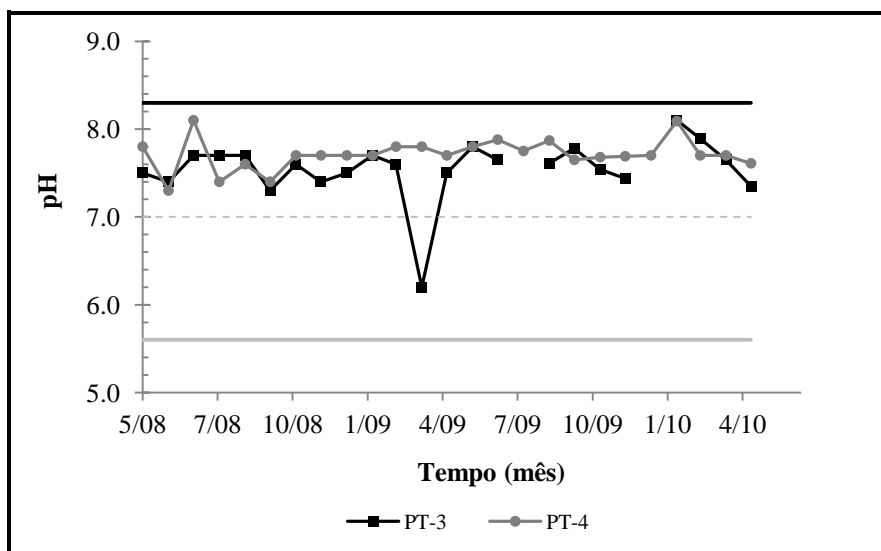


Figura 8.149 – Variabilidade do pH nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

Não considerando o mínimo verificado em abril de 2009, nas águas do poço da lagoa Subida da Estação, as águas monitoradas nos dois poços surgentes apresentaram valores de pH muito semelhantes, inclusive com valores e o variabilidade temporal semelhantes às águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2.

O comportamento temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água está apresentado nos hidrogramas, na Figura 8.150 (a) e 150 (b).

A condutividade elétrica no poço Olhos d'Água se apresentou variando no intervalo de 220 a 270  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , semelhantemente aos valores verificados nos poços Matadouro 1 e 2. No poço Subida da Estação a condutividade elétrica apresentou valores mais elevados, variando no intervalo de 260 a 370  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mostrando valores mais próximos do poço fazenda Tavares.

Conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.150 (a) condutividade elétrica, CE, nas águas do poço Olhos d'Água apresentou menor variabilidade temporal que a condutividade elétricas nas águas do poço Subida da Estação.

As concentrações de STD se apresentaram menores no poço Olhos d'Água, com variações em torno de 150 mg/L. No poço Subida da Estação foram verificadas maiores concentrações de STD, com variações em torno de 230 mg/L, não considerando os mínimos ocorridos em janeiro e abril de 2009, conforme o hidrograma da Figura 8.150 (b)



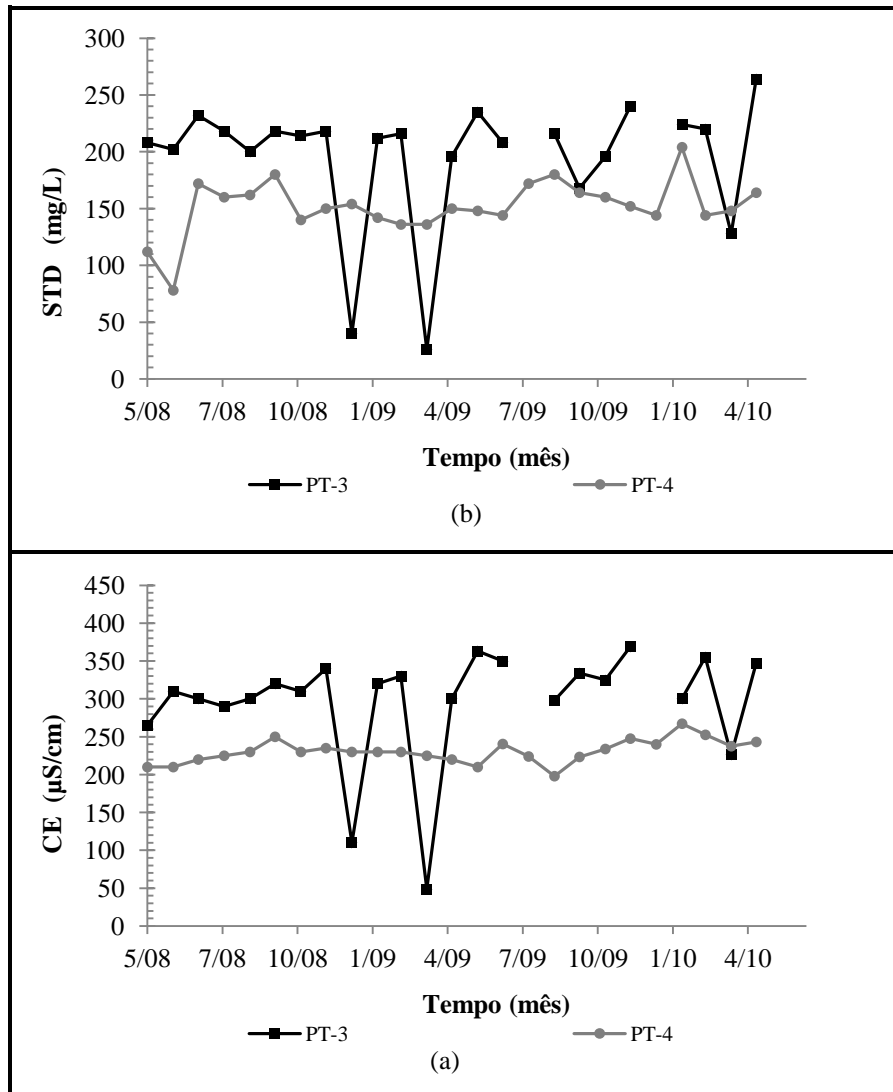


Figura 8.150 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nos poços Subida da Estação e Olhos d'Água

Os valores mínimos apresentados no hidrograma das águas do poço Subida da Estação, refletem valores incompatíveis com as condutividades verificadas nas águas dos poços tubulares, indicando redução nas concentrações iônicas nas amostras correspondentes, o que se associa a possíveis reações de precipitação. Os valores mínimos das condutividades, nas águas deste poço, se relacionam com os valores mínimos dos sólidos totais dissolvidos, conforme o hidrograma correspondente, na Figura 8.150 (b).

Não considerando os valores mínimos apresentados nos hidrogramas na Figura 8.150, verificou-se que as concentrações de sólidos totais dissolvidos se apresentaram proporcionais às respectivas condutividades elétricas por um fator, igual a 0,65 em média.

O comportamento temporal da condutividade elétrica, CE e dos sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água se apresentou semelhante ao comportamento, dessas grandezas, verificado nas águas dos poços Epamig e fazenda Tavares.

Os valores das condutividades elétricas reportadas no diagrama apresentado na Figura 8.150 (a) se apresentaram menores que a condutividade média para as águas do aquífero cárstico Bambuí, conforme ANA (2007), mas dentro da faixa de condutividades elétricas para essas águas.

De modo geral, os valores dos parâmetros pH, CE e STD apontadas nos diagramas nas Figura 8.149 e 8.150 caracterizam águas alcalinas, com condutividades médias características de ambientes geológicos fluxo rápido, e se apresentando mais próximos dos valores, desses parâmetros, verificados nas águas do poço da fazenda Tavares.

Os valores da condutividade elétrica nos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água, na área do estudo, se apresentaram menores que os valores médios de condutividade para as águas do aquífero Bambuí, a saber, 463  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , segundo ANA, (2007). No entanto, podem ser considerados característicos dessas águas, visto que a amplitude reportada para este parâmetro foi de 42 a 2236  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Considerando os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água, estão apresentados na Tabela 8.58 as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e, amplitude.

Tabela 8.58 – Parâmetros pH, CE e STD nos poços Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4)

Ponto	Estatísticas	pH	CE	STD
PT-3	Média	7.61	307	212
	Desvio padrão	0.19	55	71
	Mínimo	7.30	110	40
	Máximo	8.10	369	464
	Amplitude	0.80	259	424
PT-4	Média	7.71	231	152
	Desvio padrão	0.18	15	24
	Mínimo	7.30	198	78
	Máximo	8.10	267	204
	Amplitude	0.80	69	126

De acordo com os valores médios dos parâmetros, reportados na Tabela 8.58, as águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água se apresentaram alcalinas, conforme os valores do pH. As águas do poço Subida da Estação se apresentaram mais salinizadas, conforme os valores médios da condutividade elétrica e dos sólidos totais dissolvidos.

As maiores condutividades elétricas e conseqüentemente maiores concentrações de sólidos totais dissolvidos das águas do poço Subida da Estação, em princípio, são associadas ao possível maior tempo de residência dessas águas.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.58:

- poço da lagoa Subida da Estação 1 (PT-3) — pH ( $7,6 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $307 \pm 55$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $212 \pm 71$ ) mg/L;
- poço da lagoa Olhos d'Água (PT-4) — pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $231 \pm 15$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $152 \pm 24$ ) mg/L;

### Constituintes principais nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.59, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

Tabela 8.59 – Constituintes principais nos poços Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4)

Ponto	Estatísticas	Concentrações (meq/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
PT-3	Média	2.76	0.656	0.020	0.080	3.38	0.092	0.115	0.059
	Desvio padrão	0.880	0.165	0.023	0.016	0.976	0.029	0.124	0.048
	Mínimo	0.000	0.177	0.008	0.057	0.386	0.056	0.020	0.002
	Máximo	3.38	1.037	0.096	0.126	4.10	0.141	0.470	0.146
	Amplitude	3.38	0.860	0.088	0.070	3.71	0.085	0.450	0.144
PT-4	Média	2.22	0.296	0.028	0.067	2.55	0.075	0.089	0.059
	Desvio padrão	0.213	0.046	0.059	0.015	0.263	0.022	0.065	0.039
	Mínimo	1.68	0.237	0.007	0.043	1.80	0.056	0.016	0.015
	Máximo	2.51	0.436	0.250	0.084	2.87	0.130	0.199	0.129
	Amplitude	0.828	0.199	0.243	0.041	1.08	0.073	0.184	0.115

De acordo com os valores médios das concentrações reportadas na Tabela 8.59, as águas dos poços de produção Subida da Estação e Olhos d'Água se apresentaram com concentrações dominantes dos íons cálcio e bicarbonato, indicando a origem comum dessas águas.

Os resultados reportados na Tabela 8.59, mostraram que as concentrações médias dos íons cálcio e bicarbonato, em miliequivalentes por litro, se apresentaram concordantes com a

estequiometria da dissolução da calcita, com concentrações de bicarbonato um pouco maiores, em função da maior solubilidade do CO<sub>2</sub> em profundidade.

As águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água também se apresentaram mais ricas em magnésio.

As razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , nas águas dos poços Subida da Estação foi 0,22, e nas águas do poço Olhos d'Água 0,27, o que é indicativo de águas provenientes de aquífero não dolomítico.

Conforme os resultados reportados na Tabela 8.59, as águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, se apresentaram enriquecidas em magnésio, o que é corroborado pelos valores maiores da razão  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , contudo esses valores foram pequenos, a saber bem menores que um, não indicando a influência de rochas dolomíticas em suas águas.

Em parte, é admitido como fonte de magnésio, nas águas captadas pelos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água, a dissolução de minerais magnesianos, tais como magnesita, dolomita e argilo minerais presentes, secundariamente, nas rochas carbonáticas.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.59, com exceção do cálcio e do bicarbonato, as concentrações dos demais constituintes principais se apresentaram menores que os valores médios, para águas subterrâneas, descritos na literatura e sumarizados na Tabela 8.3.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações de cloreto, nitrato e sulfato se apresentaram menores que os valores máximos permitidos, descritos na Tabela 8.5, estabelecidos pela resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, para águas subterrâneas.

Considerando o terno catiônico  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Na^{+}$  e o terno aniônico  $HCO_3^{-}$ ,  $Cl^{-}$  e  $SO_4^{2-}$  está apresentado na Figura 8.108, o diagrama de Piper para as águas nos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água.

O diagrama de Piper apresentado na Figura 8.150, confirma a hidroquímica das águas monitoradas nos poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água, ou seja, suas águas se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

De acordo com o diagrama de Piper apresentado na Figura 8.151, o padrão hidroquímico apresentado pelas águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água se mostrou fortemente homogêneo, no caso do poço Subida da Estação. Nas águas do poço Olhos d'Água ocorreu maior variação no teor de bicarbonato, e os teores de sulfato se apresentaram maiores, mas não grandes o suficiente para alterar a característica hidroquímica cálcicas-bicarbonatadas, apresentada por essas águas.

Com exceção do poço fazenda Tavares, as águas dos três outros se apresentaram mais brandas que as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação, e em conformidade com a norma estabelecida para águas subterrâneas de classe dois.

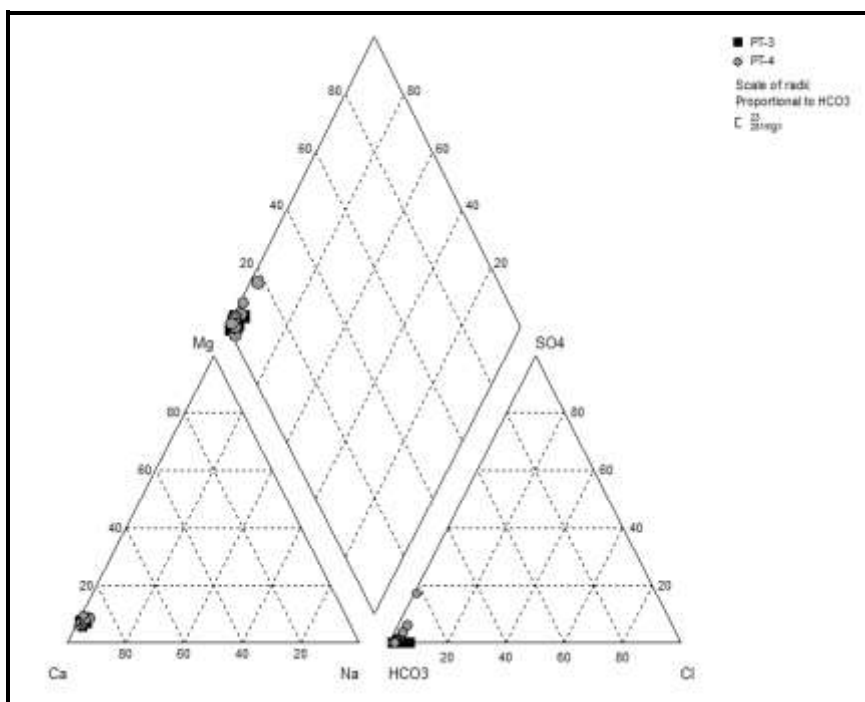


Figura 8.151 – Diagrama de Piper — poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

As concentrações dos constituintes principais magnésio, potássio, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água estão sintetizadas nos diagramas ternários mostrados na Figura 8.152.

Conforme o diagrama apresentado na Figura 8.152 (a) as águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água se apresentaram com teores importantes de magnésio acima de 50%, em relação ao total dos cátions Mg, Na e K. Com relação aos ânions, o cloreto e o sulfato apresentaram teores maiores no poço Olhos d'Água, e no poço Subida da Estação o nitrato e o cloreto se apresentaram maiores de acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.152 (b).

Apesar dos constituintes magnésio, sódio, potássio, cloreto, nitrato e sulfato reportados nos diagrama ternários da Figura 8.152 terem se apresentado com concentrações mensuráveis, essas não se mostraram grandes o suficiente para modificar a característica hidroquímica prevalente, a saber, cálcica-bicarbonatada.

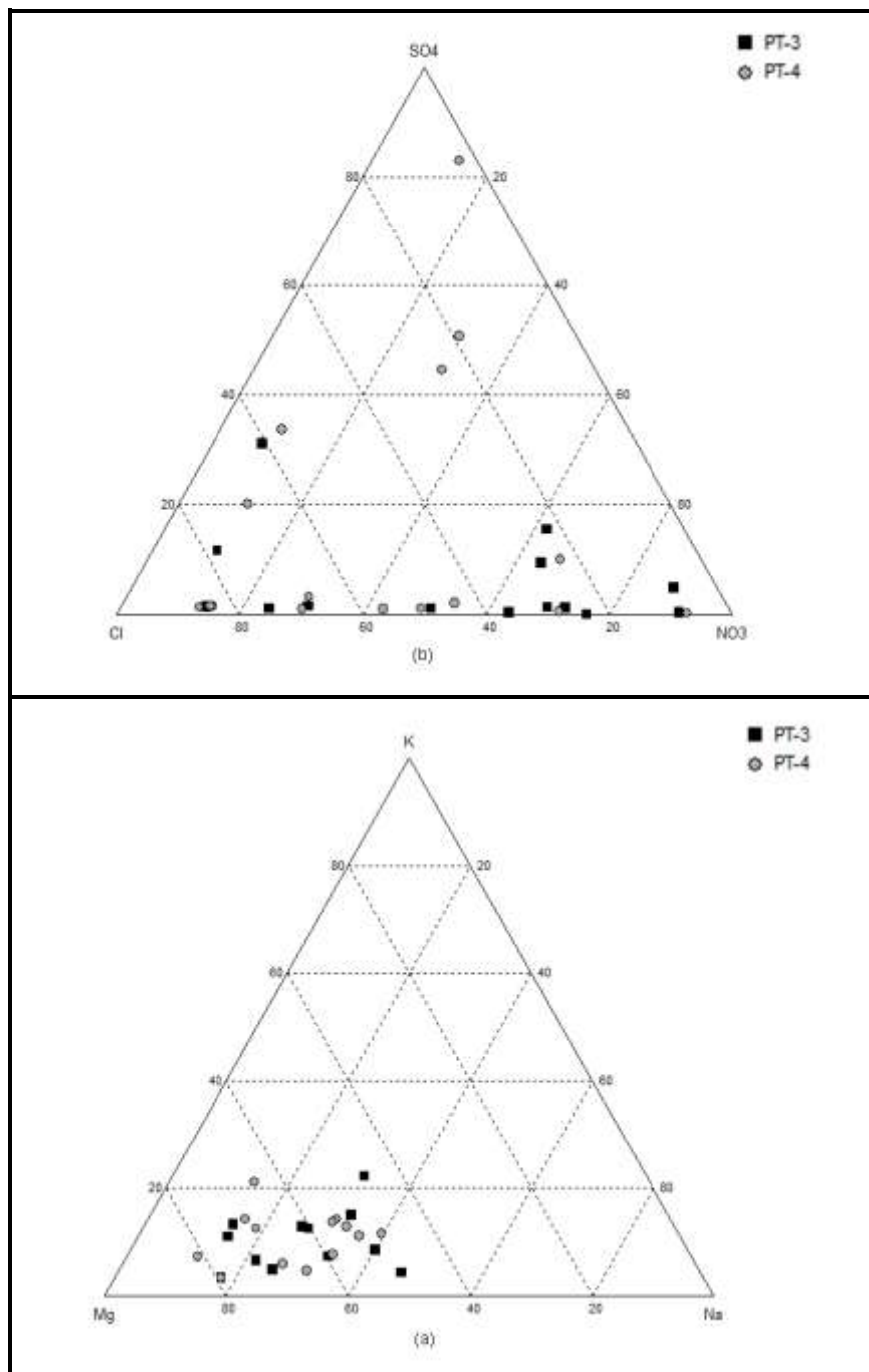


Figura 8.152– Teores de Mg, K, Na, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> nos poços Subida da Estação e Olhos d'Água

Para os poços tubulares Subida da Estação e Olhos d'Água, foram verificadas as seguintes sequências em ordem decrescente de abundância dos constituintes principais, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.57:

- Subida da Estação (PT-3) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .
- Olhos d'Água (PT-4) —  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ; e,  $\text{HCO}_3 > \text{NO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$ .

Conforme já exposto, nas águas subterrâneas não poluídas, inclusive de aquíferos carbonáticos, o teor de sódio apresenta-se, em geral, maior que o de magnésio, e o teor de cloreto maior que o teor de nitrato. Nos poços Subida da Estação e Olhos d'Água o magnésio apresentou-se maior que o sódio e o nitrato maior que o cloreto.

### Ocorrências de Constituintes Secundários e Traços

Nos poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água foram quantificados os metais alumínio, ferro, manganês, bário, chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco, durante o período de monitoramento.

### Alumínio, Ferro, Manganês, Bário e Cromo

As ocorrências dos constituintes secundários Al, Fe, Mn, Ba e Cr nas águas dos poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água estão representadas nos hidrogramas a seguir, em que se apresentam as concentrações totais dos metais.

Nos hidrogramas apresentados, a linha cheia marca o padrão estabelecido para águas superficiais de classe 2 e a linha tracejada marca o limite de detecção do método de análise.

Na Figura 8.153, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de alumínio verificadas nos poços de produção Subida da Estação e Olhos d'Água.

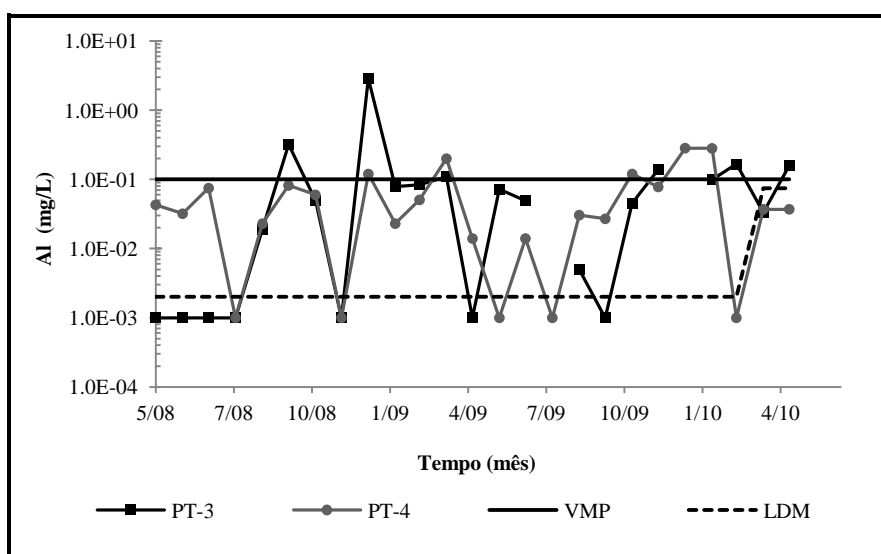


Figura 8.153 – Ocorrências de alumínio nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

No período de monitoramento o alumínio foi quantificado com frequência de 70 e de 80 %, poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, respectivamente.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.153, nas águas desses poços foram verificadas concentrações de alumínio nos seguintes intervalos: de 0,005 a 2,90 mg/L, no poço Subida da Estação (PT-3); e de 0,014 a 0,284 mg/L no poço Olhos d'Água (PT-4).

As concentrações máximas de alumínio foram verificadas no poço da lagoa da Subida da Estação (PT-3), em janeiro de 2009, e nas águas do poço Olhos d'Água (PT-4), em janeiro de 2010.

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de alumínio maiores que o valor máximo de 0,1 mg/L, estabelecido na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, com as seguintes frequências: 38% no poço Subida da Estação; 25 % no poço Olhos d'Água.

Na Figura 8.154, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de ferro e de manganês, verificadas nos poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

No período de monitoramento o ferro foi quantificado com frequência de 43 e 64%, e o manganês com frequência de 22 e 4% nos poços de produção Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4), respectivamente.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.154(a), nas águas desses poços foram verificadas concentrações de ferro nos seguintes intervalos: de (0,039 a 0,430) mg/L, no poço Subida da Estação (PT-3); e, de (0,039 a 0,260) mg/L, no poço Olhos d'Água (PT-4).

Nas águas do poço Subida da Estação foram verificadas concentrações de manganês no intervalo de (0,019 a 0,060) mg/L, com um valor médio de 0,040 mg/L.

Nas águas do poço Olhos d'Água o manganês foi quantificado em um único mês, a saber, em outubro de 2008, com a concentração igual se apresentando igual ao limite de detecção do método de análise, conforme o diagrama na Figura 8.154 (b).



Do ponto de vista ambiental, concentrações de ferro maiores que o valor máximo permitido de 0,3 mg/L, conforme a resolução CONAMA No 396, de dezembro de 2008, foram verificadas com frequência de 20% nas águas do poço Subida da Estação.

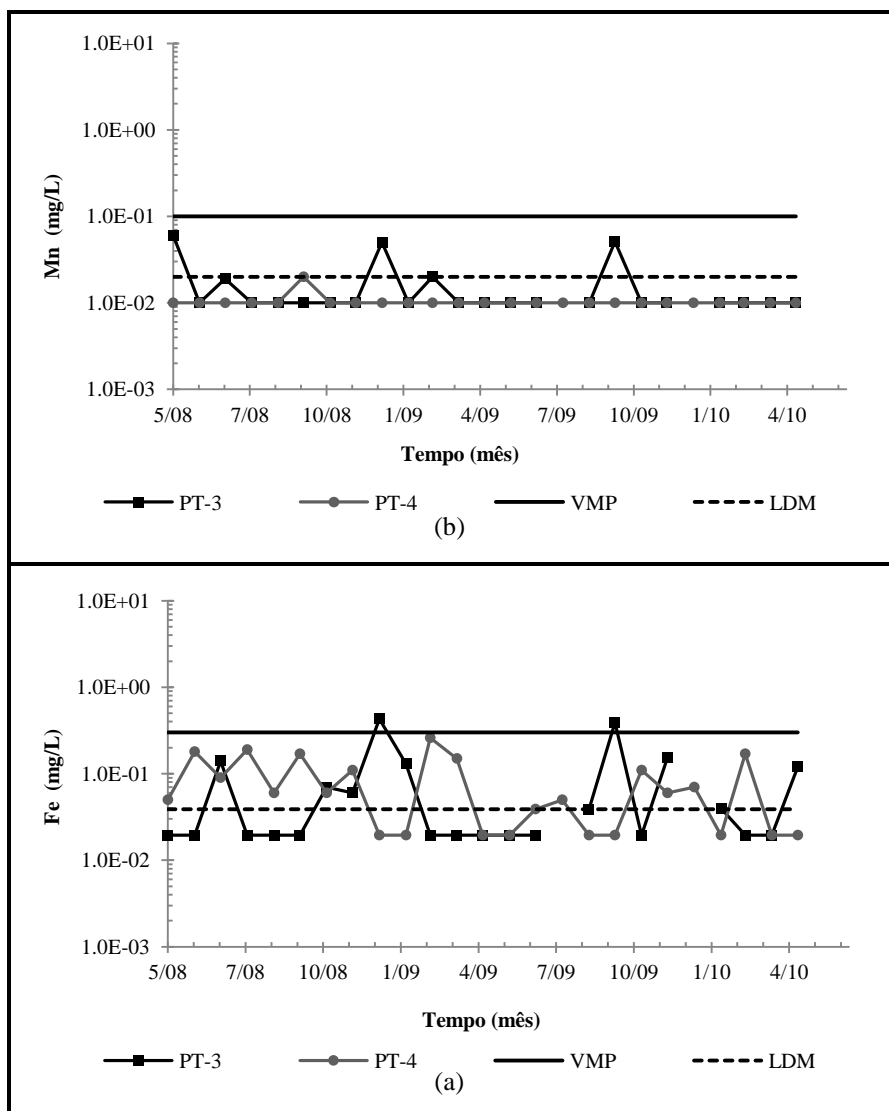


Figura 8.154 – Ocorrências de ferro e managanês nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

As concentrações máximas observados do metal foram 0,430 mg/L, nas águas do poço Subida da Estação, em janeiro de 2009, e 0,260 mg/L nas águas do poço Olhos d'Água, em março de 2009.

Em geral, as concentrações de ferro se apresentaram maiores nas águas do poço Olhos d'Água, de acordo com os hidrogramas na Figura 8.154 (a).

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de manganês maiores que o valor máximo permitido de 0,1 mg/L, conforme a resolução CONAMA N° 396, de

dezembro de 2008, nas águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água, conforme o diagrama apresentado na Figura 8.154 (b).

As águas dos poços das lagoas Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4) se apresentaram pobres em manganês. A frequência de quantificação do manganês no poço Subida da Estação foi semelhante às quantificações do metal nos poços Matadouro 1 e da fazenda Tavares.

As ocorrências de alumínio, ferro e manganês reportadas nos hidrogramas apresentados, nas Figuras 8.153 e 8.154, verificadas nos poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água estão sintetizadas no diagrama ternário apresentado na Figura 8.155.

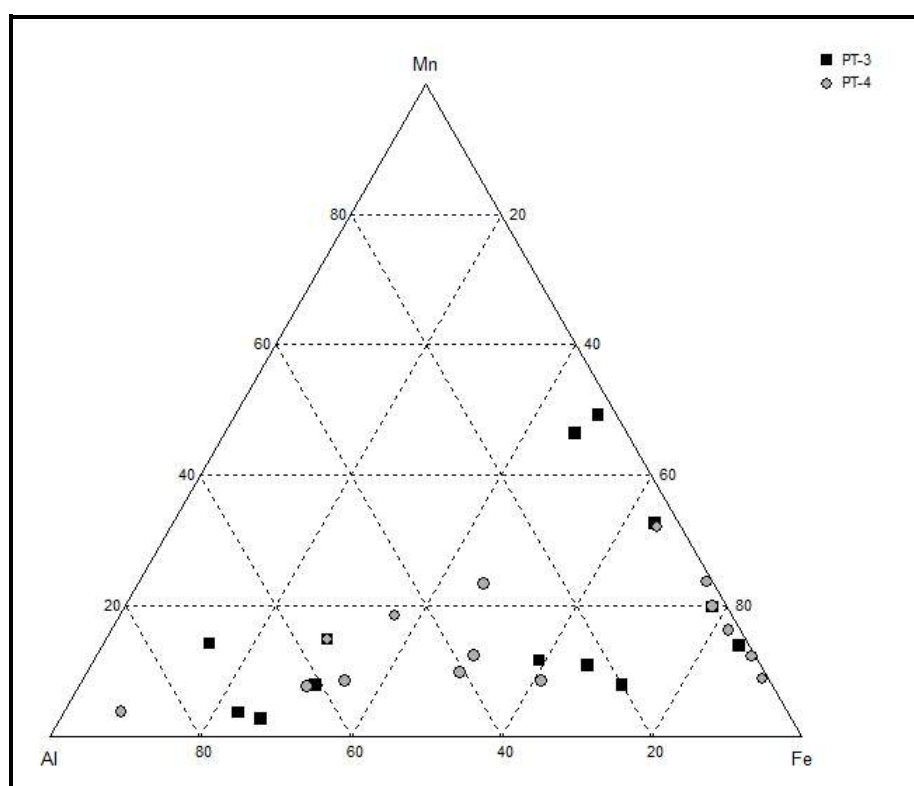


Figura 8.155 – Teores de alumínio, ferro e manganês nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

Conforme representado no diagrama ternário, na Figura 8.155, as águas dos poços Olhos d'Água e Subida da Estação se apresentaram em geral, mais ricas em ferro que em alumínio, e pobres em manganês.

As concentrações de alumínio, ferro e manganês sintetizadas no diagrama apresentado, na Figura 8.155 não se apresentaram grandes o suficiente para denotar alguma anomalia geoquímica, na área de influência dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

A dispersão dos resultados, no diagrama de ternário, apresentado na Figura 8.155, confirma que águas monitoradas nos poços Subida da Estação e Olhos d'Água, em geral, se apresentaram pobres em alumínio, ferro e manganês, mas se apresentaram mais ricas em ferro.

Na Figura 8.156, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de bário, verificadas nos poços de produção Subida da Estação e Olhos d'Água.

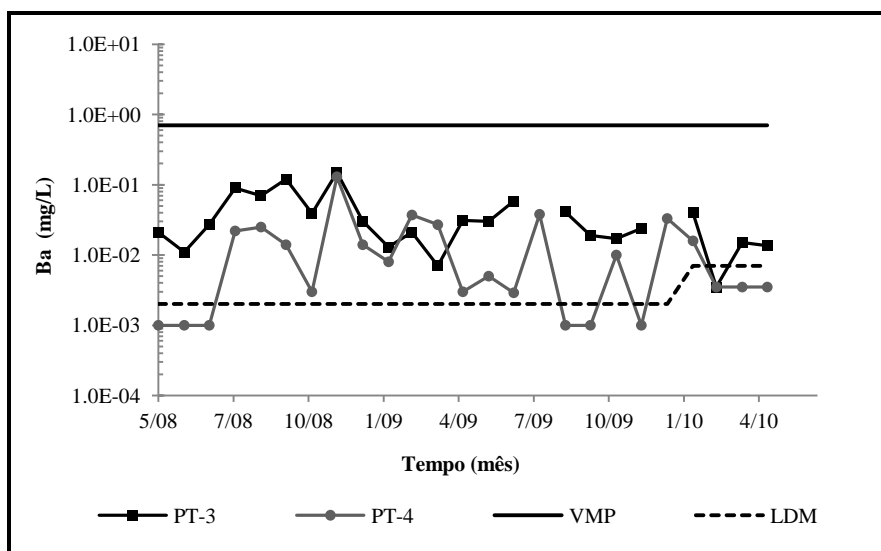


Figura 8.156– Ocorrências de bário nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

No período de monitoramento o bário foi quantificado com frequência de 96 e 92%, nas águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água, respectivamente.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de bário, acima do valor máximo permitido de 0,7 mg/L estabelecido pela resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, conforme apresentado no diagrama, na Figura 8.156.

As maiores concentrações de bário foram cerca de 0,13 mg/L, em dezembro de 2008, nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

As elevadas frequências de quantificações do bário nas águas monitoradas nos poços jorrantes, das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, em parte, ocorreram em razão da presença de minerais de bário, nas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí.

Na Figura 8.157 estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de cromo verificadas nos poços de produção Subida da Estação e Olhos d'Água.

O cromo foi quantificado, nas águas dos poços Subida da Estação e Olhos d'Água, com frequências de 30 e 32%, respectivamente.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.157, foram verificadas concentrações de cromo nos intervalos de 0,001 a 0,027 nas águas do poço Subida da Estação e de 0,003 a 0,014 mg/L, nas águas do poço Olhos d'Água, com médias de 0,008 e de 0,005 mg/L, respectivamente.

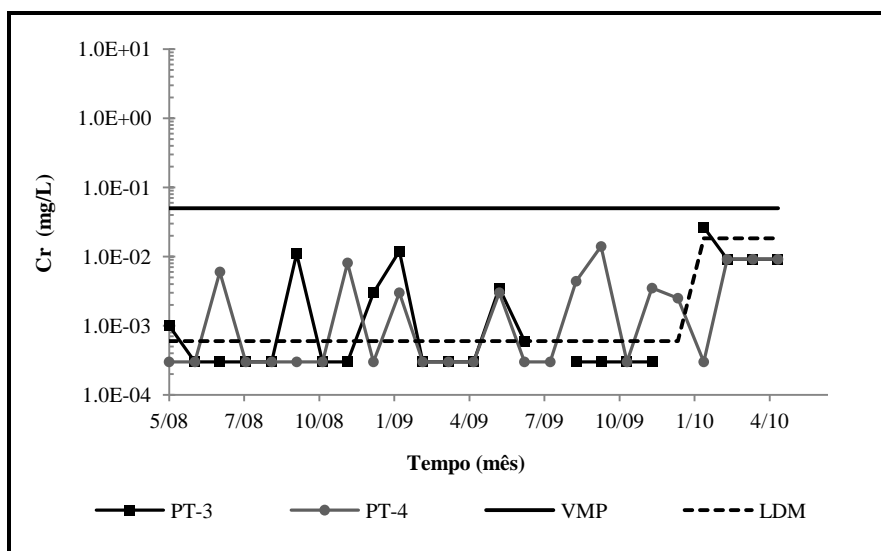


Figura 8.157 – Ocorrências de cromo nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de cromo, acima do valor máximo permitido, de 0,05 mg/L estabelecido pela resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, conforme apresentado no diagrama, na Figura 8.157.

A partir de dezembro de 2010, foi adotada nova metodologia de análise do metal, com um limite de detecção mais elevado, conforme mostrado no diagrama, na Figura 8.157, o que deverá reduzir a frequência de quantificação do metal em águas subterrâneas.

### Chumbo, Cobre, Cádmio e Zinco

Nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e olhos d'Água foram quantificados os metais calcófilos chumbo, cobre, cádmio e zinco.

Na Figura 8.158, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações de chumbo e de cobre, verificadas nos poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

As quantificações de chumbo foram pouco frequentes, nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, o mesmo ocorrendo com o cobre, de acordo com os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.158(a) e 8.158(b).

O chumbo foi quantificado com frequência de 30 e de 24% nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, respectivamente, e o cobre foi quantificado com frequências de 17 e 12%, nas águas desses dois poços, respectivamente.

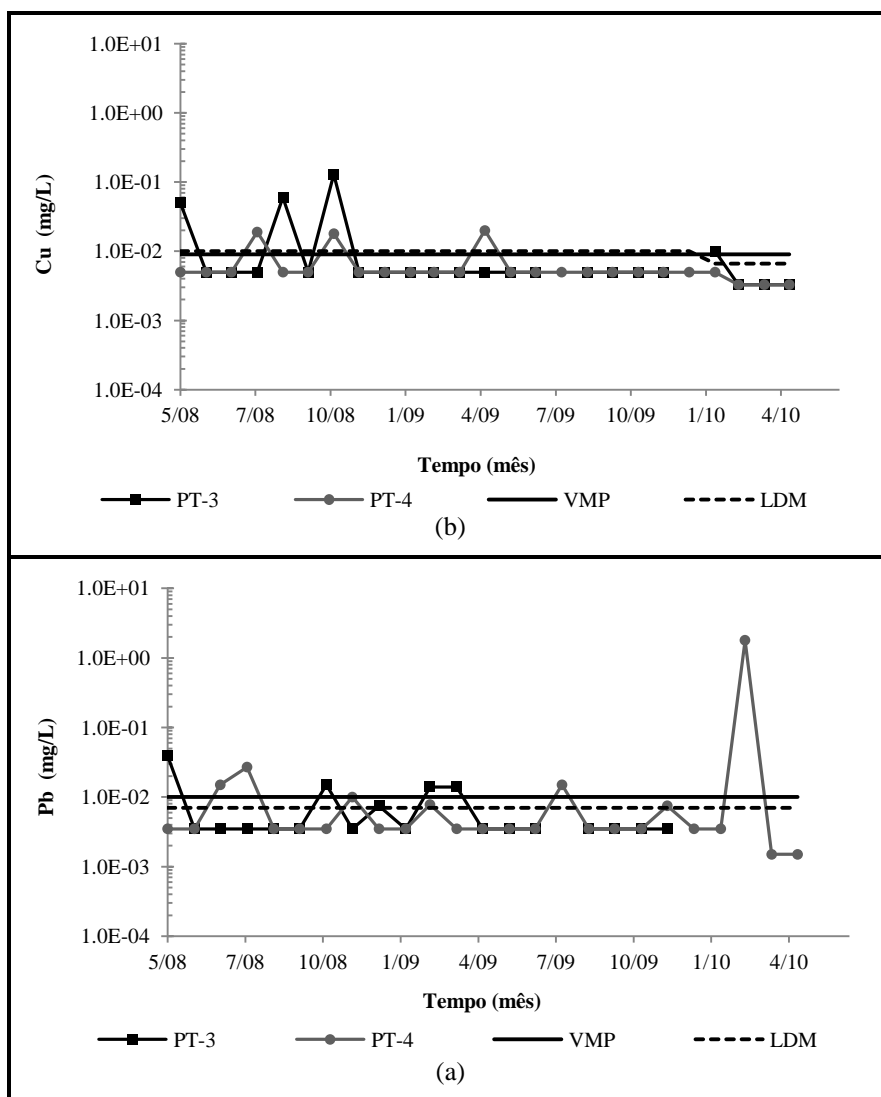


Figura 8.158– Ocorrências de chumbo e de cobre nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

Do ponto de vista ambiental, foram verificadas concentrações de chumbo e de cobre maiores que os valores máximos permitidos, com frequência de 57 e de 100 %, respectivamente, nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

De acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.158, nas poucas vezes que o chumbo e o cobre foram quantificados, nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, suas concentrações se apresentaram maiores que os valores máximos permitidos de 0,01 e de 0,009 mg/L, estabelecidos para esses metais, em águas subterrâneas, na resolução CONAMA N° 357, de abril de 2005.

As baixas frequências de quantificação do chumbo e do cobre são admitidas em razão dos limites de detecção elevados dos métodos analíticos empregados, associada às suas pequenas concentrações nas águas subterrâneas locais.

As concentrações de chumbo e de cobre são pequenas, em média, 3 µg/L (Langmuir, 1997), nas águas de áreas onde não ocorrem mineralizações desses metais. No entanto, nas águas monitoradas na área do estudo, foi admitido que a quantificação, tanto do chumbo, como do cobre ficou prejudicada, em razão dos altos limites de detecção dos métodos utilizados e no caso do cobre, maior que o valor máximo permitido.

Na Figura 8.159, estão apresentados os hidrogramas para as concentrações do zinco e do cádmio, verificadas nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

No período de monitoramento o zinco foi quantificado com frequências de 74 e 96% e o cádmio com frequência de 17%, nas águas dos poços de produção das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, respectivamente.

As frequências elevadas de ocorrências de zinco estão associadas à ocorrência de minerais de zinco, nas rochas carbonáticas do Grupo Bambuí.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.159 (a), foram verificadas concentrações de zinco no intervalo de 0,010 a 0,238 mg/L nas águas do poço da lagoa da Subida da Estação e de 0,016 a 0,263 mg/L, nas águas do poço da lagoa Olhos d'Água. As concentrações máximas de zinco, a saber, 0,238 e 0,263 mg/L, ocorreram em março de 2010.

Conforme os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.159 (b), foram verificadas concentrações de cádmio no intervalo de 0,001 a 0,110 mg/L nas águas do poço da lagoa da Subida da Estação e de 0,001 a 0,129 mg/L, nas águas do poço da lagoa Olhos d'Água.

Do ponto de vista ambiental, concentrações de zinco e de cádmio maiores que os valores máximos permitidos de 0,18 mg/L e de 0,001 mg/l, conforme a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, foram verificadas com frequências de 24 e de 13% para o zinco e, com frequência de 100% para o cádmio, nas águas dos poços de produção Subida da Estação e Olhos d'Água, respectivamente.

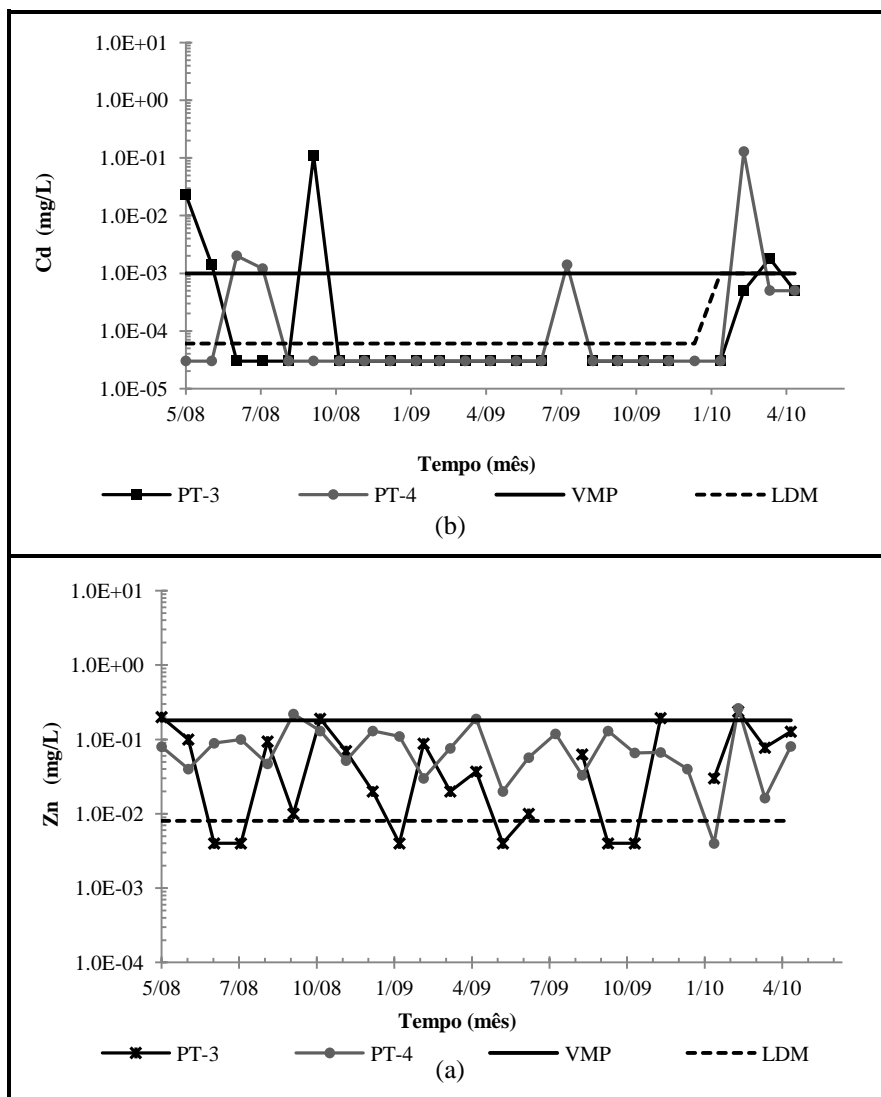


Figura 8.159 – Ocorrências de zinco e de cádmio nos poços Subida da Estação e Olhos d'Água

Estão apresentadas na Tabela 8.60 as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes secundários e traços verificados nas águas dos poços de produção Subida da Estação e Olhos d'Água.

De modo geral, as concentrações reportadas na Tabela 8.60 se apresentaram maiores que os valores médios descritos na literatura e sumarizados na Tabela 8.3, em razão do intemperismo

químico mais intenso nas regiões tropicais, e em razão das determinações realizadas em amostras não filtradas e acidificadas.

Este fato é atribuído, em parte, à realização das determinações em amostras não filtradas, nas quais foi utilizado o ácido nítrico para sua preservação o que acarreta a dissolução do material particulado em suspensão. E, em parte, ao intemperismo mais intenso, em regiões tropicais, como a da área do estudo.

Tabela 8.60 – Concentrações de metais secundários e traços nas águas dos poços Subida da Estação (PT-3) e Olhos d'Água (PT-4)

Ponto	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
PT-3	Média	352	170	40.0	43.9	15.6	63.3	8.23	66.5	100
	Mínimo	49.0	40.0	19.0	7.00	4.00	10.0	0.60	23.0	10.0
	Máximo	2900	430	60.0	150	39.0	130	26.5	110	238
PT-4	Média	109	119	20.0	23.5	17.3	19.0	4.80	1.60	85.0
	Mínimo	14.0	39.0	20.0	2.90	10.0	18.0	2.50	1.20	20.0
	Máximo	284	260	20.0	130	27.0	20.0	8.10	2.00	220

As seqüências de abundancia dos metais secundários e traços monitorados nas águas dos poços tubulares, foram definidas considerando os metais Fe, Al, Mn, Ba e Zn que foram quantificados com frequências elevadas e, os metais Pb, Cu, Cd e Cr, que foram quantificados com frequências pequenas.

Desta forma, considerando que as concentrações médias dos metais secundários e traços, reportadas na Tabela 8.60, representem a abundância desses constituintes nessas águas foram estabelecidas as seguintes sequências em ordem decrescente da abundância desses constituintes:

- poço Subida da Estação (PT-3) — Al > Fe > Zn > Ba > Mn > Cu > Cd > Pb > Cr; e,
- poço Olhos d'Água (PT-4) — Fe > Al > Zn > Ba > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd.

### 8.3.1 Considerações sobre as Águas Subterrâneas Monitoradas na Área do Estudo

De acordo com os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos verificados nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, foi possível identificar grupos de águas com identidades físico-químicas semelhantes, a saber:

- as águas monitoradas nas surgências se apresentaram com pH no intervalo de (5,0 a 8,2), em média, 6,3; condutividade elétrica no intervalo de (2 a 280) µS/cm, em média, 66 µS/cm e sólidos totais dissolvidos no intervalo de (15 a 71) mg/L, em média, 32 mg/L;



- as águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo se apresentaram com pH no intervalo de (6,8 a 7,8), em média, 7,1; condutividade elétrica no intervalo de (75 a 350)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em média, 145  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos no intervalo de (36 a 236)  $\text{mg}/\text{L}$ , em média, 100  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, se apresentaram com pH no intervalo de (7,1 a 8,2), em média, 7,8; condutividade elétrica no intervalo de (205 a 480)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em média, 271  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos no intervalo de (118 a 344)  $\text{mg}/\text{L}$ , em média, 186  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas nos poços tubulares de produção se apresentaram com pH no intervalo de (6,8 a 8,1) com pH médio de 7,6 e, condutividade elétrica no intervalo de (205 a 275)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com condutividade média de 238  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Em aquíferos cársticos o fluxo d'água é, em geral, rápido de modo que o tempo de residência da água, em princípio, é pequeno, o que acarreta águas com menores concentrações de sólidos dissolvidos, conseqüentemente, menos condutivas.

De acordo com os resultados descritos, foi admitido que na área do estudo as águas subterrâneas percolam o meio hidrogeológico, em três zonas distintas sob o ponto de vista hidrogeoquímico, a saber:

- zona de circulação em menor profundidade, no domínio hidrogeológico dos Latossolos e saprolitos superficiais da Formação Serra de Santa Helena, compreendendo águas mais ácidas, com pH menor que 7,2 e menos condutivas, denotando meios hidrogeológicos pobres em minerais carbonáticos e outros minerais neutralizadores de acidez. Representada, pelas águas monitoradas nas surgências e nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo;
- zona de circulação em profundidade intermediária no meio hidrogeológico, que compreende os saprolitos da Formação Serra de Santa Helena e a zona superior do domínio pelito-carbonático, cujas águas se apresentaram mais alcalinas e condutivas, representada pelas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro; e,
- zona de circulação profunda no meio hidrogeológico, compreendida no domínio cárstico-carbonático, cujas águas se apresentaram com pH cerca de 7,6, em média e condutividade

elétrica cerca de 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , representada pelas águas monitoradas nos poços tubulares de produção.

No diagrama de colunas apresentado na Figura 8.160, estão representados os valores médios dos parâmetros físico-químicos, pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas subterrâneas monitoradas, na área do estudo. As linhas tracejadas marcam os valores 7, para referência do pH, 100 e 200 para referência da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

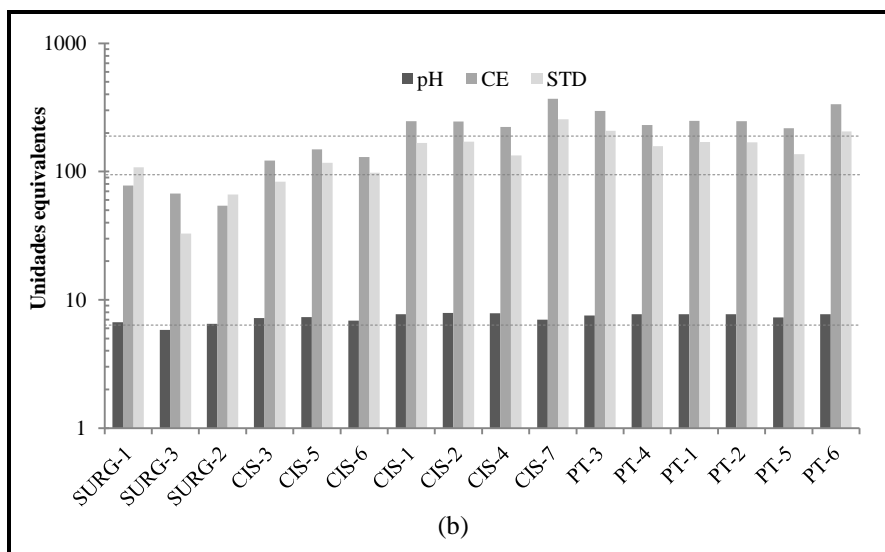


Figura 8.160 – Diagrama comparativo dos parâmetros pH, CE e STD nas águas das surgências e cisternas na área do estudo

As águas das surgências se apresentaram menos condutivas e menos salinizadas que as águas das cisternas e dos poços tubulares.

Na surgência da lagoa Subida da Estação (SURG-1), as águas apresentaram valores médios maiores, dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, possivelmente como consequência das atividades agrícolas praticadas no entorno de sua área de afloramento, conforme apresentado no diagrama da Figura 8.160.

Os valores de pH, em geral, abaixo de 7 e as condutividades, em geral, menores que 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  que se apresentaram nas águas das surgências indicam águas mais recentes, com menor tempo de residência no meio hidrogeológico. Também, essas as águas, podem receber maior influência da decomposição da matéria orgânica, em razão de suas áreas de afloramento estar situadas em ambientes de matas secundárias, com solos ricos em húmus originado da matéria orgânica.

As águas monitoradas nas cisternas do Barão (CIS-3), da Epamig (CIS-5) e do Estábulo (CIS-6) apresentaram pH médio próximo de 7, condutividades elétricas médias entre 100 e 150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , conforme o diagrama apresentado na Figura 8.159.

As águas monitoradas nas cisternas do Restaurante (CIS-1), da Estufa (CIS-2) e da Associação (CIS-4) apresentaram pH médio próximo de 7,8 condutividades elétricas médias entre 220 e 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

As águas da cisterna da Epamig e da fazenda Marinheiro apresentaram indícios de águas impactadas em razão do aspecto macroscópico, das turbidezes nefelométricas elevadas para águas subterrâneas, a saber, 133 NTU e 66 NTU, em média, e da variabilidade dos parâmetros CE e STD, resultando em valores médios elevados, de acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.159.

Nas águas monitoradas nos poços tubulares a variabilidade dos parâmetros pH, CE e SDT foi menor, resultando valores médios mais próximos. Nessas águas, os valores médios de pH, CE e STD, resultaram cerca de 7,6, 260  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 175 mg/L, respectivamente.

As diferenças nos valores de pH, nas condutividades elétricas e nos sólidos totais dissolvidos, representadas pelos valores médios mostrados no diagrama na Figura 8.160, indicaram águas diferentes, em sua constituição química. As águas subterrâneas mais condutivas e mais básicas, em média, foram verificadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da fazenda Marinheiro e nos poços tubulares Matadouro-1, Matadouro, ou seja, em áreas de descarga de águas subterrâneas de circulação profunda, conforme o modelo de fluxo hídrico subterrâneo, proposto por Machado (2011).

Nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, as concentrações de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) se apresentaram dominantes em relação às concentrações dos demais constituintes principais, a saber,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Portanto, do ponto de vista hidroquímico, essas águas se apresentaram cálcicas bicarbonatadas.

Nas águas monitoradas nas surgências foram verificadas as menores concentrações de cálcio e de bicarbonato, a saber: concentrações de cálcio no intervalo de (1,8 a 64) mg/L, ou (0,28 a 0,35) meq/L, com média de 12 mg/L (0,60 meq/L); e, de bicarbonato no intervalo de (8,1 a 243) mg/L, ou (0,13 a 4,0 meq/L), com média de 45 mg/L (0,74 meq/L). As maiores

concentrações de cálcio e de bicarbonato, em média, foram verificadas na surgência da lagoa da Subida da Estação.

Nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, as concentrações de cálcio se apresentaram no intervalo de (7,4 a 49) mg/L, ou (0,37 a 2,5) meq/L com média de 24 mg/L (1,2 meq/L); e, as concentrações de bicarbonato se apresentaram no intervalo de (19 a 149) mg/L, ou (0,31 a 2,4) meq/L com média de 79 mg/L (1,3 meq/L).

Nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram maiores, a saber: concentrações de cálcio no intervalo de (38 a 93) mg/L, ou (1,9 a 4,6) meq/L, com média de 56 mg/L (2,8 meq/L); e, de bicarbonato no intervalo de (149 a 309) mg/L, ou (2,4 a 5,1 meq/L), com média de 185 mg/L (3,0 meq/L).

Nas águas dos poços tubulares as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram nos seguintes intervalos: concentrações de cálcio no intervalo de (8,0 a 92) mg/L, ou (0,40 a 4,6) meq/L, com média de 55 mg/L (2,8 meq/L); e, de bicarbonato no intervalo de (23,5 a 262) mg/L, ou (2,4 a 5,1 meq/L), com média de 182 mg/L (3,0 meq/L).

Considerando os processos que ocorrem no meio hidrogeológico, e as concentrações médias reportadas, as águas subterrâneas monitoradas se apresentaram, em média, com concentrações de cálcio e de bicarbonato estequiometricamente compatíveis, ou seja, conforme Langmuir (1997), com as concentrações de bicarbonato maiores que as de cálcio.

Na águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, as maiores concentrações de cálcio e de bicarbonato, foram verificadas na cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7), a saber, 93 mg/L de cálcio e 309 mg/L de bicarbonato. As menores concentrações de cálcio e de bicarbonato foram verificadas na surgência do NIA, a saber, 1,8 mg/L de cálcio e 8,1 mg/L de bicarbonato.

Nas águas do meio hidrogeológico cárstico-carbonático, ou seja, representado pelas águas monitoradas nos poços tubulares, as menores concentrações médias de cálcio e de bicarbonato, a saber, 8,0 e 23,5 mg/L, respectivamente, foram verificadas no poço tubular da lagoa da Subida da Estação e, as maiores concentrações desses íons foram 92,0 e 262 mg/L respectivamente, verificadas no poço tubular da fazenda Tavares.

Conforme exposto, os íons cálcio e bicarbonato se apresentaram em concentrações dominantes em relação aos demais constituintes iônicos, monitorados nas águas subterrâneas, na área do estudo. Assim, de acordo com as concentrações médias de cálcio e de bicarbonato, verificadas nas águas subterrâneas monitoradas nas surgências, nas cisternas e nos poços tubulares cadastrados na área do estudo, foi estabelecido o grau de intensidade da característica hidroquímica cálcica-bicarbonatada, considerando uma escala de 0 a 100.

Na Figura 8.161 estão representados a soma dos teores de cálcio e de bicarbonato normalizada, em relação ao maior valor, que representa a característica hidroquímica cálcica-bicarbonatada, nas águas subterrâneas monitoradas, na área do estudo.

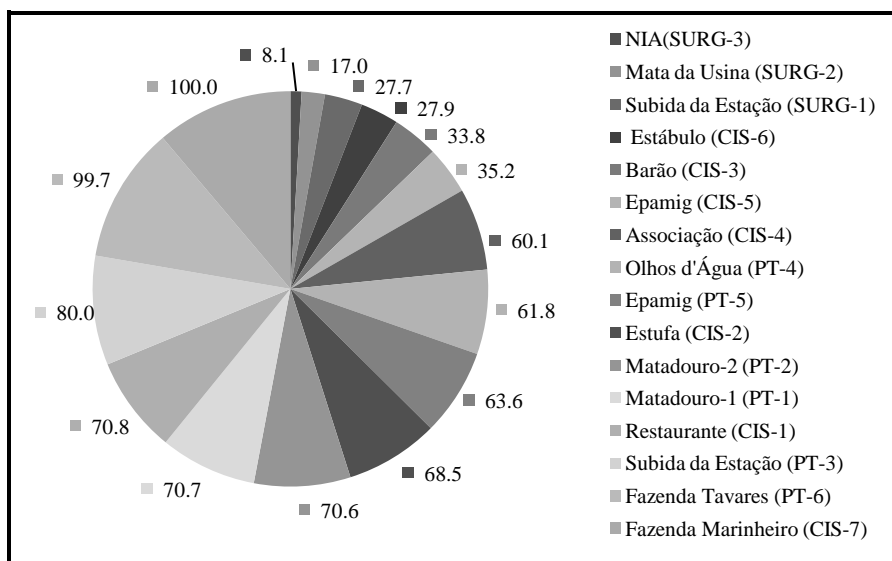


Figura 8.161 – Teores normalizados de cálcio e bicarbonato nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo

De acordo com os resultados descritos no diagrama mostrado na Figura 8.161, a característica hidroquímica cálcica bicarbonatada se apresentou mais fracamente nas águas subterrâneas rasas, que circulam no meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

A característica hidroquímica cálcica-bicarbonatada se apresentou mais fortemente nas águas subterrâneas mais profundas, que circulam no meio hidrogeológico no domínio pelito-carbonático.

As águas monitoradas na cisterna da Estufa apresentaram a característica cálcica-bicarbonatada com maior intensidade que as águas dos poços da Epamig e da lagoa Olhos d'Água, as águas da cisterna do Restaurante se apresentaram mais cálcicas bicarbonatadas que as águas dos

poços Matadouro-1 e Matadouro-2 e, as águas mais fortemente cálcicas-bicarbonatadas se apresentaram na cisterna da fazenda Marinheiro.

As águas monitoradas nas cisternas se apresentaram mais fortemente cálcicas bicarbonatadas, o que é indicativo da migração dos íons cálcio e bicarbonato originados de corretivos agrícolas aplicados nas áreas de cultura e nas pastagens artificiais.

É fato, que as cisternas do Restaurante e da Estufa foram instaladas em área de descarga de águas subterrâneas de circulação profunda, conforme Machado (2011), assim, os teores elevados de cálcio e de bicarbonato em suas águas são originados, em razão das práticas agrícolas associadas à implantação e manejo das culturas praticadas nas áreas de recarga a montante da zona de captação dessas cisternas.

Não considerando os íons cálcio e bicarbonato que se apresentaram dominantes nas águas subterrâneas na área do estudo, para os constituintes principais, magnésio, potássio, sódio, cloreto e nitrato, foram verificadas as seqüências, em ordem decrescente da abundância do constituinte, reportadas.

Águas monitoradas nas surgências:

- da lagoa da Subida da Estação (SURG-1) –  $Mg > Na > K; e, NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- da Mata da Usina (SURG-2) –  $Mg > Na > K; e, NO_3 > Cl > SO_4; e,$
- do NIA (SURG-3) –  $Na > Mg > K; e, NO_3 > SO_4 > Cl.$

Águas monitoradas nas cisternas:

- do Barão (CIS-3) -  $Na > K > Mg; e, Cl > NO_3 > SO_4$ ;
- da Epamig (CIS-5) -  $Na > Mg > K; e, Cl > NO_3 > SO_4$ ;
- do Estábulo (CIS-6) -  $Na > Mg > K; e, SO_4 > NO_3 > Cl$ ;
- do Restaurante (CIS-1) -  $Mg > Na > K; e, NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- da Estufa (CIS-2) -  $Mg > Na > K; e, NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- da Associação (CIS-2) -  $Mg > Na > K; e, NO_3 > Cl > SO_4; e,$
- da fazenda Marinheiro (CIS-7) —  $Mg > K > Na e NO_3 > SO_4 > Cl.$

Águas monitoradas nos poços tubulares de produção:

- poço Matadouro (PT-1) –  $Mg > Na > K; e, SO_4 > NO_3 > Cl$ ;

- poço Matadouro (PT-2) –  $Mg > Na > K$ ; e,  $NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- poço da lagoa Subida da Estação (PT-3) –  $Mg > Na > K$ ; e,  $NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- poço da lagoa Olhos d'Água (PT-4) –  $Mg > Na > K$ ; e,  $NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- poço Epamig (PT-5) –  $Na > Mg > K$ ; e,  $NO_3 > Cl > SO_4$ ; e,
- poço fazenda Tavares (PT-6) –  $Mg > Na > K$  e  $NO_3 > Cl > SO_4$ .

Do ponto de ambiental, as concentrações verificadas dos constituintes principais, sódio, cloreto, nitrato e sulfato, e de sólidos totais dissolvidos não denotaram águas subterrâneas poluídas.

De modo geral, para os constituintes iônicos associados às atividades antrópicas não foram verificadas concentrações maiores que os valores máximos permitidos, com frequência elevada durante o período monitorado, eventualmente e localizadamente se verificou concentrações maiores que os valores máximos permitidos, estabelecidos na resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008.

A concentração de nitrato ( $NO_3^-$ ), nas águas subterrâneas monitoradas, em geral, se apresentou abaixo de 44 mg/L, em média, menores que 22 mg/L (5,0 mg de N/L). As concentrações médias mais elevadas foram verificadas nas águas das cisternas da Epamig e da fazenda Marinheiro, a saber, 11,4 e 10,4 mg/L, respectivamente. As concentrações máximas de nitrato, também ocorreram nas águas dessas duas cisternas, a saber, 47 e 66 mg/L, verificadas em agosto e setembro de 2008.

Conforme Filho, (2008) concentrações de nitrato, como  $NO_3^-$ , maiores que 22 mg/L, conforme Filho, (2008), são indicativas de águas poluídas por nitrato originado de fontes antrópicas, incluindo a aplicação de adubos nitrogenados. De acordo com este limite, apenas as águas subterrâneas monitoradas nas cisternas da Epamig e da fazenda Marinheiro, se apresentaram, eventualmente, impactadas por nitrato.

Nas águas subterrâneas monitoradas nos demais pontos cadastrados na área do estudo as concentrações de nitrato, em média, se apresentaram menores que 10 mg/L, como  $NO_3^-$ .

Nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, as maiores concentrações médias de nitrato e de sulfato foram verificadas nas águas da cisterna da Epamig, a saber, 11,4 mg/L de

nitrato e 30,3 mg/L de sulfato. A maior concentração média de cloreto foi verificada nas águas da cisterna do Estábulo, a saber, 8,71mg/L.

A partir das concentrações médias dos constituintes secundários e traços, quantificados nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, foram verificadas as seqüências descritas a seguir, em ordem decrescente da abundância do constituinte.

Nas surgências:

- Subida da Estação (SURG-1) — Al > Fe > Zn > Mn > Cu > Ba > Pb > Cd > Cr;
- Mata da Usina (SURG-2) — Fe > Zn > Al > Pb > Ba > Mn > Cd > Cr > Cu; e,
- do NIA (SUR-3) — Zn > Fe > Al > Ba > Mn > Pb > Cr > Cd > Cu.

Nas cisternas:

- do Barão (CIS-3) — Al > Fe > Zn > Mn > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd;
- da Epamig (CIS-5) — Fe > Al > Zn > Mn > Ba > Cu > Cr > Pb > Cd;
- do Estábulo (CIS-6) — Al > Fe > Ba > Zn > Mn > Cu > Pb > Cr;
- do Restaurante (CIS-1) — Zn > Fe > Mn > Ba > Al > Pb > Cr > Cu > Cd;
- da Estufa (CIS-2) — Zn > Al > Mn > Fe > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd;
- da Associação (CIS-4) — Fe > Zn > Al > Ba > Mn > Pb > Cr > Cu > Cd; e,
- da fazenda Marinheiro (CIS-7) — Zn > Fe > Al > Ba > Mn > Cu > Cr > Cd.

Nos poços tubulares:

- Matadouro 1 (PT-1) — Zn > Fe > Al > Ba > Mn > Pb > Cu > Cr > Cd;
- Matadouro 2 (PT-2) — Al > Fe > Ba > Zn > Mn > Pb > Cu > Cr > Cd;
- da Epamig (PT-5) — Fe > Al > Mn > Ba > Zn > Cr > Cd > (Pb > Cu); e,
- da fazenda Tavares (PT-6) — Fe > Zn > Al > Ba > Mn > Pb > Cd > Cu > Cr.
- da lagoa Subida da Estação (PT-3) — Al > Fe > Zn > Ba > Mn > Cu > Cd > Pb > Cr; e,
- da lagoa Olhos d'Água (PT-4) — Fe > Al > Zn > Ba > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd.

Entre os metais secundários e traços monitorados nas águas subterrâneas, na área do estudo, ocorreram, em maior abundância, em geral, os elementos ferro, alumínio e zinco, seguidos do manganês e do bário. Os demais elementos, a saber, chumbo, cobre, cromo e cádmio foram verificados em concentrações menores e frequências pequenas, em geral.



Nas águas das surgências e das cisternas os metais ferro, alumínio, zinco e manganês se apresentaram com maiores concentrações, em média e, em menores o bário, chumbo, cobre, cromo e cádmio.

As águas da surgência Mata da Usina e das cisternas do Barão, do Estábulo, da Estufa e da fazenda Marinheiro apresentaram concentrações médias de alumínio mais elevadas que as de ferro, e concentrações médias de zinco mais elevadas que as de manganês.

Para definir seqüências de abundância mais representativas dos constituintes quantificados nas águas subterrâneas, na área do estudo, se faz necessário estabelecer um método para associar as frequências de quantificação as concentrações verificadas.

Nas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, em média o alumínio, ferro, o manganês e o zinco se apresentaram com concentrações maiores que 150 µg/L; o bário com concentrações, em média, no intervalo de (50 a 150) µg/L e, os demais constituintes com concentrações menores que 50 µg/L.

Nas águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, as concentrações dos metais secundários e traços apresentaram maior variabilidade, tendo sido verificadas as seguintes concentrações de alumínio e de ferro: cerca de 1000 µg/L, na cisterna do Barão; 90 e 1600 µg/L, na cisternas da Epamig; e, 400 e 220 µg/L, na cisterna do Estábulo.

Nas águas dessas cisternas, as concentrações de manganês e de zinco, em média, se apresentaram no intervalo de (50 a 120) µg/L, dos constituintes bário, chumbo, cobre, cromo e cádmio as concentrações médias verificadas, em geral, foram menores que 40 µg/L.

Nos poços de produção as concentrações médias de alumínio, ferro e zinco se apresentaram mais variáveis, tendo sido verificadas concentrações médias nos seguintes intervalos: nas águas monitoradas nos poços Matadouro-1, Matadouro-2, da Epamig e da fazenda Tavares — alumínio de (65 a 200) µg/L, com média de 100 µg/L; ferro de (60 a 850) µg/L, com média de 295µg/L; e, zinco de (29 a 86) µg/L, com média de 70 µg/L.

O chumbo ocorreu, nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e da fazenda Tavares com concentrações médias, a saber, 100, 42 e 220 µg/L, respectivamente. Não tendo sido verificado, nas águas do poço da Epamig.

Nesses poços as concentrações médias dos constituintes manganês, bário, cromo, cobre e cádmio, em geral, se apresentaram menores que 30 µg/L, com as seguintes exceções: no poço da Epamig a concentração média do manganês foi 66 µg/L, no poço da fazenda Tavares as concentrações médias de bário e de cádmio foram 48 e 89 µg/L, respectivamente.

Nas águas monitoradas nos poços surgentes foram verificadas as seguintes concentrações médias de alumínio, ferro e zinco: 352 µg/L de Al, 170 µg/L de Fe e 100 µg/L de Zn nas águas do poço da lagoa Subida da Estação; 109 µg/L de Al, 119 µg/L de Fe e 85 µg/L de Zn no poço da lagoa Olhos d'Água.

Nas águas monitoradas no poço tubular da lagoa Subida da Estação as concentrações médias de Mn, Ba, Cu e Cd se apresentaram no intervalo de 40 a 70 µg/L, o chumbo com 16 µg/L e o cromo com 8 µg/L; nas águas monitoradas no poço tubular da lagoa Olhos d'Água as concentrações médias de Mn, Ba, Pb e Cu se apresentaram no intervalo de 15 a 25 µg/L e o cromo com 5 µg/L e o cádmio com 2 µg/L Cd.

Os metais ferro, alumínio e manganês são frequentes como óxidos, ou como argilominerais nos Latossolos, na área do estudo (Brito Galvão e Schulze, 1996; Sans, 1973). Além desses metais que foram frequentes nas águas superficiais monitoradas, as ocorrências de zinco, bário, chumbo e cádmio nessas águas, em princípio, se originaram nas rochas pelito-carbonáticas do Grupo Bambuí.

Nas rochas carbonáticas do grupo Bambuí, ocorrem mineralizações importantes de zinco e secundariamente de chumbo. Nas mineralizações primárias de zinco, ocorrem minérios ricos em willemita,  $Zn_2SiO_4$ , com teores de 50 a 70% e, minérios sulfetados, com cerca de 7,5% de esfarelita, ZnS. Ocorrem, ainda, mineralizações secundárias, com hemimorfita,  $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ . Na mineralização primária ocorrem outros minerais de zinco, tais como franklinita e zincita, associadamente ocorrem hematita, barita e quartzo. Associados ao minério sulfetado, ocorrem pirita, galena e quartzo (Bettencourt et al., 2001; Brasil, 2010).

Nas rochas pelíticas e carbonáticas, em geral, o teor de zinco é maior que do bário. Entretanto, o bário possui raio iônico semelhante ao do potássio, assim pode estar presente nos minerais de potássio substituindo este metal (Resende et al., 2007).

De acordo com a composição mineralógica dos minérios willemíticos e sulfetados em rochas carbonáticas do Grupo Bambuí (Bettencourt et al., 2001; Brasil, 2010), foram estimados

teores cerca de 31% de Zn, no minério willemítico e, de 5% de zinco, no minério sulfetado sulfetados e cerca de 2,2% de chumbo nos corpos sulfetados.

A ocorrência de corpos mineralizados com zinco e chumbo, na rochas carbonáticas do grupo Bambuí, em parte, é indicativo da presença disseminada de minerais de zinco e chumbo, além de minerais associados, como a barita e metais como o cádmio e o ferro, nas seqüências pelito-carbonáticas do grupo Bambuí. Sendo esses minerais, considerados como a fonte primária dos respectivos metais verificados nas águas monitoradas na área do estudo.

O cádmio ocorre, comumente, associado aos minerais de zinco, sendo um subproduto da metalurgia do zinco. Nos minérios primários de zinco, ocorre com teor de médio de 360 ppm (Brasil, 2010).

A mobilização do cádmio e do zinco por atividades humanas supera os processos de ciclagem natural. O aumento nas quantidades de cádmio mobilizado, nas águas naturais, está, em parte, associado tanto à demanda de bens manufaturadas, como ao aumento do uso de zinco e de fertilizantes fosfatados, em que ocorre como impureza. O cádmio é usado em processos eletrolíticos, em estabilizantes de plásticos, em pigmentos de tintas, soldas e nas baterias de níquel-cádmio (O'Neil, 1998).

Os metais zinco e cádmio são fortemente calcófilos, com ciclos geoquímicos francamente inter-relacionados. Os minerais de zinco e a maior parte dos fluxos antropogênicos deste metal, contém pequenas quantidades de cádmio (O'Neil, 1998).

Os fertilizantes fosfatados contém cádmio em concentrações da ordem de 5 a 100 mg/Kg, a aplicação desses fertilizantes no solo agrícola aumenta sua concentração no solo e nas plantas, podendo desta forma aumentar sua concentração nas águas naturais.

As propriedades geoquímicas do zinco e do cádmio são muito semelhantes, no entanto o íon  $Zn^{2+}$ , em água, é mais estável que o íon  $Cd^{2+}$ . Como consequência, quando existe competição entre o zinco e o cádmio para preencher sítios na estrutura cristalina de minerais, o cádmio tende a se ligar mais fortemente que o zinco, em particular nos sulfetos nos minerais. Por essa razão, associada à menor abundância do cádmio na crosta terrestre, o metal é raro nas águas subterrâneas (McBride, 1994; Freeze e Cherry, 1979).

Condições oxidantes no intemperismo libera o cádmio como fase iônica móvel e solúvel. Este cátion é ainda mais solúvel que o Zn em soluções ácidas oxidantes, e é classificado como tendo mobilidade média a alta em solos bem drenados ácidos.

A alta mobilidade é atribuída ao fato de que o Cd é fracamente adsorvido em matéria orgânica, em argilominerais e nos óxidos de ferro, alumínio e manganês, a menos quando o pH é superior a 6. Em pH acima de 7, o Cd pode co-precipitar com o  $\text{CaCO}_3$  ou como  $\text{CdCO}_3$  e fosfatos. Portanto, a mobilidade e a biodisponibilidade do Cd em solos neutro ou alcalinos é baixa. Na zona saturada do solo, em meio não oxidante, a baixa solubilidade do CdS acarreta baixa mobilidade do metal (Sparks, 2003; McBride, 1994).

As baixas frequências de quantificação do cobre e do chumbo, nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, foram atribuídas aos limites de detecção elevados, dos métodos analíticos empregados pela DVQA-Copasa.

Para o cobre, até dezembro de 2010, o LDM do método de análise utilizado era maior que o valor máximo permitido de 0,009 mg/L, estabelecido pela resolução CONAMA N° 396 de dezembro de 2008, para águas subterrâneas.

Para o chumbo, o limite de detecção do método analítico empregado pela DVQA-Copasa, também foi elevado, o que certamente reduziu a frequência de quantificação do metal, nas águas dessas cisternas. A partir de dezembro de 2010, foi adotado um novo método com LDM menor, o que deverá aumentar a frequência de quantificação do Pb.

#### **8.4 Hidrogeoquímica das Águas Subterrâneas na Área do estudo**

Sob o ponto de vista químico a água é o solvente universal, assim, ela interage com a matéria presente no meio em que circula, adquirindo uma composição química que é função de sua agressividade, ou seja, de sua acidez e da solubilidade dos materiais que constituem tal meio.

De acordo com Langmuir (1997), a composição das águas subterrâneas é uma função complexa de muitas variáveis, que inclui:

- a composição da água subterrânea na área de recarga, que é afetada pela composição química das águas meteóricas, a lixiviação de minerais acumulados por evapotranspiração entre os eventos de infiltração, a atividade orgânica no solo, e o intemperismo dos materiais do solo;

- composição mineralógica e petrológica das rochas da subsuperfície; e,
- as propriedades hidrogeológicas das rochas e do solo, que têm forte influência na extensão dos processos de interação água-rocha.

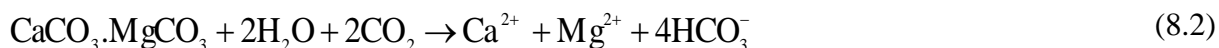
Quando a ocorrência, nas rochas em subsuperfície, dos minerais mais solúveis como a halita, a gipsita e a calcita for cerca de 1%, no mínimo, sua dissolução poderá definir a composição da água subterrânea. Os silicatos e aluminossilicatos são, em geral, menos solúveis, ou suas taxas de dissolução são muito menores do que as taxas dos minerais mais solúveis (Langmuir, 1997).

Velocidades elevadas do fluxo da água subterrânea resultam águas com relativamente baixos teores de sólidos dissolvidos, por causa do pequeno tempo de residência da água e da elevada razão água/rocha (Appelo e Postma, 2006).

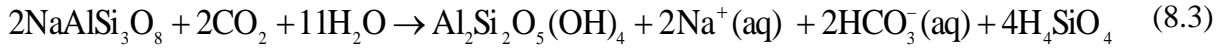
Considerando a interação água-solo-rocha, a concentração das espécies em solução depende de seu pH, da estabilidade e solubilidade dos minerais que constituem a fase sólida, solo-rocha, do tempo de residência e das taxas de reação. Interações água-rocha, primárias, compreendem os processos de adsorção-dessorção e precipitação-dissolução, este determinado pelo equilíbrio de solubilidade (Appelo e Postma, 2006).

Minerais mais solúveis e menos estáveis podem reagir rapidamente, em contato com a água, alcançando o equilíbrio de solubilidade em um tempo relativamente pequeno, comparado com o tempo de residência da água, enquanto que outros minerais podem reagir tão lentamente que o estado de equilíbrio não será alcançado, nas temperaturas e pressões ordinárias.

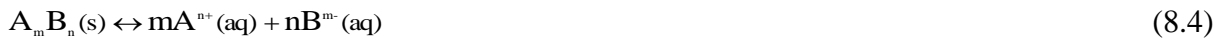
No caso do intemperismo de rochas carbonáticas, contendo os minerais carbonáticos calcita e dolomita, a água contendo dióxido de carbono ao percolar o meio geológico, será enriquecida em dois mols de  $\text{HCO}_3^-$ , para cada mol de  $\text{Ca}^{2+}$  e em quatro mols  $\text{HCO}_3^-$ , para cada mol de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$ , para a dissolução congruente desses minerais, conforme as seguintes equações.



No caso do intemperismo de rochas graníticas e gnáissicas, considerando a albita como representante dos feldspatos dessas rochas, de sua dissolução incongruente será liberado o dobro da quantidade de  $\text{HCO}_3^-$  ou de  $\text{Na}^+$ , para o  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  liberado, de acordo com a seguinte equação.



O estado de equilíbrio heterogêneo, ou seja, compreendendo uma fase sólida e a solução saturada de seus íons, é determinado pela relação entre o produto iônico, ou melhor, o produto das atividades das espécies iônicas formadoras da fase mineral sólida, e a constante do produto de solubilidade do mineral. A Equação 8.1 representa esse estado de equilíbrio.



Para o estado de equilíbrio representado pela Equação 8.2, a constante do produto de solubilidade, considerando as atividades das espécies iônicas, na fase aquosa, é dada pela Equação 8.2, em que a letra a designa a atividade. A atividade da fase sólida é considerada unitária.

$$K_{ps} = (a_{\text{A}^{n+}})^m (a_{\text{B}^{m-}})^n \quad (8.5)$$

A energia livre associada à dissolução de um sólido iônico, como um mineral, é dada pela Equação 8.3.

$$\Delta G = \frac{RT}{2,303} \log \frac{Q}{K_{ps}} \quad (8.6)$$

Em que R é a constante universal dos gases, T a temperatura absoluta, Q o quociente de reação, que no caso de uma reação de precipitação é dado pelo produto iônico e  $K_{ps}$  é a constante do produto de solubilidade.

A Equação 8.3, então pode ser escrita do seguinte modo.

$$\Delta G = \frac{RT}{2,303} \log \frac{(a_{\text{A}^{n+}})_{\text{atual}}^m (a_{\text{B}^{m-}})_{\text{atual}}^n}{(a_{\text{A}^{n+}})_{\text{eq}}^m (a_{\text{B}^{m-}})_{\text{eq}}^n} = \frac{RT}{2,303} \log \frac{\text{PI}}{K_{ps}} \quad (8.7)$$

Onde o termo logarítmico na Equação 8.3 é o índice de saturação, SI.

À temperatura de 25 °C o estado de equilíbrio para um mineral em solução aquosa, pode ser definido pelo valor deste índice, conforme a equação.

$$\text{índice de saturação} = SI = \log\left(\frac{PI}{K_{ps}}\right) \quad (8.8)$$

Para um dado mineral e de acordo com as concentrações das espécies iônicas presentes na fase aquosa, de acordo com a Equação 5.5, podem ocorrer três estados distintos, a saber:

- $SI = 0$ , o mineral está em equilíbrio com seus constituintes iônicos dissolvidos;
- $SI < 0$ , a água está subsaturada com os íons constituintes do mineral, ou seja, não ocorrerá precipitação da fase mineral sólida; e,
- $SI > 0$ , a água está supersaturada com os íons constituintes do mineral, ou seja, poderá ocorrer precipitação da fase mineral sólida.

Para águas naturais que, em geral, possuem baixas concentrações de sólidos dissolvidos as concentrações analíticas podem ser usadas para calcular o produto iônico (Merkel e Planer-Friedrich, 2008).

De forma que, os cálculos do equilíbrio mineral em amostras de águas subterrâneas podem ser usados para estimar a presença de minerais reativos nos aquíferos e estimar a reatividade mineral.

Devido às incertezas inerentes aos cálculos dos índices de saturação, da exatidão dos resultados analíticos, dos valores tabelados das constantes de equilíbrio e dos métodos de cálculo das atividades e dos valores de  $SI$ , a região de equilíbrio para os diversos minerais é considerada em um intervalo de  $-0,5 \leq SI \leq 0,5$  (Merkel e Planer-Friedrich, 2008).

Em amostras de águas subterrâneas, quando o índice de saturação calculado resultar próximo de zero, para alguns dos minerais reativos, então, é provável que o mineral ocorra no ambiente aquífero podendo, então, afetar a composição da água (Merkel e Planer-Friedrich, 2008).

A modelagem geoquímica do conjunto de resultados das análises físico-químicas, das águas monitoradas nas cisternas, nas surgências e nos poços tubulares, selecionados de acordo com

os critérios estabelecidos no Capítulo 7, foi executada com o aplicativo computacional de domínio público PHREEQC, de Parkhurst e Appelo (1998), versão 2.17.

Dentro dos conjuntos de resultados modelados foram escolhidos para representar as águas monitoradas, aqueles que apresentaram o menor valor do balanço elétrico, associado ao menor erro analítico, conforme descrito por Merkel e Planer-Friedrich (2008). Desta forma, os resultados descritos na Tabela 8.61, foram considerados representativos das águas subterrâneas em cada um dos pontos de monitoramento.

Para o conjunto de amostras descrito na Tabela 8.61 estão apresentados os valores dos parâmetros pH e condutividade elétrica medidos em laboratório, e os resultados modelados pelo aplicativo PHREEQC, a saber: o potencial de redox; a força iônica; o balanço iônico; e, o erro percentual.

Tabela 8.61 – Características das águas subterrâneas na área do estudo

Águas subterrâneas	Identificação No texto	pH	CE $\mu\text{S/cm}$	pE	Força Iônica ( $\times 10^{-3}$ )	Balanço <sup>(1)</sup> Iônico ( $\times 10^{-5}$ )	Erro percentual
<b>Cisternas</b>							
do Restaurante	(CIS-1)	7,10	266	4,0	4.10	0.097	0,02
da Estufa	(CIS-2)	7,60	270	4,0	4.17	0.184	0,03
do Barão	(CIS-3)	7,10	56	4,0	0.79	0.523	0,48
da Associação	(CIS-4)	7,80	249	4,0	3.86	-4.16	-0,81
da Epamig	(CIS-5)	7,32	152	4,0	2.15	-2.17	-0,71
do Estábulo	(CIS-6)	6,90	116	4,0	1.53	0.215	0,10
da fazenda Marinheiro	(CIS-7)	6,93	428	4,0	6.46	4.00	0,45
<b>Poços de Produção</b>							
Matadouro 1	(PT-1)	8,10	278	4,0	4.28	-0.967	-0,17
Matadouro 2	(PT-2)	7,80	284	4,0	4.44	-0.507	0,10
Subida da Estação	(PT-3)	7,44	374	4,0	5.87	-1.72	-0,22
Olhos d'água	(PT-4)	7,40	195	4,0	2.96	0.376	0,09
Epamig	(PT-5)	7,35	241	4,0	3.71	2.10	0,43
Fazenda Tavares	(PT-6)	7,56	400	4,0	6.32	-1.08	-0,13
<b>Surgências</b>							
Mata da Usina	(SURG-1)	7,30	195	4,0	2.85	-3.75	-0,97
Subida da Estação	(SURG -2)	6,81	36	4,0	4.71	-0.133	-0,20
do NIA	(SURG -3)	5,56	24	4,0	3.21	-2.82	-6,01

1) Designado no aplicativo como balanço elétrico (*electrical balance*)

Os valores das forças iônicas reportados, na Tabela 8.59, com ordem de grandeza  $10^{-3}$ , são característicos de soluções aquosas diluídas, desta forma indicando águas pouco mineralizadas, à semelhança das águas naturais continentais não poluídas.

As águas das cisternas do Barão (CIS-3), da Epamig (CIS-5) e do Estábulo (CIS-6) apresentaram as menores forças iônicas, associadas às menores condutividades elétricas, o que indica águas de natureza diferente das águas das cisternas do Restaurante (CIS-1), da



Estufa (CIS-2), da Associação (CIS-4) e da fazenda Marinheiro (CIS-7), conforme os resultados reportados na Tabela 8.59.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.59, no conjunto dos poços tubulares, as águas apresentarem forças iônicas características de águas pouco mineralizadas. As águas monitoradas nos poços Matadouro 1, Matadouro 2 apresentaram condutividades elétricas e forças iônicas praticamente iguais. As águas monitoradas nos poços da lagoa da Subida da Estação e da fazenda Tavares apresentaram condutividades elétricas e forças iônicas maiores que os valores dessas grandezas, nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, em cerca de 40%, o que é indicativo de águas mais mineralizadas.

As águas monitoradas nos poços da lagoa Olhos d'Água e da Fazenda Tavares apresentaram, respectivamente, a menor e a maior força iônica entre as águas monitoradas apresentadas na Tabela 8.59, associadas, à menor e à maior condutividade elétrica.

As águas das surgências Subida da Estação e do NIA apresentaram forças iônicas e condutividades elétricas características de águas com baixas concentrações iônicas, entretanto a condutividade elétrica verificada nas águas da surgência Mata da Usina se apresentou elevada, apesar da força iônica baixa, de suas águas.

Na modelagem hidrogeoquímica, com o código PHREEQC, além do parâmetro pH, foram utilizados os seguintes parâmetros, em mg/L: alcalinidade, como bicarbonato, bário, cálcio, magnésio, sódio, potássio, alumínio, ferro, manganês, zinco, sílica, cloreto, nitrato, sulfato, oxigênio dissolvido.

Para entrada dos dados, no aplicativo computacional PHREEQC, foram utilizadas planilhas eletrônicas, em que os resultados das análises físico-químicas foram organizados, e importados para o arquivo de entrada do aplicativo.

Os metais alumínio, bário, ferro, manganês e zinco que, em geral, se apresentaram em concentrações menores, foram representados nos diagramas de distribuição, reunidos sob o descritor “Metais”, por questão de representatividade nesses diagramas. Os demais metais de transição monitorados, não foram incluídos, em razão de concentrações não significativas e das pequenas frequências de quantificação.

Nos diagramas de distribuição, estão representadas as frações em miliequivalentes dos constituintes indicados nas legendas, organizadas em ordem decrescente dos seus teores.

Na Figura 8.162 estão apresentados os diagramas de distribuição dos constituintes principais, nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

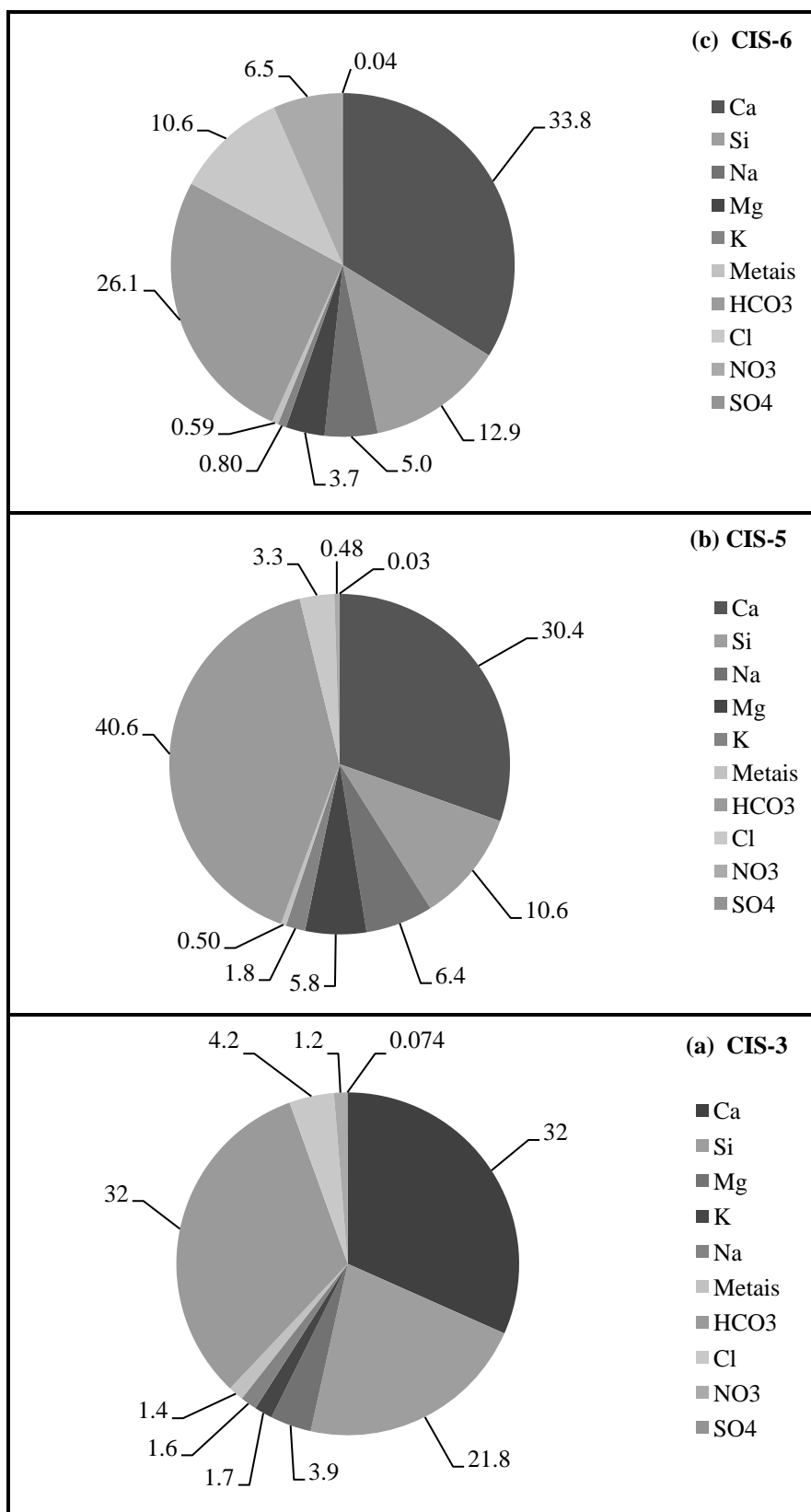


Figura 8.162 – Composição das águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Os diagramas apresentados na Figura 8.162 corroboram a dominância dos íons cálcio e bicarbonato nas águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

Associado a esses dois constituintes principais se acrescenta, em importância, o silício originado do intemperismo dos silicatos comuns, presentes nos solos e rochas, que compõem o meio geológico, na área do estudo.

A constituição química das águas nessas cisternas, considerando os constituintes formadores de minerais, se apresentou com a seguinte composição:

- Ca e HCO<sub>3</sub> com 64,1%; Si com 21,8 %; Na, K e Mg com 7,1%; Cl e SO<sub>4</sub> com 4,3%; Al, Fe, Zn e Ba com 1,4%, nas águas da cisterna do Barão;
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 71,0%; Si com 10,6 %; Na, K e Mg com 14,1%; Cl e SO<sub>4</sub> com 3,3%; Al, Fe, Zn e Ba com 0,5%, nas águas da cisterna da Epamig;
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 59,9%; Si com 12,9 %; Na, K e Mg com 9,4%; Cl e SO<sub>4</sub> com 10,6%; Al, Fe, Zn e Ba com 0,6%, nas águas da cisterna do Estábulo;

Conforme descrito, os constituintes cálcio e bicarbonato representaram, em média, mais de 60% da composição química das águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo.

As fontes naturais de sulfato, em geral, são a pirita, comum no meio geológico, cuja oxidação produz sulfato, e os sulfatos minerais mais comuns, gipsita, anidrita e a barita, que é muito pouco solúvel.

A fonte atropogênica de sulfato, em áreas de agricultura, comumente, é o gesso agrícola, empregado como corretivo de solos.

De modo geral, a teor de sulfato na composição química das águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo resultou pequeno, em média, 0,8% do total dos constituintes considerados.

Admitindo uma rotina de utilização de gesso agrícola (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O), na correção dos solos na área de captação dessas cisternas, poderia haver um aumento nas concentrações de cálcio e de sulfato. Porém, tanto o sulfato, como o cálcio, excedentes, considerando o estado de equilíbrio alcançado nessas águas, poderiam ser removidos por precipitação, por adsorção em matéria

orgânica e no material particulado inorgânico, principalmente, óxidos hidratados e hidróxidos de ferro e de alumínio e em argilominerais. O que, em parte, justifica as baixas concentrações de sulfato nas águas monitoradas.

É importante ressaltar, que as concentrações dos metais foram medidas nas amostras acidificadas no momento da coleta, portanto suas concentrações, em princípio, se apresentaram maiores que as concentrações naturais dos metais nas águas monitoradas nessas cisternas.

A determinação do anion sulfato nas águas monitoradas, de acordo com a metodologia analítica utilizada nos laboratórios da DVQA-Copasa, era realizada em amostra não acidificada, mas filtrada em laboratório. Desta forma, diferentemente dos metais, a fração retida no material particulado, não foi determinada.

Na Figura 8.163 estão apresentados os diagramas de distribuição dos constituintes principais, secundários e traços, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação. Nesses diagramas, as legendas estão organizadas em ordem decrescente do teor de cada constituinte. Assim, entre os cátions, o primeiro é o que se apresentou com maior teor e, entre os anions com a mesma ordem.

De acordo com diagramas apresentados na Figura 8.163 os íons cálcio e bicarbonato se apresentaram dominante nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro. Nas águas dessas cisternas, esses dois íons constituíram cerca de 85 % da sua composição de suas águas, enquanto que nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, o teor de cálcio e bicarbonato representou, em média, cerca de 65 % de sua composição.

Nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação e da fazenda Marinheiro o silício apresentou menor contribuição na composição química das águas, em média, com teor de 7%, enquanto que nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo o silício se apresentou com teor de 15%.

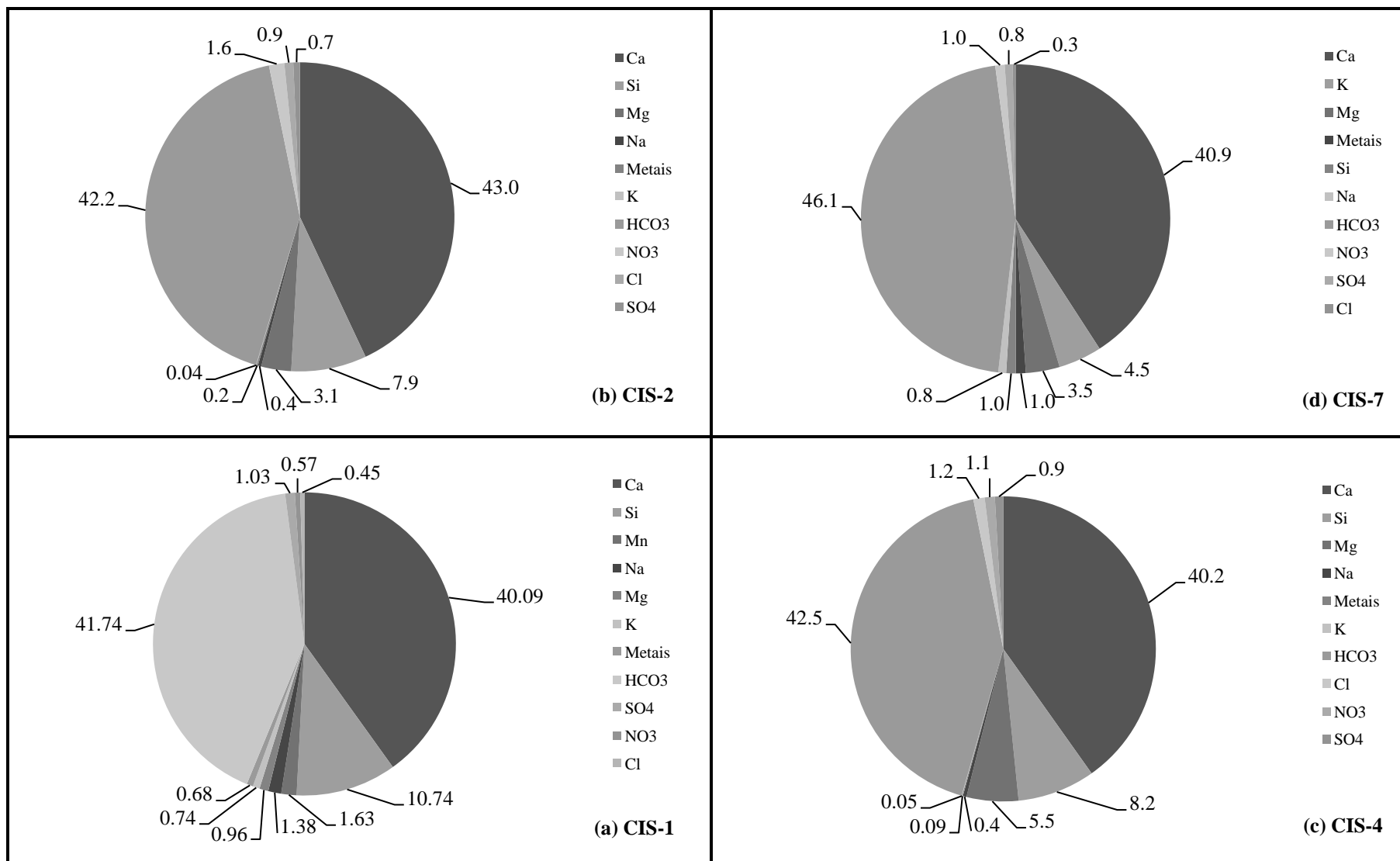


Figura 8.163 – Composição das águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

As águas monitoradas nas cisternas, reportadas na Figura 8.163, considerando os constituintes formadores de minerais, se apresentaram com a seguinte composição:

- cisterna do Restaurante — Ca e HCO<sub>3</sub> com 81,8%; Si com 10,7 %; Na, Mg e K com 3,1%; Cl e SO<sub>4</sub> com 1,5%; Mn com 1,6%; e, Al, Fe, Zn e Ba com 0,7%;
- cisterna da Estufa — Ca e HCO<sub>3</sub> com 85,2%; Si com 7,9 %; Mg, Na e K e com 3,5%; Cl e SO<sub>4</sub> com 1,6%; Al, Fe, Zn, Mn e Ba com 0,15%;
- cisterna da Associação — Ca e HCO<sub>3</sub> com 82,6%; Mg, Na e K com 8,9%; SO<sub>4</sub> e Cl com 1,1%; Si com 1,0 %; Al, Fe, Zn, Mn e Ba com 1,0%;
- cisterna da fazenda Marinheiro — Ca e HCO<sub>3</sub> com 87%; Si com 12,9 %; Na, K e Mg com 9,4%; Cl e SO<sub>4</sub> com 10,6%; Al, Fe, Zn e Ba com 0,6%.

Os teores de cálcio e bicarbonato verificados confirmam a influência do meio hidrogeológico pelito-carbonático, nas águas dessas cisternas.

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 8.163 (c) e 8.163 (d), nas águas das cisternas da Associação e da fazenda Marinheiro os constituintes Mg, K se apresentaram com teor, cerca de 6% em média, maior que nas águas das cisternas do Restaurante e da Estufa. O que é indicativo do aporte desses elementos, para a zona de captação dessas cisternas,

A cisterna da fazenda Marinheiro foi implantada em zona de descarga de águas subterrâneas, situando a cerca 1 km, do afloramento de calcário conhecido como Lapa Preta e a 100 m do córrego Marinheiro, alimentado por águas cársticas, em parte. A cisterna da Associação, foi implantada na área de influência da lagoa Olhos d'Água, uma área de descarga de águas subterrâneas profundas.

O modelo do fluxo hídrico subterrâneo, na área do estudo, proposto por Machado (2011), indica que as águas nessas cisternas circulam em zonas mais profundas do sistema aquíferos, e de acordo com os resultados descritos, possivelmente influenciadas pelo domínio hidrogeológico pelito-carbonático.

Conforme apresentado no diagrama na Figura 8.163 (d), nas águas da cisterna do fazenda Marinheiro o potássio ocorreu com um teor de 4,5%, maior que nas águas das cisternas Restaurante, da Estufa e da Associação.

O teor mais elevado de potássio nas águas dessa cisterna é atribuído, em parte, à aplicação de fertilizantes com potássio, nas pastagens no seu entorno. A presença mais importante do potássio nas águas subterrâneas monitoradas na cisterna da fazenda Marinheiro indica a migração do cátion para a zona saturada sob a influencia dessa cisterna.

A participação dos metais secundários e traços, a saber, Al, Fe, Mn, Zn, e Ba na constituição química das águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, resultou pouco importante, em razão dos teores, em geral, menores que 1%. No entanto, a presença de manganês, zinco e bário, mesmo em pequenas quantidades, conforme apresentado na Figura 8.163, é indicativa da natureza cárstica-carbonática das águas nessas cisternas.

Os constituintes cloreto e sulfato, nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação e da fazenda Marinheiro ocorreram em frações pouco importantes, em média, menores que 1%, conforme os diagramas apresentados na Figuras 8.163.

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.163 o silício ocorreu com teor importante, em média, 9% nas águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação. Nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro o teor silício se apresentou pouco importante, cerca de 1%, em relação ao total dos constituintes principais, secundários e traços.

A composição química das águas monitoradas nas cisternas, cadastradas na área do estudo, está sumarizada na Tabela 8.62, considerando apenas os constituintes formadores de minerais.

Tabela 8.62 – Distribuição dos constituintes principais nas águas das cisternas do Barão (CIS-3), da Epamig (CIS-5) e do Estábulo (CIS-6)

Constituintes Cisternas	Principais (%)							Secundários e traços (%)					Total (%)
	Ca+HCO <sub>3</sub>	Si	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Zn	Mn	Ba	
Barão	64,1	21,8	3,9	1,7	1,6	4,2	0,074	0,95	0,34	0,11	0,026	0,001	100
Epamig	71,0	5,8	5,8	1,8	6,4	3,3	0,03	0,40	0,08	0,011	0,008	0,004	100
Estábulo	59,9	3,7	3,7	0,80	5,0	10,6	0,04	0,05	0,18	0,050	0,015	0,011	100
Restaurante	81,8	10,7	0,96	0,74	1,38	0,45	1,03	1,6	0,48	0,13	0,05	0,02	100
Estufa	85,2	7,9	3,13	0,04	0,36	0,92	0,68	0,07	0,04	0,020	0,01	0,004	100
Associação	82,6	8,2	5,49	0,05	0,38	1,20	0,88	0,002	0,06	0,022	0,006	0,004	100
faz. Marinheiro	87,0	1,0	3,54	4,54	0,82	0,31	0,82	0,70	0,13	0,18	0,004	0,011	100

Os resultados apresentados Tabela 8.62 corroboram a característica cálcica-bicarbonata, das águas monitoradas nas cisternas. Tal característica se apresentou com maior intensidade nas

águas das cisternas instaladas em locais de descarga ou de trânsito das águas subterrâneas de circulação mais profunda.

Além do menor teor de cálcio e bicarbonato, nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, em média, o silício se apresentou com teor 50 % maior e o sódio e o cloreto com teores, em média, 600% maiores que nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação e da fazenda Marinheiro, indicando a influencia das coberturas detrito-lateríticas nas suas águas.

De acordo com o exposto, pode ser admitido que as águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo sejam águas sob a influência do meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e dos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, ou seja, das coberturas detrito-lateríticas e que as cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação e da fazenda Marinheiro sejam águas sob a influência do meio hidrogeológico pelito-carbonático.

Na Figura 8.164 estão apresentados os diagramas de barras para as fases minerais derivadas da composição química das águas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, considerando um intervalo do índice de saturação de  $10^{-4}$  a  $10^{20}$ .

A partir de resultados precisos de análises físico-químicas da água e, de dados termodinâmicos exatos, os índices de saturação calculados pelo aplicativo mostram que minerais poderiam precipitar e, portanto, estar presentes no sistema aquífero, e quais minerais não poderiam precipitar e estariam ausentes do sistema. Existem várias razões pelas quais muitos dos minerais, cujos índices de saturação indicam como supersaturados não podem realmente estar presente no sistema. Essas razões incluem restrições de ordem cinética, a formação de soluções sólidas, erros nas análises e outras (Zhu e Anderson, 2002).

Conforme exposto o índice de saturação menor que zero indica o estado de equilíbrio subsaturado, e maior que zero, o estado supersaturado. De acordo com Merkel e Planer-Friedrich, (2008), o equilíbrio entre os íons constituintes do mineral está estabelecido no intervalo de  $-0,5 \leq SI \leq 0,5$ , quando a fase aquosa se apresenta saturada, em razão da precisão dos cálculos realizados pelo aplicativo PHREEQC.

Assim, o índice de saturação, SI, reflete a extensão da saturação da água, em relação à fase mineral, de forma que, quanto menor o seu valor menos saturada a água se apresenta, quanto maior o seu valor maior a saturação da água. Valores de SI maiores que 0,5 indicam a possível precipitação do mineral.



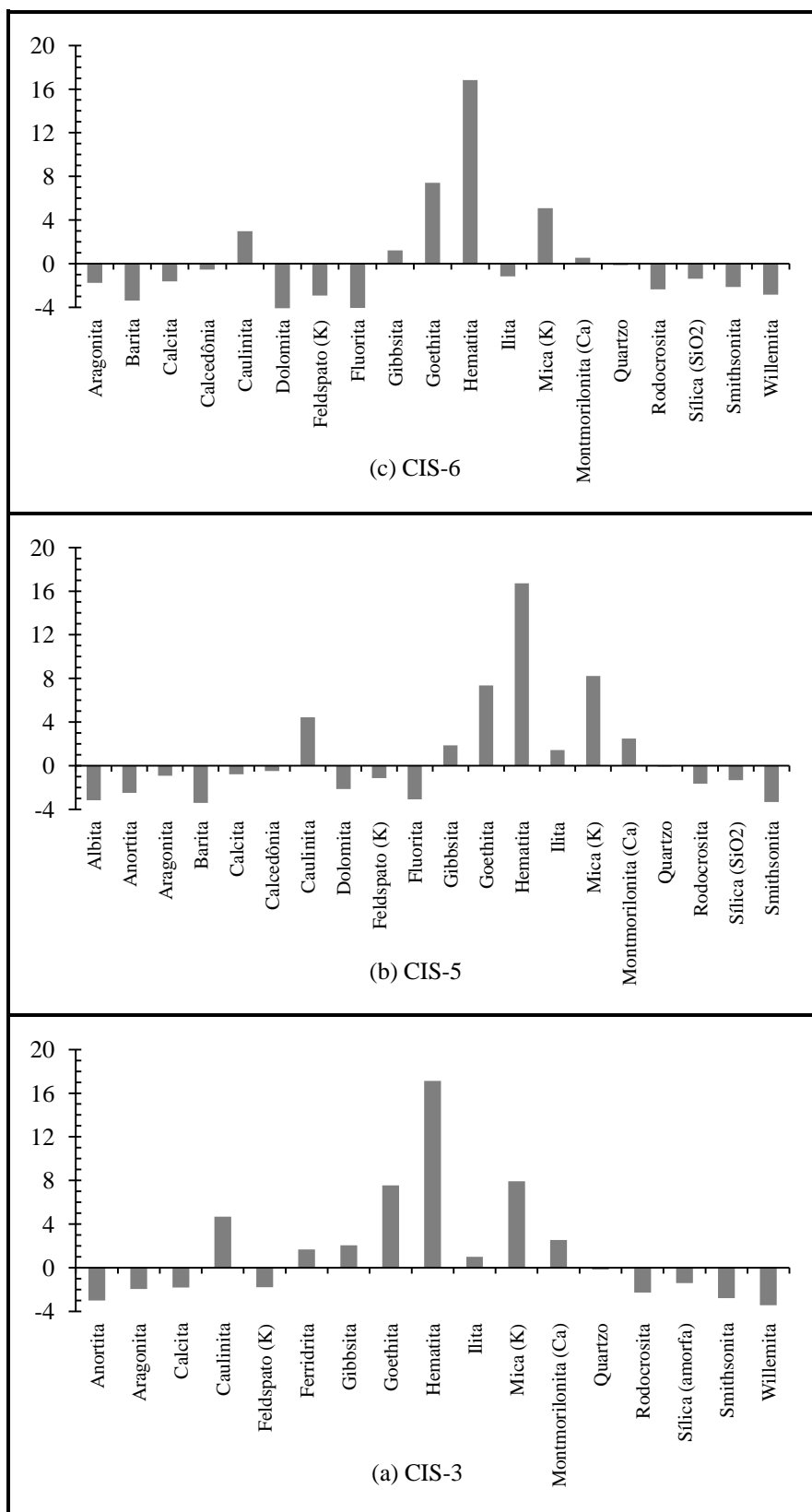


Figura 8.164 – Equilíbrios de fases minerais para as águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

A não ser com o quartzo, as águas monitoradas nas cisternas do Barão e da Epamig não se apresentaram saturadas, com nenhum dos demais minerais descritos nos diagramas

apresentados nas Figuras 8.164 (a) e 8.164(b), segundo o critério estabelecido para o estado de equilíbrio.

As águas monitoradas na cisterna do Estábulo se apresentaram saturadas com montmorilonita cálcica, de acordo com o resultado reportado no diagrama, na Figura 8.164 (c).

Nas águas monitoradas nas cisternas, reportadas nos diagramas na Figura 8.164, se apresentaram como fases minerais supersaturadas no meio hidrogeológico, de acordo com os índices de saturação, os seguintes minerais:

- illita, ferridrita, gibbsita, montmorilonita cálcica, caulinita, goethita, moscovita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna do Barão;
- illita, gibbsita, montmorilonita cálcica, caulinita, goethita, moscovita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna da Epamig; e,
- montmorilonita cálcica, gibbsita, caulinita, moscovita, goethita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna do Estábulo.

Conforme as sequências apresentadas, os índices de saturação das águas monitoradas nessas cisternas indicaram, em comum, no meio hidrogeológico os argilominerais, a saber, illita, montmorilonita, caulinita e os óxidos gibbsita, goethita e hematita.

Esses minerais são indicadores das condições de intemperismo prevalentes em um ambiente. Em geral, a caulinita reflete condições de intensa lixiviação, pH ácido e meio pobre em cátions, se apresentando como um mineral característico de climas tropicais úmidos. A montmorillonita é característica de ambientes mal drenados, pH neutro a alcalino e mais rico em cátions, em condições climáticas temperadas a frias e semiáridas (Brady, 2008; Juo e Fransluebbers, 2003).

A presença dos óxidos hematita e, em particular, gibbsita indica condições extremas de intemperismo, em razão da remoção da sílica, resultando o material aluminoso (Mcbride, 1994).

Os minerais reportados nas sequências descritas podem se apresentar na zona não saturada lixiviada pelas águas meteóricas da recarga do sistema aquíferos, ou na zona saturada do meio hidrogeológico, no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, ou, ainda, podem estase encontrar no material sedimentado no fundo das cisternas. Nessas

duas últimas situações, em princípio, estaria estabelecido um estado de equilíbrio heterogêneo entre as fases minerais sólidas e a água saturada com os constituintes iônicos dos respectivos minerais.

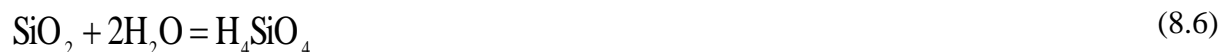
As informações reportadas nos diagramas de equilíbrio de fases são condicionadas pela exatidão e precisão dos dados termodinâmicos e dos resultados analíticos, usados no aplicativo. Realmente, se o SI calculado é preciso, então, um mineral indicado como fase solúvel ( $SI < 0$ ), está de fato presente como fase dissolvida na água subterrânea, ou se é indicado como fase supersaturada ( $SI > 0$ ), de fato pode estar precipitado, porém o SI não informa sobre as taxas com que esses processos acontecem, nem sobre as quantidades dos minerais envolvidos (Zhu e Anderson, 2002).

As fases subsaturadas mais importantes, de acordo com diagramas da Figura 8.164, em ordem crescente do grau de saturação, com que se apresentaram nas águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo são as seguintes:

- willemita < anortita < smithsonita < rodocrosita < aragonita < calcita < feldspato potássico < sílica amorfa — nas águas monitoradas na cisterna do Barão;
- barita < smithsonita < albita < fluorita < anortita < dolomita < rodocrosita < sílica amorfa < feldspato potássico < aragonita < calcita — nas águas monitoradas na cisterna da Epamig; e,
- dolomita < fluorita < barita < feldspato potássico < willemita < rodocrosita < smithsonita < aragonita < calcita < sílica amorfa — nas águas monitoradas na cisterna do Estábulo.

A denominada sílica amorfa se origina do ácido silícico formado a partir do intemperismo químico de minerais comuns, como os aluminossilicatos formadores de rochas, a saber, feldspatos e micas, em vez de se originar da dissolução da sílica ou do quartzo (Faure, 1998).

A sílica reage, lentamente, com a água para formar o ácido silícico, de acordo com a equação 8.6.



Quando a solubilidade da sílica é excedida, lentamente, ocorre a formação da sílica amorfa que pode depositar como um precipitado gelatinoso. O quartzo não constitui uma fonte importante de ácido silícico, devido a sua baixa solubilidade (Faure, 1998).

O quartzo não precipita diretamente nas águas naturais, mas se forma a partir da recristalização da sílica amorfa (Faure, 1998).

Índices de saturação próximos de zero são indicativos da possível saturação da água subterrânea. Esta saturação pode ocorrer através do aporte de constituintes iônicos lixiviados de minerais do solo e da zona não saturada, pela infiltração de águas meteóricas, em razão do intemperismo ou de atividades antrópicas. O que poderia, em princípio, acarretar a supersaturação da água subterrânea, com a possível precipitação dos respectivos minerais.

Na Figura 8.165 estão apresentados diagramas de barras para as fases minerais derivadas da constituição química das águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, reportada na Tabela 8.59, considerando o intervalo de índices de saturação de  $10^{-4}$  a  $10^{20}$ .

As águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, se apresentaram saturadas, com os minerais carbonáticos calcita e aragonita, ambos, de composição química  $\text{CaCO}_3$ , de acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.165.

A calcita é um dos minerais mais comuns e disseminados. Ocorre como massas rochosas sedimentares grandes e amplamente espalhadas, nas quais é o único mineral dominante. Com frequência, é o único mineral presente em certos calcários. É um constituinte importante de margas e pelitos calcários. Os calcários inorgânicos foram originados da precipitação química do carbonato de cálcio, em águas oceânicas e continentais, a partir de sua saturação com seus constituintes iônicos, o que pode ocorrer em razão do aumento das concentrações ou da redução da solubilidade devido ao resfriamento dessas águas, em função de alguma mudança climática (Dana-Hurlbut, 1969; Stumm e Morgan, 1996).

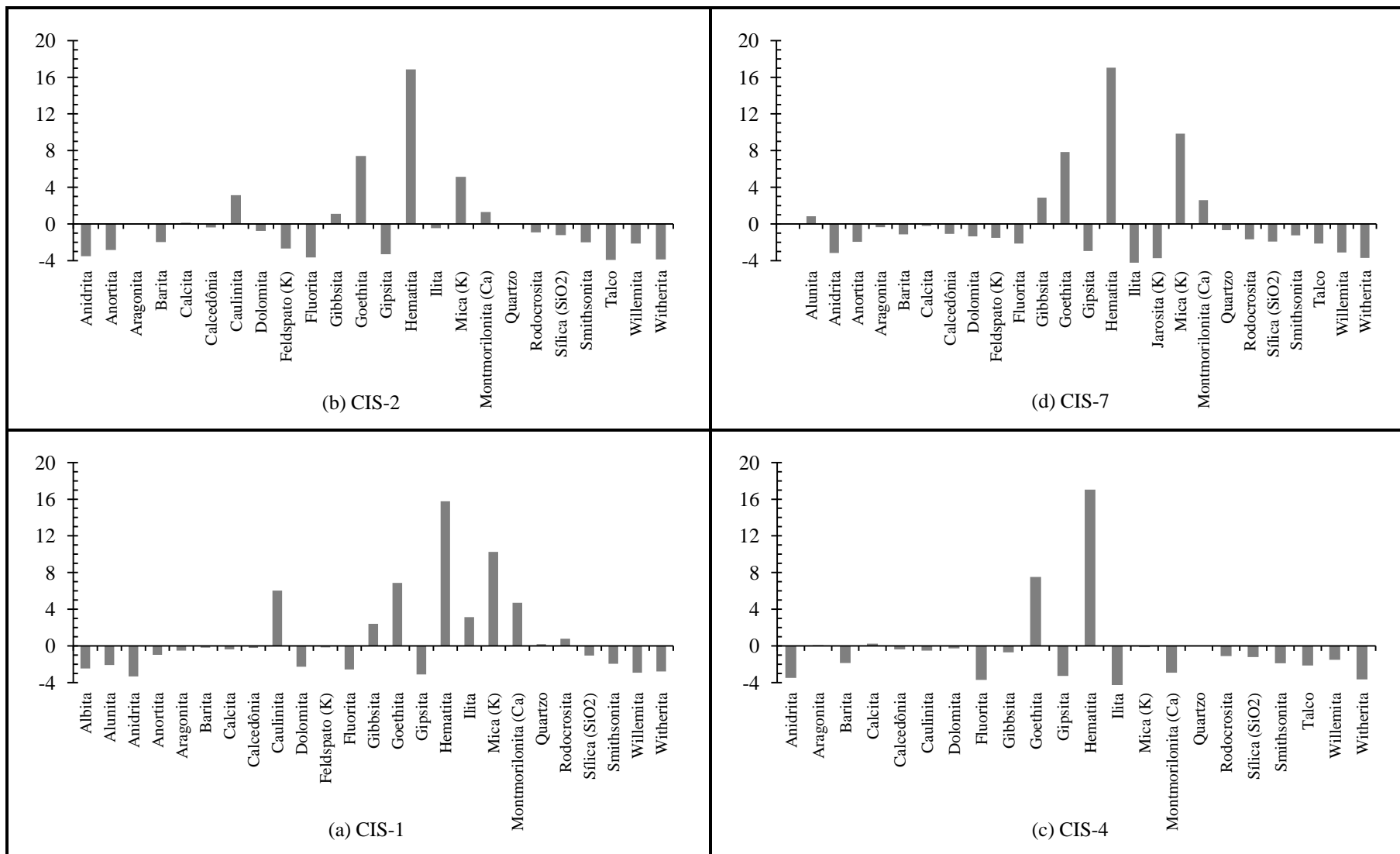


Figura 8.165 – Equilíbrios de fases minerais para as águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

A aragonita é menos estável do que a calcita e muito menos comum. O mineral se forma sob um estreito intervalo de condições físico-químicas, que incluem baixas temperaturas e ambientes de alta pressão, conforme Dana–Hurlbut (1969), portanto no ambiente hidrogeológico, na área do estudo, é admitido que possa ocorrer a precipitação da calcita e não da aragonita.

Além da saturação com calcita e aragonita, conforme indicado nos diagramas apresentados na Figura 8.165, os índices de saturação correspondentes ao estado de equilíbrio saturado nas águas subterrâneas, monitoradas nas referidas cisternas, indicaram os seguintes minerais:

- barita e feldspato potássico, nas águas monitoradas na cisterna do Restaurante;
- ilita, nas águas monitoradas na cisterna da Estufa; e,
- caulinita, dolomita e mica potássica, nas águas monitoradas na cisterna da Associação.

Três variedades minerais do dióxido de silício foram indicados como em estado de equilíbrio saturado, nas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, a saber, a calcedônia, o quartzo e a sílica de acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.165.

No entanto, de acordo com Faure (2008), a forma prevalente nas águas naturais é a sílica amorfa dissolvida. Assim, se admite que no sistema aquíferos, a água pode se apresentar saturada com a sílica amorfa, em concordância com as águas monitoradas nas cisterna do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro,

A partir da supersaturação da água com a sílica amorfa e com a evolução temporal, a substância formada perde água, originando a variedade de quartzo criptocristalino que é a calcedônia, mineral que constitui o *chert*, ou seja, uma rocha constituída essencialmente de quartzo criptocristalino e que pode ocorrer como nódulos nos calcários. A sílica amorfa é muita mais reativa que o quartzo e que a calcedônia, podendo estar em equilíbrio com o ácido silícico, nas águas naturais (Faure, 1998).

As águas monitoradas na cisterna do Estábulo se apresentaram saturadas com a montmorilonita cálcica conforme reportado no diagrama apresentado na Figura 8.165 (c).

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.165, foram indicados como fases minerais supersaturadas, de acordo com os índices de saturação, os seguintes minerais:

- rodocrosita, gibbsita, illita, montmorilonita cálcica, caulinita, goethita, moscovita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna do Restaurante;
- gibbsita, montmorilonita cálcica, caulinita, moscovita, goethita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna da Estufa;
- goethita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna da Associação; e,
- alunita, montmorilonita cálcica, gibbsita, goethita, moscovita, hematita — nas águas monitoradas na cisterna da fazenda Marinheiro.

Nas águas subterrâneas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação, e da fazenda Marinheiro se apresentaram como fases supersaturadas os argilominerais e óxidos, característicos de ambientes de alto grau de intemperismo, a saber, illita, caulinita, montmorilonita, e os óxidos gibbsita, goethita e hematita, representados na área do estudo pelos Latossolos Vermelhos e Vermelhos Amarelos.

Além dos argilominerais e dos óxidos, os índices de saturação indicaram minerais de ocorrência frequente em rochas calcárias, como a anortita que ocorre, frequentemente, em calcários impuros e margas, a alunita, um sulfato mineral que pode ser formado pela ação do ácido sulfúrico proveniente da oxidação da pirita, a rodocrosita um carbonato de zinco, que ocorre em veios, preenchendo fraturas e fissuras nas rochas e a moscovita (mica potássica), um mineral formador de rochas muito comum e disseminado, que ocorre em granitos e outras rochas (Dana-Hurbult, 1969).

Conforme apresentados nos diagramas na Figura 8.165, foram indicadas como fases minerais subsaturadas, consideradas importantes, os seguintes minerais listados em ordem crescente do grau de saturação:

- anidrita < gipsita < willemita < witherita < fluorita < albita < dolomita < alunita < smithsonita < sílica amorfa < anortita — nas águas da cisterna do Restaurante;
- talco < witherita < fluorita < anidrita < gipsita < anortita < feldspato potássico < willemita < smithsonita < barita < sílica amorfa < rodocrosita < dolomita — nas águas da cisterna da Estufa;
- illita < fluorita < witherita < anidrita < gipsita < Montmorilonita cálcica < talco < smithsonita < barita < willemita < sílica amorfa < rodocrosita < gibbsita — nas águas da cisterna da Associação; e,

- ilita < jarosita < moscovita < witherita < anidrita < willemita < gipsita < talco < fluorita < anortita < sílica amorfa < rodocrosita < feldspato potássico < dolomita < smithsonita < barita — nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro.

Na Figura 8.166 estão apresentados os diagramas de distribuição constituintes principais, secundários e traços, em percentagem de miliequivalentes, nas águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA.

Nos diagramas apresentados, na Figura 8.166, as legendas estão organizadas em ordem decrescente do teor de cada constituinte, em percentagem de miliequivalentes. Assim, entre os cátions, o primeiro é o que se apresentou com maior teor e, na mesma ordem, entre os ânions.

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.166 a importância dos íons cálcio e bicarbonato, na constituição química das águas subterrâneas monitoradas nas três surgências cadastradas na área do estudo se confirmaram. Porém, nas águas das surgências Mata da Usina e do NIA, o silício se apresentou com teor maior que o do cálcio.

Conforme os resultados reportados nos diagramas na Figura 8.166 as águas monitoradas nas surgências cadastradas, considerando os constituintes formadores de minerais, se apresentaram com as seguintes composições:

- Ca e HCO<sub>3</sub> com 74,3 %; Si com 9,8 %; Na, K e Mg com 7,1%; Cl e SO<sub>4</sub> com 6,8%; Fe com 9,8%; e; Mn, Al, Zn e Ba com 0,2 %, nas águas surgência da lagoa Subida da Estação;
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 48,8 %; Si com 28,5 %; Mg, Na, K com 8,1%; Cl e SO<sub>4</sub> com 12%; Fe, Zn, Al e Ba com 2,0 %, nas águas da surgência da Mata da Usina; e,
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 38,5 %; Si com 41,4 %; Na, K e Mg com 6,7%; Cl e SO<sub>4</sub> com 3,6%; Zn com 4,6%; e, Al, Fe, Mn e Ba com 2,9%, nas águas da surgência do NIA.

Os teores importantes de silício verificados, nas águas monitoradas das surgências da Mata da Usina e do NIA, se originaram da ação do intemperismo químico, de alto grau, sobre os silicatos presentes no meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, ambiente no qual os silicatos podem ser dissolvidos e transportados pelas águas que percolam o sistema aquíferos mais superficial, de onde são provenientes as águas que afloram, nessas surgências.



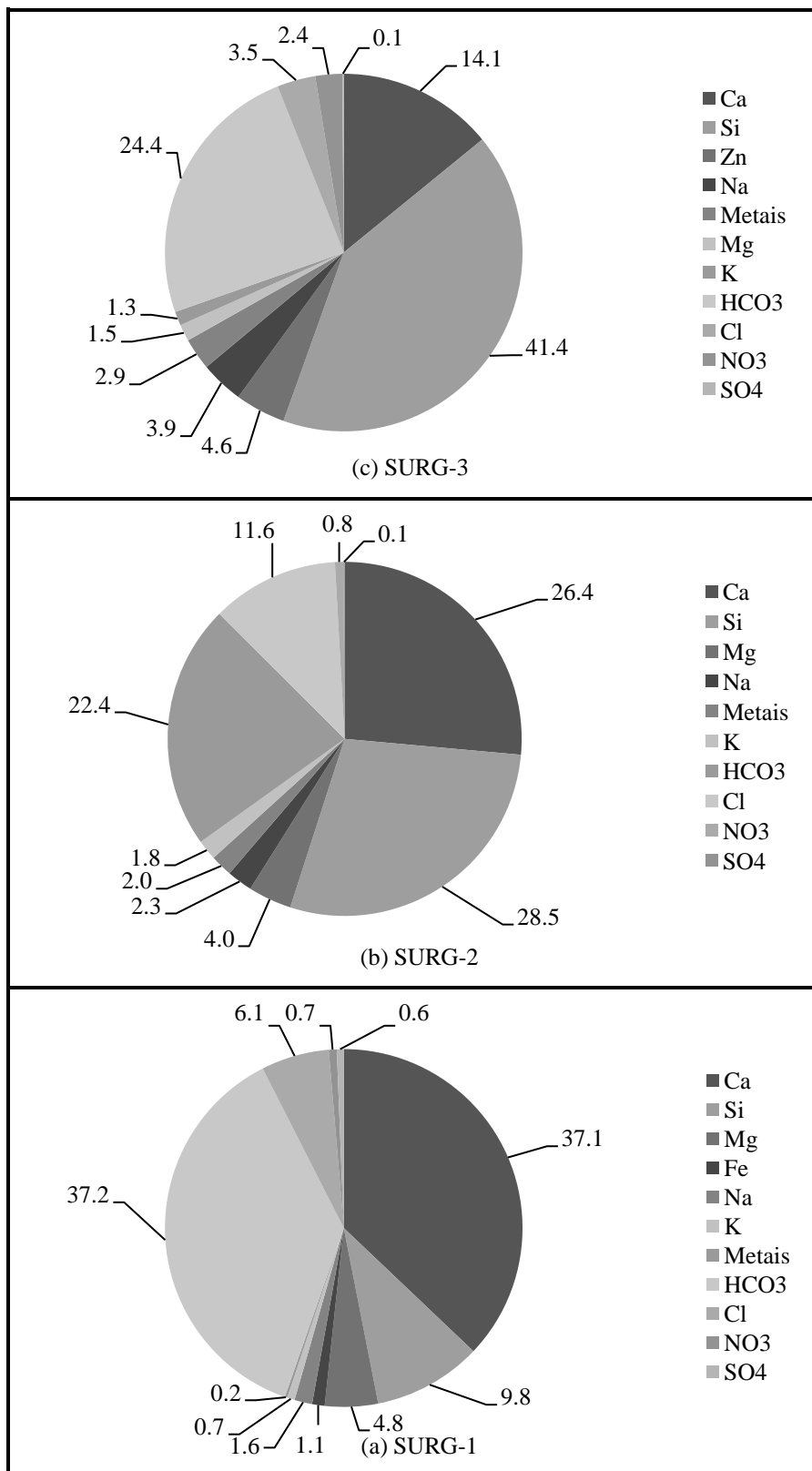


Figura 8.166 Composição das águas monitoradas nas surgências da lagoa Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Os respectivos pontos de monitoramento foram localizados em matas secundárias, ainda preservadas, portanto o ataque químico dos silicatos poderia receber contribuição de ácidos orgânicos, provenientes do húmus originado da decomposição da matéria orgânica.

Os teores dos constituintes cálcio e bicarbonato, nas águas da surgência Subida da Estação se apresentaram semelhante aos teores desses íons, verificados nas águas da cisterna da Epamig. Nas águas das surgências da Mata da Usina e do NIA, os teores de cálcio se apresentaram menores que 50 % do teor desse metal, verificado nas águas das cisterna do Estábulo, que foi instalada em área no domínio dos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

A composição química das águas monitoradas, nas surgências cadastradas na área do estudo, está sumarizada na Tabela 8.63, considerando apenas os constituintes formadores de minerais.

Tabela 8.63 – Distribuição dos constituintes principais nas águas das surgências lagoa Subida da Estação (SURG-1), Mata da Usina (SURG-2) e do Estábulo (SURG-3)

Constituintes Surgências	Principais (%)							Secundários e traços (%)					Total (%)
	Ca+HCO <sub>3</sub>	Si	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Zn	Mn	Ba	
Sub. da Estação	74.3	9.8	4.8	0.7	1.6	6.1	0.6	0.09	1.13	0.03	0.10	0.01	100
Mata da Usina	48.8	28.5	4.0	1.8	2.3	11.6	0.1	0.01	1.78	0.16	0.04	0.002	100
do NIA	38.5	41.4	1.5	1.3	3.9	3.5	0.1	2.69	0.13	4.57	0.04	0.03	100

Os resultados apresentados Tabela 8.63 corroboram a característica cálcica-bicarbonata, das águas monitoradas na surgência, que se apresentou com maior intensidade nas águas das surgência da lagoa da Subida da Estação, a saber, uma área de descarga das águas subterrâneas de circulação mais profunda, provenientes do aquífero cárstico-carbonático, conforme o modelo de circulação hídrica subterrânea, proposto por Machado (2011).

Em geral, o silício se apresentou com teores importantes nas águas das três surgências, em particular, nas águas das surgências da Mata da Usina e do NIA.

As águas das surgências da Mata da Usina e do NIA, nos locais de afloramento, de acordo com os teores de cálcio, bicarbonato e silício, são águas provenientes do meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

Na Figura 8.167 estão apresentados diagramas de barras para as fases minerais derivadas da composição química das águas monitoradas nas surgências da lagoa da Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA, reportada na Tabela 8.63, considerando um intervalo do índice de saturação de  $10^{-4}$  a  $10^{20}$ .

Além da sílica amorfa que ocorreu nas águas das três surgências cadastradas, na área do estudo, as águas monitoradas na surgência da lagoa Subida da Estação se apresentaram saturadas com os minerais calcita, rodocrosita e ilita, e as águas monitoradas na surgência da

Mata da Usina, se apresentaram saturadas com a gibbsita, de acordo com os índices de saturação reportados nos diagramas apresentados nas Figuras 8.167 (a) e 8.167 (b).

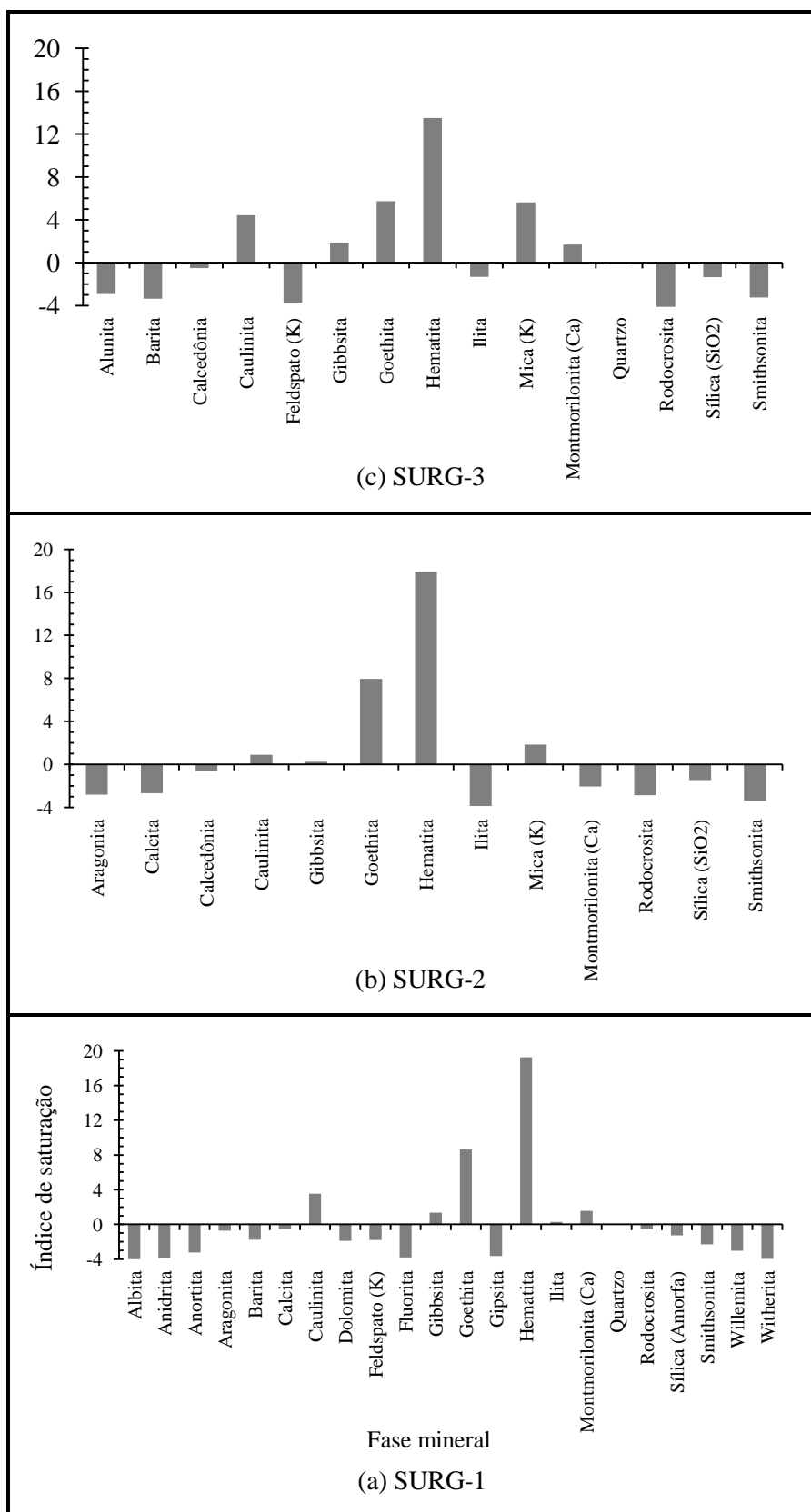


Figura 8.167 – Equilíbrio de fases minerais para as águas das surgências Subida da Estação, Mata da Usina e do NIA

Segundo os diagramas apresentados na Figura 8.167, as três variedades de quartzo se apresentaram em equilíbrio nas águas subterrâneas monitoradas nas surgências. Porém, como já discutido a saturação, em geral, é plausível apenas para sílica amorfa, apesar da indicação das outras fases, a saber, calcedônia e quartzo.

Além da sílica amorfa, se apresentaram como fases saturadas, nas águas monitoradas nas surgências, de acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 8.167 (a) e 8.167 (b), os seguintes minerais: calcita, rodocrosita e ilita, nas águas da surgência da lagoa Subida da Estação; e, gibbsita, nas águas da surgência da Mata da Usina.

Nas águas da surgência do NIA, não houve qualquer indicação de fases minerais saturadas, ou seja com índices de saturação zero, a não ser as formas de sílica indicadas na Figura 8.167 (c).

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.167, foram indicados como fases minerais supersaturadas no meio hidrogeológico, de acordo com os índices de saturação, os seguintes minerais:

- gibbsita, montmorilonita cálcica, caulinita, goethita, hematita — nas águas da surgência Subida da Estação;
- caulinita, moscovita, goethita, hematita — nas águas da surgência; e,
- montmorilonita cálcica, gibbsita, caulinita, moscovita, goethita, hematita — nas águas da surgência do NIA.

Os minerais que se apresentaram como fases supersaturadas de acordo com a composição química das águas monitoradas nas surgências, como já exposto, são característicos de ambientes de alto grau de intemperismo, a saber, os argilominerais e os óxidos de ferro e de alumínio.

O que indica a percolação das águas monitoradas nas surgências, no meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

Os argilominerais e os óxidos de ferro e de alumínio, também, podem se encontrar como fase sólida precipitada, no material sedimentado, nos locais de afloramento das águas monitoradas, nessas surgências.

As fases subsaturadas consideradas importantes, reportadas nos diagramas da Figura 8.167, com índices de saturação, entre -4 e zero, estão apresentadas em ordem crescente do grau de saturação:

- albita < witherita < anidrita < fluorita < gipsita < anortita < willemita < smithsonita < dolomita < feldspato potássico < barita < sílica amorfa < aragonita — nas águas da surgência Subida da Estação;
- < willemita < barita < fluorita < feldspato potássico < ilita < smithsonita < rodocrosita < aragonita < calcita < montmorilonita cálcica < sílica amorfa — nas águas da surgência Mata da Usina; e,
- rodocrosita < feldspato potássico < barita < smithsonita < alunita < sílica amorfa < ilita — nas águas da surgência do NIA.

Foi admitido, neste estudo, que os graus de saturação correspondentes ao intervalo ( $-4 < SI < 0$ ) são indicativos da possível saturação e supersaturação das águas com os respectivos minerais, no meio hidrogeológico, em razão do aumento das concentrações de equilíbrio na zona saturada, causada pelo intemperismo químico ou por aporte dos respectivos íons, na água subterrânea, em função de atividades antrópicas acarretando, desta forma, a precipitação dos minerais indicados.

Na Figura 8.168 estão apresentados os diagramas de distribuição constituintes principais, secundários e traços, em percentagem de miliequivalentes, nas águas dos poços tubulares de produção Matadouro 1 e Matadouro 2.

Nos diagramas apresentados, na Figura 8.168, as legendas estão organizadas em ordem decrescente do teor de cada constituinte, em percentagem de miliequivalentes. Assim, entre os cátions, o primeiro é o que se apresentou com maior teor e, na mesma ordem, entre os ânions.

De acordo com diagramas apresentados na Figura 8.168 os íons cálcio e bicarbonato se apresentaram com teores dominantes, nas águas monitoradas dos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2.

Nas águas monitoradas no poço Matadouro 1, o cálcio e o bicarbonato representaram cerca de 60% de sua constituição química, enquanto que nas águas do poço Matadouro 2, o teor desses dois íons alcançou cerca de 93% da constituição, de acordo com os resultados reportados diagramas nas Figuras 8.168 (a) e 8.168 (b).

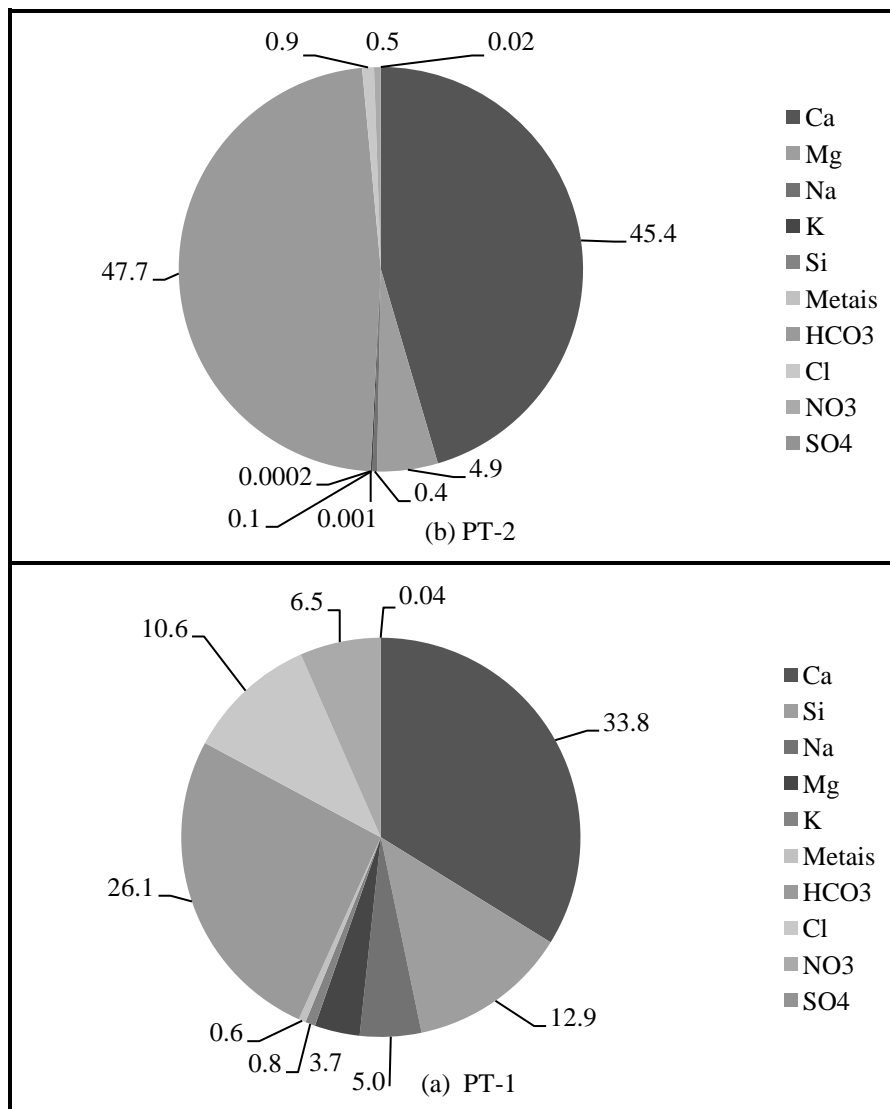


Figura 8.168 – Composição das águas monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2

O silício se apresentou com teores importantes nas águas monitoradas no poço Matadouro 1, a saber, cerca de 13%. Nas águas do poço Matadouro 2 se apresentou com teor pequeno, menor que 1%, o que é indicativo da possível ausência de silicatos minerais em quantidades importantes, no meio hidrogeológico cárstico –carbonático, ou da rapidez do fluxo d’água no ambiente em que o poço se encontra instalado, o que acarretaria águas pouco mineralizadas.

As águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, considerando os constituintes formadores de minerais, se apresentaram com a seguinte composição:

- Ca e HCO<sub>3</sub> com 59,9 %; Si com 12,9 %; Na, Mg e K com 9,4%; Cl e SO<sub>4</sub> com 10,6%; Zn, Fe, Al, Mn e Ba com 0,6% — no poço Matadouro 1; e,

- Ca e HCO<sub>3</sub> com 93,2%; Si com 0,001 %; Na, K e Mg e com 5,4%; Cl e SO<sub>4</sub> com 1,0%; Zn, Fe, Al, Mn e Ba com 0,002% — no poço Matadouro 2.

Os teores de cálcio e bicarbonato nas águas do poço Matadouro 2 se apresentaram, em média, 55% maiores que no poço Matadouro 1, os demais constituintes se apresentaram com teores pouco importantes.

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 8.168 (a) e 8.168 (b), foram verificados os seguintes teores dos metais principais, a saber: 5,0% de magnésio, 3,7% de sódio e 1% de potássio, nas águas monitoradas no poço Matadouro 1; e, cerca de 5% de Mg, 0,4% de sódio e 0,1% de potássio, nas águas monitoradas no poço Matadouro 2.

De acordo com os resultados reportados as águas do meio hidrogeológico, representado pelas águas monitoradas no poço Matadouro 2, se apresentaram pobres em sódio e potássio, o que é indicativo de meio hidrogeológico pobre em silicatos sódicos e potássicos.

As diferenças nos teores dos constituintes principais, em particular, do cálcio e do bicarbonato, nas águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, são indicativos de águas de ambientes hidrogeológicos diferenciados, em princípio. Assim, as rochas carbonáticas que imprimem a constituição química das águas monitoradas no poço Matadouro 2, seriam mais solúveis. Ou, alternativamente, essas águas teriam maior tempo de residência, indicando um aquífero de fluxo mais lento.

Na Figura 8.169 estão apresentados os diagramas de barras para as fases minerais derivadas das composições químicas verificadas nas águas monitoradas nos poços tubulares de produção Matadouro 1 e Matadouro 2.

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.169 as três variedades de quartzo se apresentaram em equilíbrio nas águas subterrâneas monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2. Porém, como já discutido a saturação, em geral, ocorre apenas com a sílica amorfa, apesar da indicação das outras fases.

Além da sílica amorfa, se apresentaram como fases saturadas, nas águas monitoradas nesses dois poços, de acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 8.169 (a) e 8.169 (b), os seguintes minerais: mica potássica, willemita, dolomita e aragonita, nas águas do poço Matadouro 1; e, dolomita, montmorillonita cálcica, aragonita e calcita, nas águas do poço Matadouro 2.

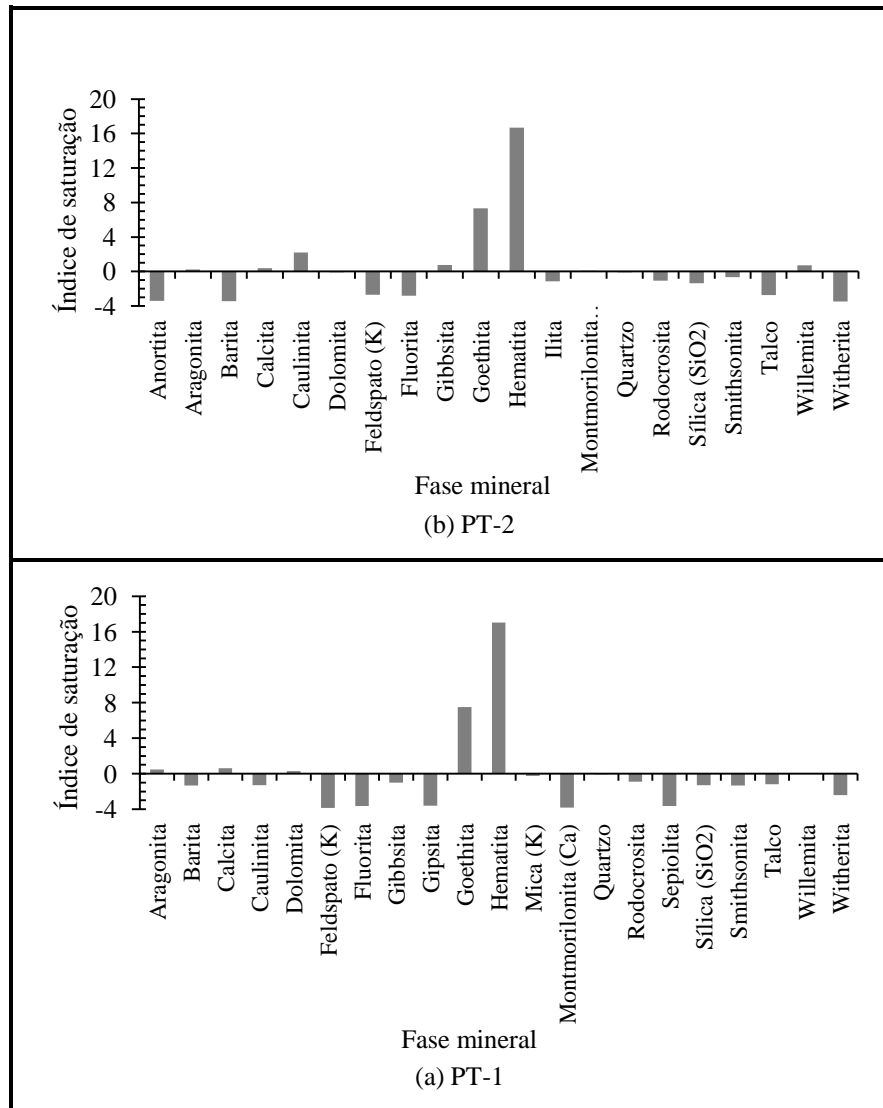


Figura 8.169 – Equilíbrios de fases minerais para as águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.169, ocorreram como fases minerais supersaturadas, no meio hidrogeológico, de acordo com os índices de saturação, representado pelas águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro, os seguintes minerais:

- calcita, goethita, hematita — nas águas do poço Matadouro 1;
- willemita, gibbsita, caulinita, goethita, hematita — nas águas do poço Matadouro 2.

Conforme já exposto, os minerais caulinita, gibbsita, goethita e hematita são característicos de ambiente sob a ação de intemperismo químico de alto grau. Portanto, se apresentando com frequência nos Latossolos e Saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.



Em razão da indicação desses minerais como fases saturadas no meio hidrogeológico, o material detrítico resultante do intemperismo químico, pode se apresentar preenchendo fraturas e cavidades no meio hidrogeológico cárstico-carbonático.

Também, o fato desses minerais serem indicados como fases supersaturadas, nas águas monitoradas dos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro 2, pode ser indicativo da percolação de águas do meio hidrogeológico, no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, para o domínio cárstico-carbonático, constituindo parte da recarga do aquífero cárstico-carbonático, onde a partir das águas supersaturadas as fases minerais descritas, podem precipitar.

A willemita,  $Zn_2SiO_4$ , é um mineral de ocorrência em calcários cristalinos, resultante do metamorfismo da hemimorfita,  $Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$ , ou da smithsonita,  $ZnCO_3$ , primitivas (Dana-Hurlbut, 1969).

Os minerais reportados podem se apresentar na zona saturada do aquífero, no meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena.

Também podem estar presentes no material sedimentado nas fraturas e cavidades do corpo cárstico-carbonático, constituindo, localmente, um sistema em equilíbrio de fases heterogêneo.

As fases subsaturadas consideradas importantes, reportadas nos diagramas da Figura 8.169, com índices de saturação entre -4 e zero, listados em ordem crescente do grau de saturação, foram as seguintes:

- feldspato potássico < montmorilonita cálcica < fluorita < sepiolita < gipsita < witherita < smithsonita < barita < sílica amorfa < caulinita < talco < gibbsita < rodocrosita; — nas águas do poço Matadouro 1; e,
- < witherita < barita < anortita < fluorita < talco < feldspato potássico < sílica amorfa < ilita < rodocrosita < smithsonita — nas águas do poço Matadouro 2.

Na Figura 8.170 estão apresentados os diagramas de distribuição dos constituintes principais, secundários e traços, em percentagem de miliequivalentes, nas águas dos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares, de acordo com os resultados analíticos.

Nos diagramas apresentados, na Figura 8.170, as legendas estão organizadas em ordem decrescente do teor de cada constituinte, em percentagem de miliequivalentes. Assim, entre os cátions, o primeiro é o que se apresentou com maior teor e, na mesma ordem, entre os ânions.

Conforme os diagramas apresentados na Figura 8.170 os íons cálcio e bicarbonato se apresentaram com teores dominantes nas águas dos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares.

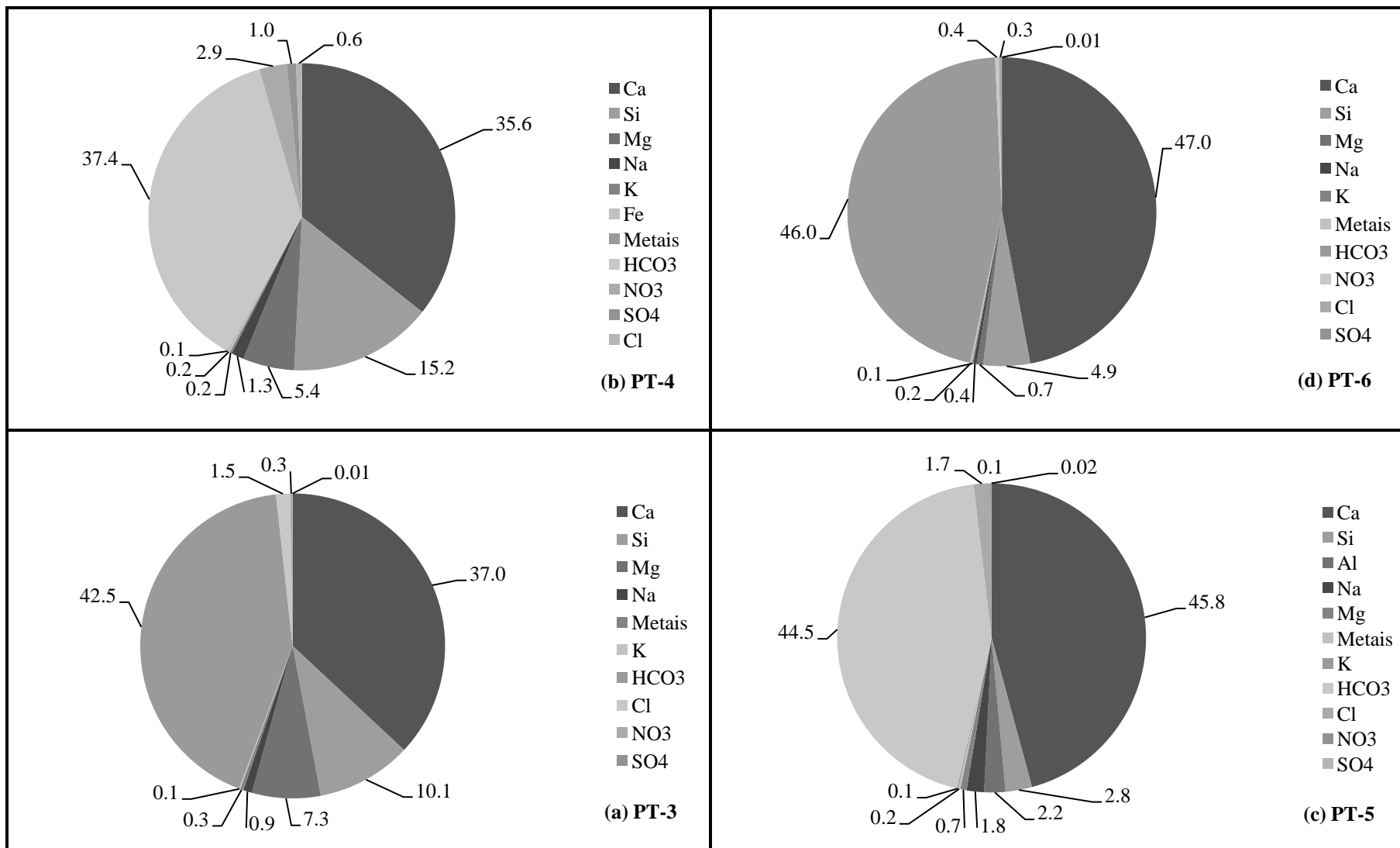


Figura 8.170 – Composição das águas monitoradas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação1 e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares

O cálcio e o bicarbonato representaram cerca de 76 % da composição das águas monitoradas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, de acordo com os diagramas na Figura 8.170 (a) e 8.170 (b) . Nas águas monitoradas nos poços da Epamig e da fazenda Tavares os teores de cálcio e bicarbonato representaram, aproximadamente, 92 % da composição das águas monitoradas, conforme os diagramas na Figura 8.170 (c) e 8.170 (d).

Nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, o silício se apresentou com teores importantes, a saber, 10 e 15%, respectivamente. As águas dos poços Epamig e da fazenda Tavares se apresentaram mais pobres em silício, com teores cerca de 3% e 5%, respectivamente.

As águas monitoradas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água da Epamig e da fazenda Tavares considerando os constituintes formadores de minerais, se apresentaram com a seguinte composição:

- Ca e HCO<sub>3</sub> com 79,5 %; Si com 10,1 %; Mg, Na, e K 8,4 %; Cl e SO<sub>4</sub> com 1,5%; e, Al, Fe, Zn, Mn e Ba com 0,3% — nas águas do poço da lagoa Subida da Estação;
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 73,1 %; Si com 15,2 %; Mg, Na e K e 6,7%; SO<sub>4</sub> e Cl e com 0,08%; Fe com 0,2; e, Zn, Mn, Ba e Al, com 0,1% — nas águas do poço da lagoa Olhos d'Água;
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 90,3%; Si com 2,8 %; Na, Mg e K com 2,6%; Cl e SO<sub>4</sub> com 1,7%; Al com 2,2%, Fe, Mn, Ba e Zn, com 0,2% — nas águas do poço da Epamig; e,
- Ca e HCO<sub>3</sub> com 93%; Si com 4,9 %; Na, K e Mg com 1,2%; Cl e SO<sub>4</sub> com 0,3%; Al, Fe, Zn, Mn e Ba com 0,2% — nas águas do poço fazenda Tavares

A composição química das águas monitoradas, nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares, cadastrados na área do estudo, está resumida na Tabela 8.64, considerando os constituintes formadores de minerais.

Os resultados apresentados Tabela 8.64 corroboram a característica cálcica-bicarbonata, das águas monitoradas nos poços tubulares cadastrados na área do estudo. Essa característica se apresentou com maior intensidade nas águas dos poços Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares.

Tabela 8.64 Distribuição dos constituintes principais, secundários e traços nas águas dos poços tubulares Matadouro 1 (PT-1), Matadouro 2 (PT-1), Subida da Estação (PT-3), Olhos d'Água (PT-4), Epamig (PT-5) e fazenda Tavares (PT-6)

Constituintes	Principais (%)							Secundários e traços (%)					Total (%)
	Ca+HCO <sub>3</sub>	Si	Mg	K	Na	Cl	SO <sub>4</sub>	Al	Fe	Zn	Mn	Ba	
Matadouro 1	59.9	12.9	3.66	0.80	4.97	10.6	0.04	0.05	0.18	0.34	0.015	0.011	100
Matadouro 2	93.2	-	4.86	0.14	0.36	0.9	0.02	-	-	-	-	-	100
Subida da Estação	79.5	10.1	7.28	0.14	0.93	1.5	0.01	0.17	0.09	0.07	0.004	0.004	100
Olhos d'Água	73.1	15.2	5.43	0.22	1.35	0.6	0.97	0.002	0.22	0.06	0.008	0.007	100
Epamig	90.3	2.8	0.65	0.14	1.83	1.7	0.02	2.21	0.18	0.002	0.014	0.009	100
faz. Tavares	93.0	4.9	0.67	0.14	0.35	0.3	0.01	0.11	0.07	0.01	0.004	0.001	100

As águas monitoradas nos poço Matadouro 1, se apresentaram mais pobres em cálcio e bicarbonato que as águas monitoradas nos poços Matadouro 2, das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água , da Epamig e da fazenda Tavares, o que pode indicar rochas carbonáticas menos solúveis ou maior rapidez do fluxo hídrico no ambiente carbonático.

Na águas monitoradas no poço Matadouro1, o sódio e o cloreto se apresentaram com teores importantes.

As águas monitoradas nos poços da Epamig e da fazenda Tavares se apresentaram pobres em silício e em magnésio, o que pode indicar ambiente hidrogeológico diferenciado, ou seja, em que as rochas carbonáticas se apresentem mais ricas em calcita.

Na Figura 8.171 estão apresentados diagramas de barras para as fases minerais derivadas da composição química das águas monitoradas dos poços tubulares das lagoas Subida da Estação1 e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares, cadastrados na área do estudo.

De acordo com os diagramas apresentados na 8.171 as três variedades de quartzo se apresentaram em equilíbrio nas águas subterrâneas monitoradas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares. Porém, como já discutido a saturação ocorre apenas com a sílica amorfa, apesar da indicação das outras fases.

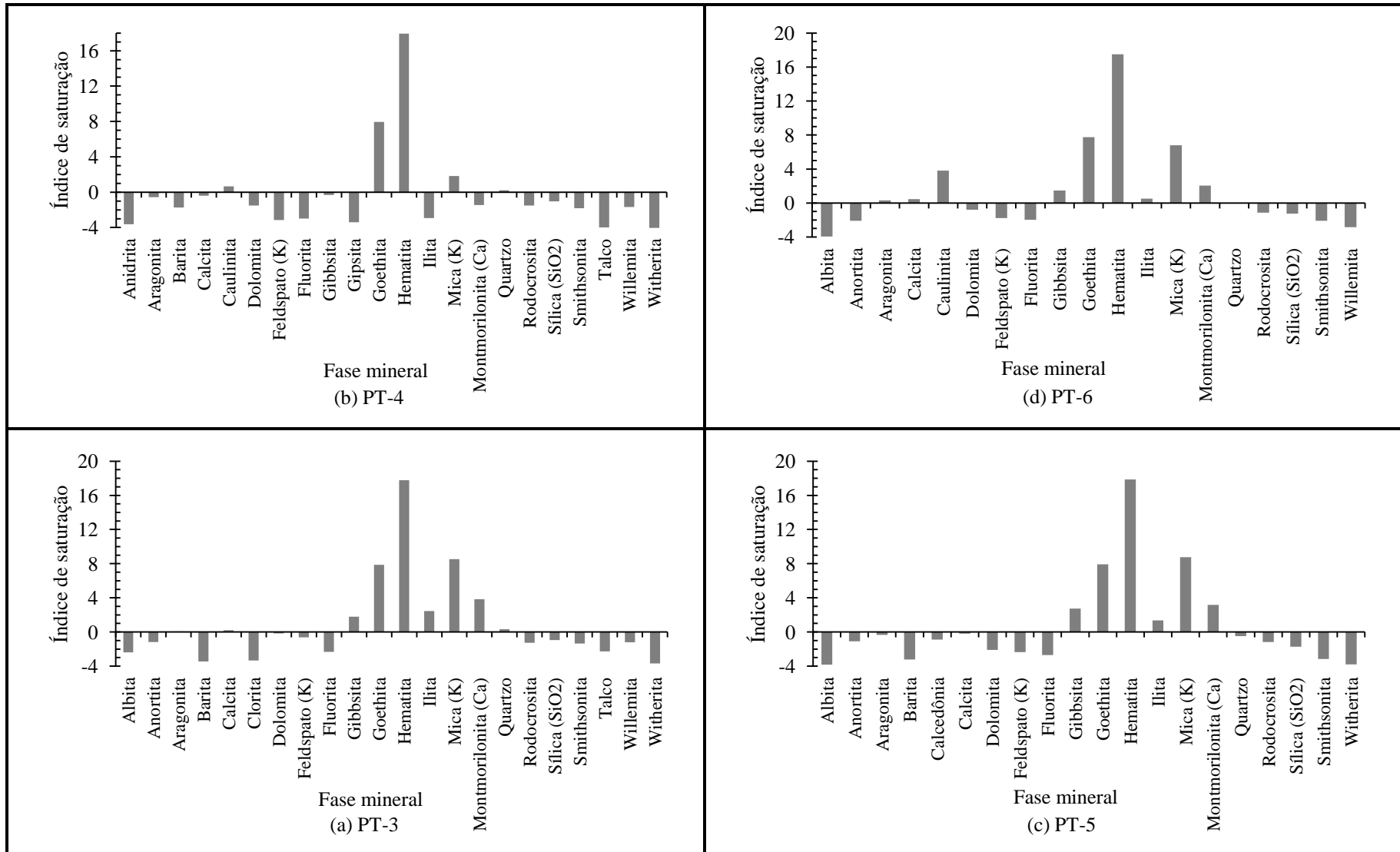


Figura 8.171 – Equilíbrios de fases minerais para as águas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação 1 e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares

Além da sílica amorfa, se apresentaram como fases saturadas, nas águas monitoradas nos poços reportados nos diagramas mostrados na Figura 8.171, os seguintes minerais:

- dolomita, aragonita e calcita, nas águas do poço da lagoa Subida da Estação, conforme o diagrama apresentado na Figuras 8.171 (a);
- aragonita, calcita e gibbsita, nas águas do poço da lagoa Olhos d'Água, conforme o diagrama apresentado na Figuras 8.171 (b);
- aragonita e calcita, nas águas do poço da Epamig, segundo o diagrama apresentado na Figuras 8.171 (c); e,
- aragonita, calcita e ilita nas águas do poço da fazenda Tavares, segundo o diagrama apresentado na Figuras 8.171 (a).

De acordo com os diagramas mostrados na Figura 8.170, foram indicados como fases minerais supersaturadas, no sistema aquífero representado pelas águas monitoradas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares, os seguintes minerais:

- gibbsita, ilita, montmorilonita cálcica, goethita, moscovita, hematita — nas águas do poço Subida da Estação;
- caulinita, moscovita, goethita, hematita — nas águas do poço Olhos d'Água.
- ilita, gibbsita, montmorilonita cálcica, goethita, moscovita, hematita — nas águas do poço Epamig;
- gibbsita, montmorilonita cálcica, caulinita, moscovita, goethita, hematita — nas águas do poço fazenda Tavares.

Conforme reportado nas sequências de fases supersaturadas é possível a presença de argilominerais, característicos de ambientes fortemente intemperizados, em equilíbrio heterogêneo no sistema aquífero, representado pelas águas monitoradas nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares. O que é indicativo da presença de material detrítico, argiloso, na zona saturada, sob a influência desses poços. Também, da possível percolação de águas do meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação serra de Santa Helena, para o ambiente cárstico-carbonático.

De acordo com os diagramas apresentados na Figura 8.171 a supersaturação com minerais carbonáticos não foi indicada, para as águas monitoradas nos poços Subida da Estação, Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares.

As fases subsaturadas consideradas importantes, indicadas nos diagramas da Figura 8.171, com índices de saturação no intervalo ( $-4 < SI < 0$ ), listados em ordem crescente do grau de saturação, foram as seguintes:

- witherita < barita < clorita < albita < fluorita < talco < smithsonita < rodocrosita < willemita < anortita < sílica amorfa < feldspato potássico — nas águas do poço Subida da Estação;
- witherita < talco < anidrita < gipsita < feldspato potássico < fluorita < ilita < smithsonita < barita < willemita < dolomita < rodocrosita < montmorilonita cálcica < sílica amorfa — nas águas do poço Olhos d'Água;
- albita < witherita < barita < smithsonita < fluorita < feldspato potássico < dolomita < sílica amorfa < rodocrosita < anortita — nas águas do poço Epamig; e,
- albita < willemita < anortita < smithsonita < fluorita < feldspato potássico < sílica amorfa < rodocrosita < dolomita — nas águas da fazenda Tavares.

Considerando que águas com concentrações iônicas dos constituintes descritos, próximas da saturação, podem se tornar saturadas e supersaturadas em razão de alterações hidrogeológicas, ambientais ou antrópicas e, considerando que os critérios de comparação entre os diferentes estágios de saturação são os índices de saturação reportados, esses foram transformados em graus de saturação percentuais, admitindo que as fórmulas químicas reportadas no arquivo de saída do aplicativo computacional são de aceitação geral.

Os índices de saturação reportados, estão indicados nas Tabelas 8.62, 8.63 e 8.64 transformados em graus de saturação percentuais, para as fases subsaturadas e saturada.

De acordo com os resultados reportados, graus de saturação no intervalo ( $100 \pm 5$ ) %, indicam estados saturados, ou seja, em equilíbrio termodinâmico, no sistema aquífero, representado pelas águas monitoradas, nos pontos cadastrados na área do estudo. Assim, nas Tabelas 8.65, 8.66 e 8.67 as fases subsaturadas estão reportadas em ordem crescente de saturação, seguidas das fases saturadas e supersaturadas.



Tabela 8.65 – Estados de equilíbrio mineral derivados para o sistema aquífero subsuperficial

Surgências					
Subida da Estação		Mata da Usina		NIA	
Dolomita	84	Smithsonita	83	Rodocrosita	87
Feldspato	85	Rodocrosita	86	Feldspato	88
Barita	86	Aragonita	86	Barita	89
Sílica	90	Calcita	87	Smithsonita	90
Aragonita	94	Montmorilonita	90	Alunita	91
Calcita	95	Sílica	93	Sílica	96
Rodocrosita	95	Quartzo	99	Ilita	96
Quartzo	100	Gibbsita	101	Quartzo	100
Ilita	102	Caulinita		Montmorilonita	
Gibbsita		Moscovita		Gibbsita	
Montmorilonita		Goethita		Caulinita	
Caulinita		Hematita		Moscovita	
Goethita				Goethita	
Hematita				Hematita	

Cisternas					
do Barão	Saturação	da Epamig	Saturação	do Estábulo	Saturação
Smithsonita	83	Anortita	84	Feldspato	84
Rodocrosita	86	Dolomita	86	Willemita	85
Aragonita	88	Rodocrosita	89	Rodocrosita	87
Calcita	89	Sílica	91	Smithsonita	88
Feldspato	89	Feldspato	93	Aragonita	90
Sílica	92	Aragonita	94	Calcita	91
Quartzo	99	Calcita	95	Sílica	92
Ilita		Quartzo	99	Ilita	94
Gibbsita		Ilita		Quartzo	99
Montmorilonita (Ca)		Gibbsita		Montmorilonita (Ca)	
Caulinita		Montmorilonita (Ca)		Gibbsita	
Goethita		Caulinita		Caulinita	
Moscovita		Goethita		Moscovita	
Hematita		Moscovita		Goethita	
		Hematita		Hematita	







Estados de equilíbrio: subsaturado  saturado  supersaturado 

Tabela 8.66 Estados de equilíbrio mineral derivados para o sistema aquífero representado pelas cisternas em áreas de descarga

Cisternas instaladas em áreas de descarga de águas subterrâneas <sup>(1)</sup>							
do Restaurante		da Estufa		da Associação		da fazenda Marinheiro	
Smithsonita	82	Willemita	83	Talco	86	Anidrita	83
Sílica	90	Smithsonita	84	Smithsonita	87	Willemita	83
Anortita	91	Barita	84	Barita	88	Gipsita	84
Aragonita	95	Sílica	90	Willemita	90	Talco	88
Calcita	96	Rodocrosita	92	Sílica	92	Fluorita	89
Barita	98	Dolomita	94	Rodocrosita	93	Anortita	89
Feldspato	99	Ilita	96	Gibbsita	95	Sílica	90
Quartzo	102	Aragonita	100	Caulinita	97	Rodocrosita	91
Rodocrosita		Quartzo	100	Dolomita	98	Feldspato	92
Gibbsita		Calcita	101	Mica	99	Dolomita	93
Ilita		Gibbsita		Quartzo	100	Smithsonita	93
Montmorilonita		Montmorilonita		Aragonita	101	Barita	94
Caulinita		Caulinita		Calcita	102	Quartzo	96
Goethita		Moscovita		Goethita		Aragonita	98
Moscovita		Goethita		Hematita		Calcita	99
Hematita		Hematita				Alunita	
						Montmorilonita	
						Gibbsita	
						Goethita	
						Moscovita	
						Hematita	

(1) Águas subterrâneas de circulação profunda, de acordo com o modelo de fluxo subterrâneo proposto por Machado (2001).

Estados de equilíbrio: subsaturado  saturado  supersaturado 

As cisternas do Restaurante, da Estufa e da Associação foram instaladas em zona de descarga de águas subterrâneas de circulação mais profunda que as cisternas do Barão, da Epamig e da Estufa.

Tabela 8.67 – Estados de equilíbrio mineral prevalentes no sistema hidrogeológico cárstico-carbonático

Poços instalados no aquífero cárstico-carbonático											
Matadouro 1	Saturação	Matadouro 2	Saturação	Subida da Estação	Saturação	Olhos d'Água	Saturação	Epamig	Saturação	fazenda Tavares	Saturação
Witherita	86	Talco	80	Albita	84	Fluorita	80	Fluorita	81	Anortita	85
Smithsonita	92	Feldspato <sup>2</sup>	80	Fluorita	84	Ilita	80	Feldspato	83	Smithsonita	85
Barita	92	Sílica	90	Talco	84	Smithsonita	88	Dolomita	85	Fluorita	86
Sílica <sup>1</sup>	92	Ilita	91	Smithsonita	91	Barita	88	Sílica	88	Feldspato	87
Caulinita	92	Rodocrosita	92	Rodocrosita	91	Willemita	88	Rodocrosita	92	Sílica	91
Talco	93	Smithsonita	95	Willemita	92	Dolomita	90	Anortita	92	Rodocrosita	92
Gibbsita	94			Anortita	92	Rodocrosita	90	Calcedônia	94	Dolomita	94
Rodocrosita	95			Sílica	94	Montmorilonita	90				
				Feldspato	96	Sílica	93				
Moscovita	99	Dolomita	99	Dolomita	99	Aragonita	96	Aragonita	98	Aragonita	102
Willemita	100	Montmorilonita <sup>3</sup>	101	Aragonita	100	Calcita	97	Calcita	99	Calcita	103
Dolomita	102	Aragonita	102	Calcita	101	Gibbsita	98			Ilita	104
Aragonita	103	Calcita	103								
Calcita		Willemita		Ilita		Moscovita		Gibbsita		Montmorilonita	
Goethita		Gibbsita		Montmorilonita		Goethita		Montmorilonita		Caulinita	
Hematita		Caulinita		Goethita		Hematita		Goethita		Moscovita	
		Goethita		Moscovita				Moscovita		Goethita	
		Hematita		Hematita				Hematita		Hematita	

1) Sílica amorfa; 2) Feldspato potássico; 3) Montmorilonita cálcica

Estados de equilíbrio:    subsaturado        saturado        supersaturado    

## **8.5 Sistemas Interativos Águas Subterrâneas e Águas Superficiais**

Conforme o modelo de fluxo proposto por Machado (2011) e corroborado pelos poços tubulares jorrantes, os sítios das lagoas da Subida da Estação e Olhos d'Água se caracterizam como zonas de descarga das águas subterrâneas, na área do CNPMS.

Esses dois sítios constituem sistemas em que as águas subterrâneas afloram na superfície do terreno, através de poços tubulares de produção, de lagoas cársticas e de surgências, interagindo, em parte, com águas do escoamento superficial, sendo drenadas da lagoa Subida da Estação para o córrego Marinheiro e da lagoa Olhos d'Água para o córrego Matadouro.

O modelo proposto por Machado (2011) indica que, em parte, a lagoa Capivara é alimentada pelo fluxo mais superficial da água subterrânea, ou seja, por um fluxo epidérmico, com uma contribuição limitada na parte superior do escoamento freático. Em profundidade, maior que a da lagoa, ou seja, 6 m, o fluxo de água subterrânea se direciona para a lagoa Olhos d'Água e para o córrego Matadouro.

A lagoa Capivara é uma lagoa cega, o excesso de água armazenado no período de chuvas escoar por um vertedouro, localizado em sua borda a nordeste, sendo descarregada no córrego Matadouro. Este corpo d'água constitui, conforme Machado (2011), um sistema de trânsito das águas armazenadas, cuja destinação final é a lagoa Olhos d'água e o córrego Matadouro.

A lagoa Capivara constitui o maior corpo d'água lântico na área do estudo com uma área superficial estimada de 294 000 m<sup>2</sup> (29,4 ha) e volume de água armazenado em período de seca cerca de 351 000 m<sup>3</sup>.

Trata-se de uma lagoa formada através da coalescência de dolinas preexistentes, dando origem a uma uvala. Sua forma original foi modificada para compor a paisagem na sede do CNPMS.

Na Figura 8.172, está apresentado o mapa potenciométrico conforme o modelo de fluxo hídrico subterrâneo, na área do estudo, proposto por Machado (2011), no qual estão apresentados os sítios das lagoas Capivara, Olhos d'Água e da Subida da Estação e destacada a rede de drenagem principal da área do estudo, constituída pelos córregos Matadouro e Jequitibá.

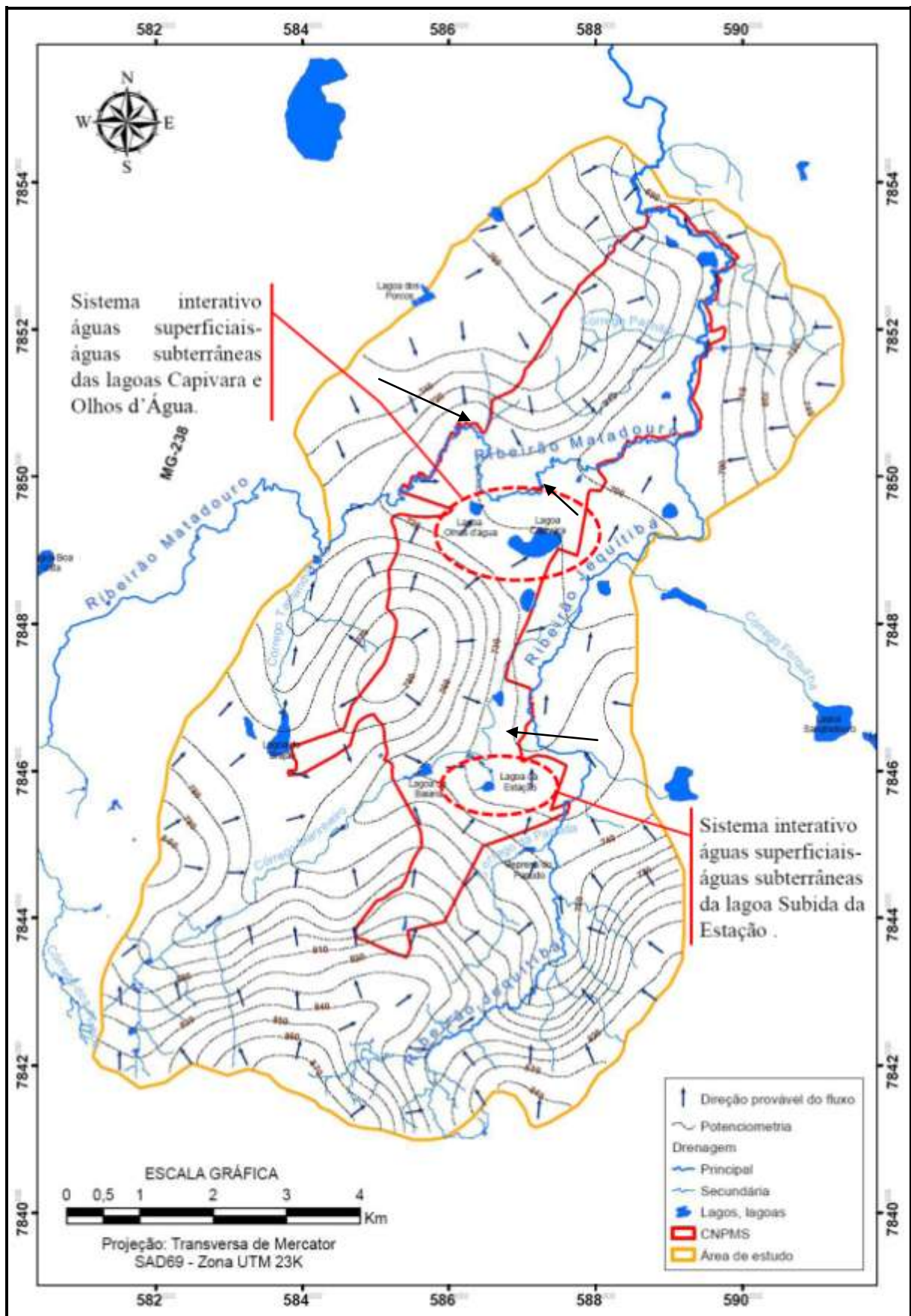


Figura 8.172– Modelo de fluxo subterrâneo e os sistemas interativos de águas subterrâneas e superficiais

Fonte: Machado, 2011; Adaptação: Santos, F., 2011.

Conforme o modelo de fluxo subterrâneo proposto por Machado (2011) as lagoas Olhos d'Água e Subida da Estação constituem áreas de descarga da água subterrânea. Na região da lagoa da Capivara o fluxo subterrâneo tende a ser raso, se direcionando em profundidade para os elementos hidrogeológicos de base, ou seja, para a lagoa Olhos d'Água e para o córrego Matadouro.

As linhas de fluxo mais profundas que indicam a alimentação desses dois sistemas se originam nas áreas de recarga local, a saber, os altos topográficos e as vertentes, em que foram implantadas as áreas de cultivo agrícola do CNPMS. Conseqüentemente, os potenciais impactos das atividades antrópicas nessas áreas, se refletirão nas áreas de descarga do fluxo hídrico subterrâneo (Machado, 2011).

### 8.5.1 O Sistema interativo da Lagoa Subida da Estação

Na imagem apresentada na Figura 8.173, está mostrado o sítio da lagoa Subida da Estação e parte da área agrícola em seu entorno, que constitui o sistema interativo da lagoa Subida da Estação.



Figura 8.173 – Sítio da lagoa da “Subida da Estação”

Fonte: Google Earth, 2011.

As águas, neste sistema, foram monitoradas nos seguintes pontos: LAG-2 (586622m E, 7845771 m N); SURG-1 (586420m E, 7845751 m N); e, PT-3 (586535 m E, 7845747 m N), apontados na imagem da Figura 8.137.

Trata-se de uma área de cultivos intensivos, de milho e soja, conduzidos sem irrigação, principalmente.

A bacia em que esta lagoa situa-se é drenada pelo trecho remanescente do córrego Marinheiro, afluente do Jequitibá, pela margem esquerda e pelo canal de irrigação principal, que é alimentado pela represa “da Baiana”, cujo barramento situa-se no leito do córrego Marinheiro, à montante desta bacia. Este canal corre a céu aberto, em quase toda sua extensão, ora sobre o terreno natural, ora em leito de alvenaria, praticamente, abastecendo quase todas as áreas de cultivo do CNPMS.

Na Figura 8.174 estão apresentadas fotografias do sítio do poço tubular jorrante (poço PT-3), monitorado durante o estudo, instalado na área da lagoa da Subida da Estação.



Figura 8.174 – Poço tubular jorrante da lagoa Subida da Estação

Coordenadas UTM: 586535m E / 7845747m N  
Fotos do autor, (2009).

Na fotografia na Figura 8.174 (a) está mostrado o local do poço e a caixa de alvenaria que protege o tubo de boca e o sistema encabeçamento. Na fotografia na Figura 8.174 (b) está mostrado o jorro d'água, com o sistema de encabeçamento desconectado.

A variabilidade temporal do parâmetro pH, nos pontos de monitoramento do sistema lagoa Subida da Estação, está apresentada nos hidrogramas na Figura 8.175.

As três linhas marcadas nos diagramas do pH, referem-se aos valores de pH 5,6 e 8,3 que correspondem ao pH da água de chuva pristina e ao pH máximo de uma água bicarbonatada, não poluída, a linha tracejada marca o pH 7.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas apresentados na Figura 8.175, as águas da surgência Subida da Estação (SURG-1), se apresentaram com pH variando no intervalo 6,2 a 6,5, porém com amplitudes de variação grandes, o que indica águas impactadas por material aportado, no local de amostragem, por escoamento superficial.

As águas da lagoa Subida da Estação e do poço tubular homônimo apresentaram valores de pH variando no intervalo 7,2 a 8,00, portanto águas mais alcalinas e apresentando o mesmo padrão de variação, durante o período de monitoramento, não considerando o valor mínimo verificado em abril de 2009.

Os valores de pH, mais baixos, na surgência Subida da Estação estão associados ao meio de percolação das águas subterrâneas mais rasas, ou seja, os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena e o próprio Latossolo, mais pobres em minerais carbonáticos e outros minerais neutralizadores de acidez, e à interação com a matéria orgânica vegetal, em decomposição, quando as águas dessa surgência afloram na mata onde está localizado o ponto de monitoramento.

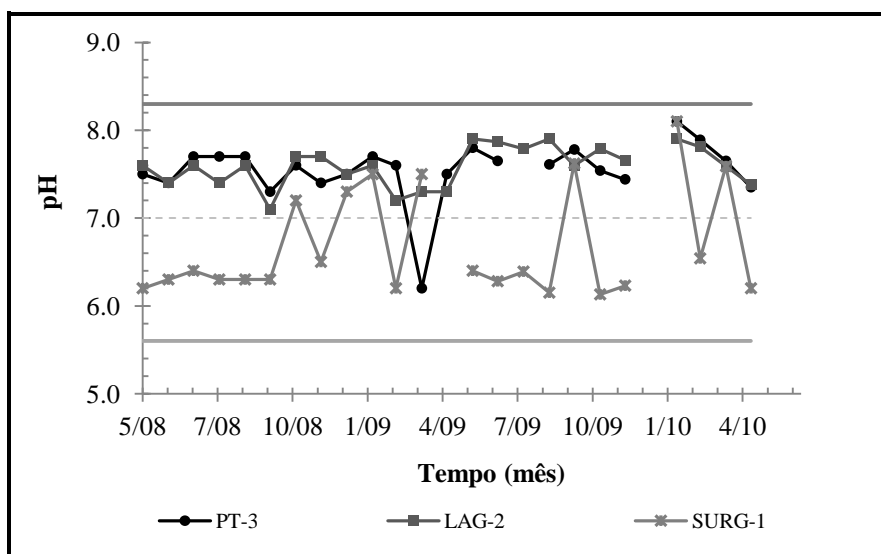


Figura 8.175 – Variabilidade do pH nas águas monitoradas no poço tubular, na lagoa Subida da Estação e na surgência

Os valores de pH nas águas do poço tubular e da lagoa Subida da Estação, reportados nos hidrogramas, na Figura 8.175, se apresentaram concordantes com os valores de pH verificados nas águas do aquífero cárstico-carbonático, na área do estudo.



A variabilidade temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, nas águas monitoradas no sistema lagoa Subida da Estação estão apresentados nos hidrogramas, na Figura 8.176 (a) e 8.176 (b).

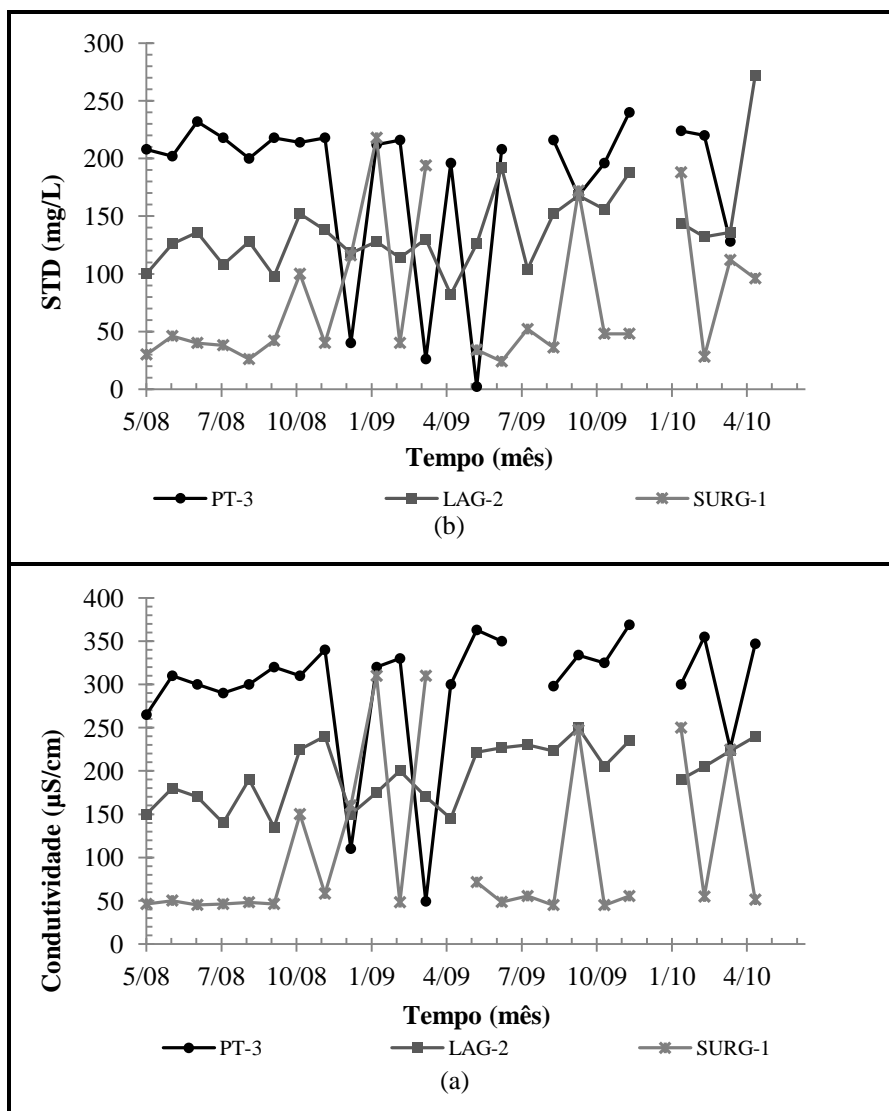


Figura 8.176 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas águas monitoradas no poço tubular da lagoa Subida da Estação e na surgência

As condutividades elétricas verificadas na surgência Subida da Estação, reportadas no hidrograma, na Figura 8.176 (a) caracterizam águas jovens, de circulação rápida, portanto pouco mineralizadas, características do ambiente geológico no domínio dos Latossolos e dos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena na área do estudo, ou seja, condutividades variando no intervalo de 50 a 70 µS/cm, em geral.

De acordo com os hidrogramas da Figura 8.176(a), verifica-se que a variabilidade temporal da condutividade elétrica, verificada na lagoa Subida da Estação e no poço tubular homônimo, se

apresentou com padrão semelhante, não considerando os valores mínimos ocorridos nos meses de janeiro abril e junho de 2009. Com condutividades menores na lagoa Subida da Estação, em virtude do ambiente de sedimentação propiciado pela própria lagoa, o que acarreta a redução das concentrações iônicas na massa d'água.

Os valores mínimos verificados nas condutividades elétricas observadas nos meses de janeiro, abril e junho de 2009 foram atribuídos à redução das concentrações iônicas nas amostras armazenadas, devido a alguma reação química ocorrida durante o seu armazenamento.

Conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.176 (b) as concentrações de sólidos totais dissolvidos variabilidade temporal alta, em particular no poço de produção.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas:

- lagoa da Subida da Estação (LAG-2) — pH ( $7,6 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $197 \pm 36$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $139 \pm 39$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- poço tubular (PT-3) — pH ( $7,6 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $296 \pm 76$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $203 \pm 81$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;
- surgência da Subida da Estação (LAG-2) — pH ( $6,7 \pm 0,6$ ), condutividade elétrica ( $77 \pm 61$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $107 \pm 94$ )  $\text{mg}/\text{L}$ ;

As variabilidades estatísticas dos valores médios do pH, nas águas monitoradas na lagoa Subida da Estação e no poço tubular se apresentaram pequenas, em geral, menores que 5% o que é indicativo da consistência dos valores determinados. Na surgência a variabilidade estatística do valor médio do pH foi cerca de 9%, mais elevada, porém compatível com determinações experimentais.

As variabilidades estatísticas do parâmetro condutividade elétrica, CE, resultaram cerca de 18% nas águas monitoradas na lagoa, 26% no poço tubular e 79% nas águas da surgência. Para os sólidos totais dissolvidos, STD, as variabilidades resultaram em 28% nas águas da lagoa, 40% nas águas do poço tubular e 88% nas águas da surgência.

As variabilidades estatísticas resultaram elevadas para os parâmetros condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. Fato que reflete, em parte, certa inconsistência dos resultados,

atribuída a possíveis problemas na amostragem, ou de ordem laboratorial na execução das determinações.

De acordo com os resultados reportados dos parâmetros CE e STD, se verifica que se apresentaram com menor variabilidade na lagoa Subida da Estação, fato que indica um ambiente de águas calmas, propício à sedimentação de minerais e materiais particulados em suspensão.

Nas águas monitoradas no sistema lagoa Subida da Estação, as razões médias entre as concentrações de sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica (STD/CE), foram as seguintes: 0,65 nas águas do poço tubular; 0,71 nas águas da lagoa; e, 1,4 nas águas da surgência.

Os valores da razão entre as concentrações de sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica, refletem um grau de consistência entre os valores medidos desses parâmetros, nas águas da lagoa e do poço tubular. Nas águas da surgência, as concentrações de sólidos totais dissolvidos se apresentaram maiores que a condutividade elétrica medida em laboratório, o que é atribuído a problemas de ordem laboratorial na sua determinação.

Admitindo que as águas na surgência tenham menor tempo de residência, os sólidos totais dissolvidos deveriam se apresentar menores, em média, e como uma fração da condutividade elétrica.

Os valores máximos da condutividade elétrica, reportados no diagrama mostrado na Figura 8.176 (a), nas águas monitoradas no poço, na lagoa e na surgência do sistema lagoa Subida da Estação, não são valores de condutividade usuais nas águas monitoradas na área do estudo. No entanto, foram assumidas como causas dos eventuais valores elevados do parâmetro condutividade elétrica, o aporte de material terrígeno e húmico, por escoamento superficial, na época de chuvas, nas águas da lagoa Subida da Estação e da surgência homônima.

Na Figura 8.177 estão mostrados diagramas de barras, representando os valores médios dos parâmetros potencial hidrogeniônico, pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados para as águas monitoradas, nos pontos de amostragem, no sistema lagoa Subida da Estação.

As linhas tracejadas marcam o valor 7,0 para referência do pH, e o valor 200 para referência de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

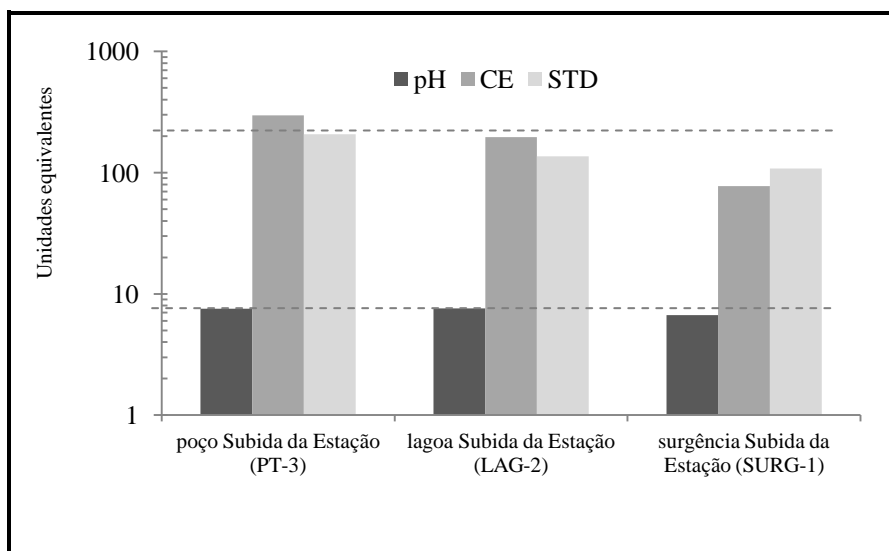


Figura 8.177 – Diagrama comparativo dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação

Conforme mostrado no diagrama na Figura 8.177, em média, o pH das águas amostradas na lagoa Subida da Estação e no poço tubular homônimo, se apresentou maior que 7,0. A condutividade elétrica, em média, se apresentou acima de 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

De acordo com os resultados reportados e conforme o diagrama na Figura 8.177 as águas amostradas na surgência Subida da Estação se apresentaram mais ácidas, com condutividade elétrica média menor que 80  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e sólidos totais dissolvidos, em média, cerca de 100 mg/L.

Os valores desses dois parâmetros nas águas amostradas na surgência da lagoa Subida da Estação refletiu um problema técnico, em razão do parâmetro STD, normalmente, se apresentar como uma fração da condutividade elétrica.

No conjunto de águas monitoradas, na área do estudo, em média, os sólidos totais dissolvidos se apresentaram com valores cerca de 0,7 dos valores das condutividades elétricas. Nas águas monitoradas na surgência da Subida da Estação a variabilidade dos valores médios desses parâmetros foi grande, respectivamente 80% e 90 % dos valores médios, o que indica inconsistência dos resultados reportados, em razão de amostragem inadequada ou de erros laboratoriais.

Em média, tanto as águas do o poço tubular como da lagoa Subida da Estação se apresentaram com valores de pH iguais e com variabilidade em relação ao valor médio cerca de 4%, em razão de suas águas terem origem comum.

## Constituintes principais, secundários e traços no sistema interativo da lagoa Subida da Estação

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.68, para as concentrações dos constituintes principais verificadas nas surgências Subida da Estação, da Usina e do NIA, as seguintes estatísticas: média; desvio padrão; mínimo; máximo; e amplitude.

Tabela 8.68 – Constituintes principais nas águas monitoradas no sistema Subida da Estação

Ponto	Estatísticas	Concentrações (mg/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
PT-3	Média	55.8	7.98	0.789	1.84	206	3.28	7.15	2.82
	Mínimo	8.00	2.15	0.300	1.30	24	2.00	1.24	0.090
	Máximo	67.7	12.6	3.76	2.90	250	5.00	29.2	7.00
LAG-2	Média	39.6	3.37	0.680	2.03	133	3.62	4.97	2.83
	Mínimo	27.7	2.48	0.330	1.12	91.5	2.20	0.97	0.90
	Máximo	56.4	4.42	1.290	6.20	171	7.50	27.4	5.90
SURG-1	Média	19.4	2.25	0.503	1.60	71.3	3.69	4.70	1.64
	Mínimo	6.34	0.70	0.200	1.00	27.6	2.00	0.93	0.10
	Máximo	64.0	8.07	1.18	2.85	206	9.50	25.7	4.30

As concentrações reportadas na Tabela 8.68, mostraram as águas monitoradas no sistema lagoa Subida da Estação com concentrações dominantes dos íons bicarbonato e cálcio, porém mais ricas em magnésio do que em sódio e potássio e, mais ricas em nitrato do que em cloreto e sulfato.

As águas monitoradas no poço tubular (PT-3) se apresentaram mais ricas nos constituintes principais, com exceção do sódio e do cloreto, que as águas monitoradas na surgência e na lagoa, o que está de acordo com a natureza dessas águas, ou seja, águas de circulação mais profunda, com maior tempo de residência e que percolaram pelo meio hidrogeológico cárstico carbonático.

As concentrações de nitrato nas águas da lagoa da Subida da Estação e da surgência homônima se apresentaram muito semelhantes, com relação aos valores médios, máximos e mínimos, o que pode indicar uma fonte comum deste constituinte.

As razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , para as águas do sistema lagoa Subida da Estação foram, respectivamente: 0,23 na águas do poço tubular; 0,14 na lagoa e 0,19 na surgência, o que denota a ausência da contribuição de rochas dolomíticas à composição dessas águas.

O enriquecimento das águas do poço tubular em magnésio é corroborado pelo valor maior da razão  $rMg^{2+}/rCa^2$ .

Para o sistema Subida da Estação foram verificadas as seguintes seqüências de abundância dos constituintes principais, em ordem decrescente, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.68:

- poço tubular (PT-3) —  $Ca > Mg > Na > K; e, HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- lagoa Subida da Estação (LAG-2) —  $Ca > Mg > Na > K; e, HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4; e,$
- surgência Subida da Estação (SURG-1) —  $Ca > Mg > Na > K; e, HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4$ .

De acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.68, as águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação apresentaram a mesma seqüência de abundância dos constituintes principais.

Conforme já exposto, nas águas subterrâneas não poluídas, o teor de sódio é, em geral, maior que o de magnésio, e o teor de cloreto maior que o teor de nitrato. De modo geral, essa ordem não se verificou, as águas se apresentaram mais ricas em magnésio do que em sódio e com o nitrato maior que o cloreto.

Como o nitrato é um nutriente importante para os vegetais, sendo assimilado por eles, na ausência de uma fonte externa de nitrato, a concentração deste constituinte deveria se apresentar menor que a de cloreto, admitindo como suas fontes principais a degradação da matéria orgânica e a bioassimilação do  $N_2$  atmosférico, o que não foi verificado.

Na Figura 8.178 estão apresentadas as distribuições dos constituintes principais nas águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação.

Conforme o diagrama apresentado na Figura 8.178 (a), as águas da lagoa Subida da Estação se apresentaram pobres em potássio e em sulfato, com cerca de 10 % do potássio e, 12% do sulfato, comparativamente com os teores verificados nas águas das lagoas cadastradas na área do estudo. As águas do poço tubular se apresentaram mais ricas em magnésio e pobres em sulfato, com cerca de 44 % do magnésio e, 10% do sulfato, verificados nas águas dos poços tubulares cadastrados na área do estudo.

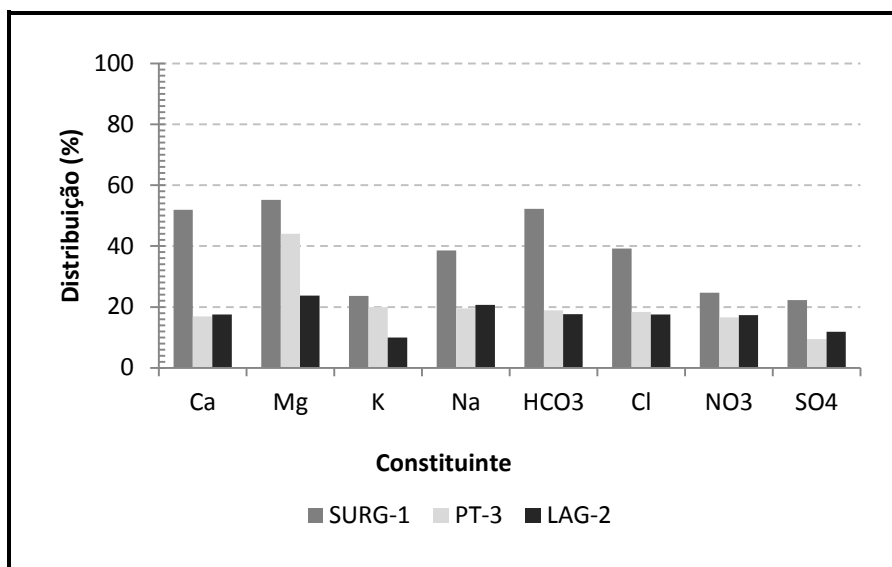


Figura 8.178 – Distribuição dos constituintes principais no sistema interativo da lagoa Subida da Estação

A distribuição dos demais constituintes principais nas águas do poço tubular, em média, se apresentou de acordo com as águas monitoradas nos poços tubulares, cadastrados na área do estudo.

A distribuição dos constituintes principais nas águas das surgências se apresentou muito variável, refletindo possíveis impactos no ambiente das surgências.

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.178, as águas da surgência da lagoa Subida da Estação se apresentaram mais ricas em cálcio, magnésio, cloreto e bicarbonato, com cerca de 52% do cálcio, 55% do magnésio, 39% do cloreto e 52 % do bicarbonato verificados nas águas das surgências cadastradas na área do estudo.

Não ocorreu um enriquecimento, em nitrato, nas águas da lagoa Subida da Estação e do poço tubular e, as águas da surgência da Subida da Estação se apresentaram mais pobres em nitrato, conforme os resultados reportados no diagrama mostrado na Figura 8.178.

Considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^{+}$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^{-}$ ,  $\text{Cl}^{-}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  está apresentado na Figura 8.179, o diagrama de Piper para as águas nas surgências Subida da Estação, da Usina e do NIA.

Do ponto de vista hidroquímico, as águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação se apresentaram cálcicas bicarbonatadas, de acordo com o diagrama de Piper apresentado na Figura 8.179.

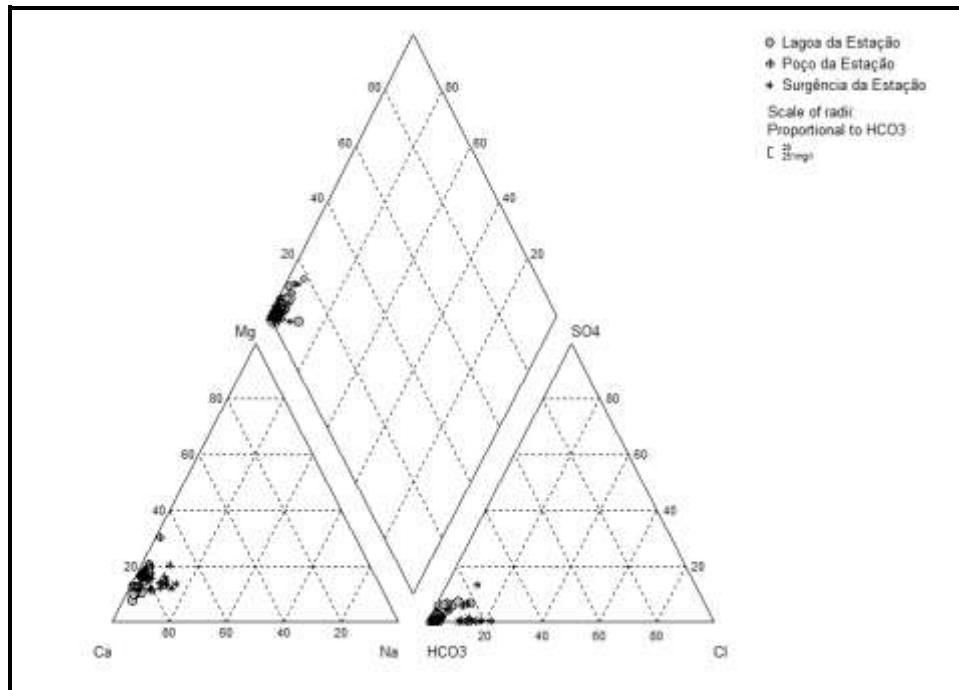


Figura 8.179 – Diagrama de Piper para as águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação

Conforme o diagrama de Piper, na Figura 8.179, as águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação se apresentaram mais pobres em sódio, potássio, cloreto e sulfato.

As águas monitoradas, nesse sistema, apresentaram um padrão hidroquímico homogêneo, com pequena dispersão das concentrações, sendo que as concentrações de cálcio e bicarbonato se apresentaram menores nas águas da surgência local.

Apesar das águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação se apresentarem enriquecidas em magnésio, as concentrações desse constituinte não se apresentaram suficientemente grandes para imprimir a característica magnesianas, de modo a alterar o padrão hidroquímico mostrado no diagrama de Piper, da Figura 8.179.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, considerando as concentrações dos constituintes secundários e traços, verificadas nas águas monitoradas no poço tubular, na surgência e na lagoa, do sistema interativo da lagoa Subida da Estação, estão sumarizadas na Tabela 8.67, as seguintes estatísticas: média; mínimo e máximo.

O ferro se apresentou em concentração maior, em mais de 100%, nas águas da lagoa Subida da Estação, o que indica o aporte de material terrígeno, para este corpo d'água, devido ao escoamento superficial das águas meteóricas que precipitam no entorno da lagoa, de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.69.



Tabela 8.69 – Constituintes secundários e traços nas águas do sistema Subida da Estação

Ponto	Estatísticas	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
PT-3	Média	271	157	40.0	40.3	13.8	62.5	8.23	34.1	92.3
	Mínimo	5.00	3.90	19.0	7.00	3.10	10.0	0.600	1.40	10.0
	Máximo	2900	430	60.0	150	39.0	130	26.5	110	238
LAG-2	Média	215	491	107	44	14	16	2.4	-	62
	Mínimo	28.0	51.0	60.0	8.6	3.0	10	0.6	-	20
	Máximo	520	850	230	110	33	30	5.5	-	140
SURG-1	Média	245	216	74.3	24.3	16.7	39.3	2.05	4.51	148
	Mínimo	4.60	40.0	30.0	3.60	7.00	10.0	0.600	2.34	8.00
	Máximo	2360	920	120	50.9	27.0	74.0	3.00	10.0	590

Considerando as águas monitoradas no sistema Subida da Estação foram verificadas as seguintes seqüências de abundância dos constituintes secundários e traços, em ordem decrescente, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.69:

- poço tubular (PT-3) — Al > Fe > Zn > Cd > Cu > Ba > Mn > Pb > Cr;
- lagoa Subida da Estação (LAG-2) — Fe > Al > Mn > Zn > Ba > Cu > Pb > Cr > Cd; e,
- surgência Subida da Estação (SURG-1) — Al > Fe > Zn > K > Mn > Cu > Ba > Pb > Cd > Cr.

Nas Figuras 8.180 estão apresentadas as distribuições dos constituintes secundários e traços nas águas monitoradas no sistema interativo da lagoa Subida da Estação, em ordem crescente dos teores percentuais, em miliequivalentes.

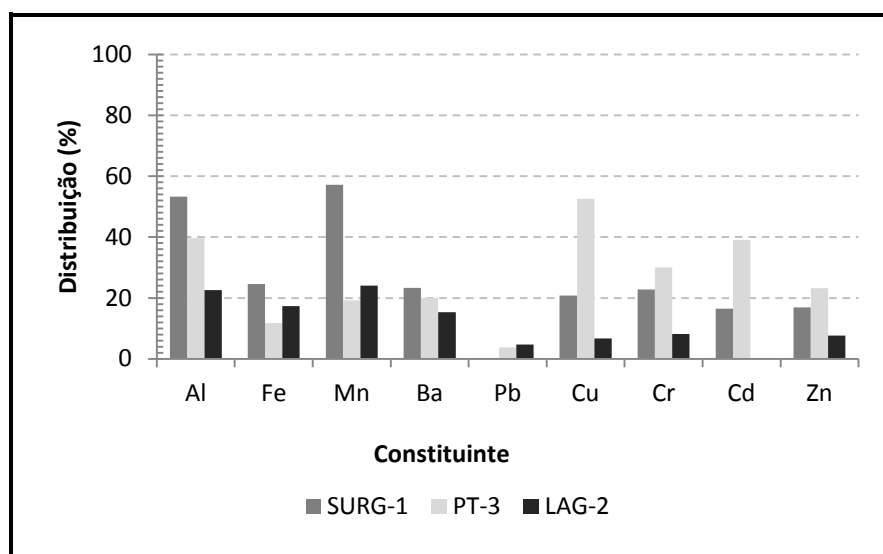


Figura 8.180 – Distribuição dos constituintes secundários e traços no sistema interativo da lagoa Subida da Estação

Conforme o diagrama apresentado na Figura 8.180, as águas monitoradas na surgência da lagoa Subida da Estação se apresentaram enriquecidas nos constituintes alumínio e manganês, com cerca de 52 % do Al e, 56 % do Mn, com relação aos teores verificados nas águas das surgências da Mata da Usina e do NIA, cadastradas na área do estudo.

As águas da surgência da lagoa Subida da Estação se apresentaram com menores teores de ferro, bário, cobre, cromo, cádmio e zinco que nas águas das surgências da Mata da Usina e do NIA, cadastradas na área do estudo.

Os constituintes Al, Cu e Cd se apresentaram com teores maiores nas águas monitoradas no poço tubular da lagoa Subida da Estação, com teores cerca de 40 % de alumínio, 52 % de cobre e, 40% de cádmio, com relação aos teores verificados nas águas dos demais poços tubulares cadastrados na área do estudo, conforme os resultados reportados no diagrama da Figura 8.180.

As águas da lagoa Subida da Estação se apresentaram mais ricas em alumínio e manganês com cerca de 22 e 24%, respectivamente. O ferro e o bário, se apresentaram com teores equilibrados em relação à sua distribuição nas águas das lagoas cadastrados na área do estudo, em geral. As águas desta lagoa se apresentaram mais pobres nos constituintes chumbo, cobre, cromo, cádmio e zinco, de acordo com os resultados reportados no diagrama da Figura 8.180.

### **8.5.2 O Sistema Interativo das Lagoas Capivara e Olhos d'Água**

Na imagem apresentada na Figura 8.181, está mostrado o sítio da lagoa Capivara e da lagoa Olhos d'Água e parte das áreas agrícolas no entorno dessas lagoas, que constituem o sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água.

A descrição apresentada em função da qualidade das águas deste sistema, está baseada nos resultados do monitoramento realizado nos pontos, a saber, lagoa Capivara (LAG-4; 586995 m E, 7848945 m N); lagoa Olhos d'Água (LAG-5; 586569 m E, 7849779 m N); poço tubular da lagoa Olhos d'Água (PT-4; 586342 m E, 7849779 m N); e cisterna da Associação (CIS-4; 586337 m E, 7849774 m N), apontados na imagem da Figura 8.181.



Figura 8.181 – Sítios das lagoas Capivara e Olhos d'Água

Fonte: Google Earth, 2011

Conforme o modelo de fluxo hídrico subterrâneo proposto por Machado (2011), corroborado pela as medições do nível d'água realizadas no poço de monitoramento PC-6 e no piezômetro PC-7, a lagoa Capivara é mantida por águas subterrâneas rasas, não recebendo águas de circulação mais profundas.

As águas subterrâneas mais profundas, características dos meios hidrogeológicos no domínio dos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena e no domínio das rochas carbonáticas, são descarregadas, em parte, na lagoa Olhos d'Água, no poço tubular homônimo, na cisterna da Associação e no córrego Matadouro.

Nas áreas de agricultura ao sul e sudoeste das respectivas lagoas, mostradas na Figura 8.181, são praticados cultivos intensivos experimentais de milho, soja e sorgo. A área agrícola que aparece à direita, na porção sudeste da imagem, mostrada na Figura 8.181, está situada na fazenda da Epamig.

A área que compreende o sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água é drenada pelo córrego Matadouro, ao norte, conforme pode ser observado na imagem da Figura 8.181.

As áreas a sudoeste das lagoas mostradas na Figura 8.181, são utilizadas para cultivos intensivos de milho e sorgo conduzidos sob irrigação, principalmente.

A linha férrea, apontada na Figura 8.181, atua como um dreno impedindo que as águas meteóricas que precipitam na área de recarga a sudoeste da linha férrea, alcancem as lagoas Capivara e Olhos d'Água, por meio do escoamento superficial.

Os poços de monitoramento PC-6 e PC-7, apontados na imagem, na Figura 8.180 foram instalados para amostragem das águas do sistema hidrogeológico no domínio do aquífero granular e no domínio do aquífero cárstico-carbonático, respectivamente.

Na Figura 8.182 estão apresentadas fotografias do sítio do poço tubular jorrante (poço PT-4), monitorado durante o estudo, instalado na área da lagoa Olhos d'Água.



Figura 8.182 – Poço tubular jorrante da lagoa Olhos d'Água

Coordenadas UTM: 586 342m E / 7849779m N  
Fotos do autor, (2009).

A variabilidade temporal do parâmetro pH, de acordo com os resultados verificados nos pontos de monitoramento do sistema lagoas Capivara – Olhos d'Água, está apresentado nos hidrogramas na Figura 8.183.

A linha cheia nos diagramas do pH, referem-se ao valor de pH 8,3 que corresponde ao pH máximo de uma água bicarbonatada, não poluída, a linha tracejada marca o pH 7. Para maior clareza os hidrogramas do parâmetro pH nas águas das lagoas Capivara e Olhos d'Água e, nas águas do poço tubular e da cisterna da Associação estão apresentados separadamente.

De acordo com os hidrogramas da Figura 8.183 (a), as águas monitoradas no poço Olhos d'Água e na cisterna da Associação se apresentaram com pH, variando no intervalo de 7,4 a 8,2 e com um padrão de variação bastante homogêneo a partir de outubro de 2008. Conforme

os resultados reportados os hidrogramas da Figura 8.183 (a), as águas da cisterna da Associação, em geral, se apresentaram mais alcalinas, que as águas do poço tubular.

A variabilidade temporal do pH nas águas das lagoas Capivara e Olhos d'Água, apresentou um padrão semelhante, no entanto essas águas se apresentaram mais ácidas que as águas monitoradas no poço tubular e na cisterna da Associação, com pH variando, em geral, no intervalo de 7,0 a 7,8.

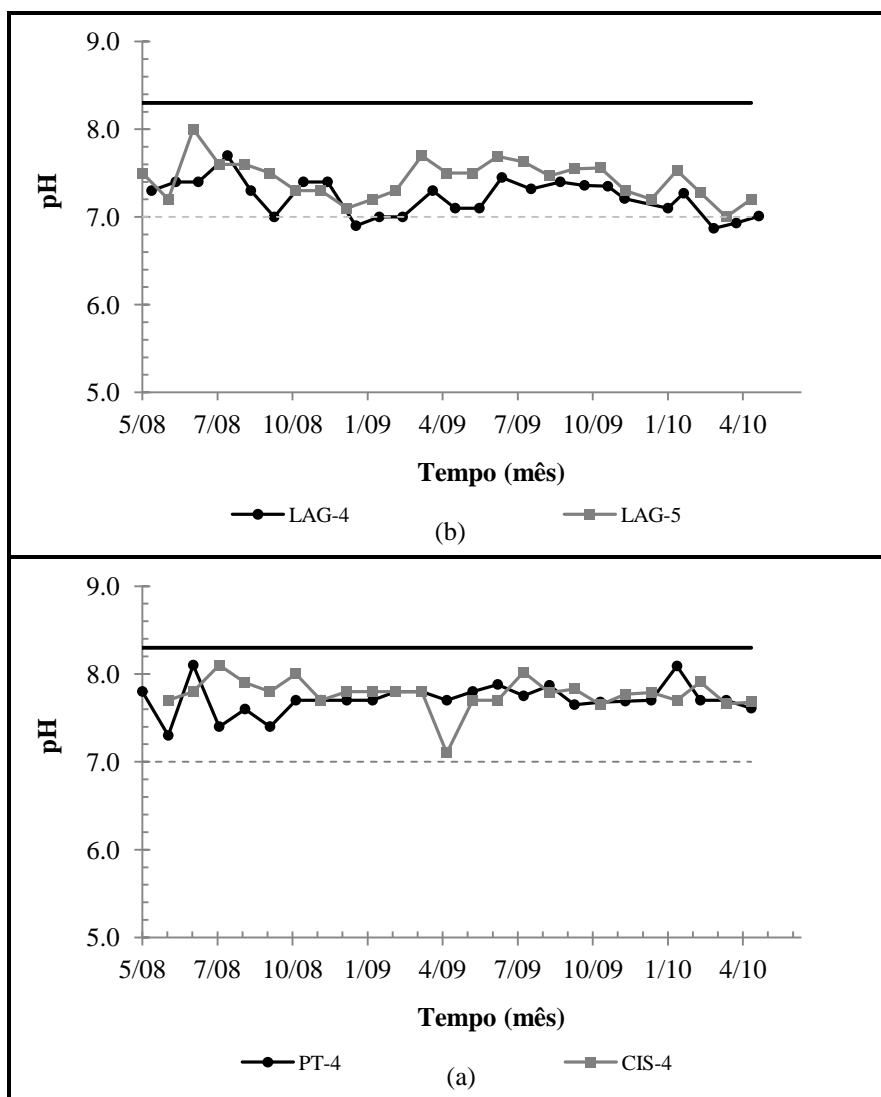


Figura 8.183 – Variabilidade do pH nas águas monitoradas no sistema interativo lagoas Capivara – Olhos d'Água

Os valores mais elevados de pH verificados nas águas do poço tubular Olhos d'Água e da cisterna da Associação, reportados nos hidrogramas, na Figura 8.183(a), estão associados ao meio hidrogeológico cárstico-carbonático, de percolação dessas águas.

Os valores mais baixos do pH verificados nas águas da lagoa Capivara, de acordo com os hidrogramas na Figura 8.183, estão associados ao seu meio hidrogeológico, a saber, os Latossolos Vermelhos e os metapelitos da Formação Serra de Santa Helena, mais pobres em minerais carbonáticos e outros minerais neutralizadores de acidez.

Conforme os hidrogramas na Figura 8.183 (b), verifica-se que as águas da lagoa Capivara, no ponto de monitoramento LAG-4, apresentaram os menores valores de pH, em geral, menores que 7,4. Os valores do pH nas águas da lagoa Olhos d'Água, denotaram águas mais alcalinas que as águas da lagoa Capivara, em geral, com variações entre 7,2 e 7,8.

De acordo com os hidrogramas, na Figura 8.183 (b), que os valores do pH das águas das lagoas Capivara e Olhos d'Água apresentaram uma tendência decrescente, no período monitorado. Esse decréscimo do pH é atribuído à maior precipitação nos anos de 2009 e 2010, de acordo com os dados pluviométrico reportados no Capítulo 6, o que acarretou um aumento do fluxo de águas meteóricas, por escoamento superficial, transportando matérias carbonáticas e neutralizadores de acidez para esses dois corpos d'água, com a consequente redução do pH, na massa d'água.

A variabilidade temporal dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados no poço Olhos d'Água, na cisternas da Associação e nas lagoas Capivara e Olhos d'Água, está representada nos hidrogramas nas Figuras 8.184 e 8.185.

De acordo com os hidrogramas na Figura 8.184 (a), as condutividades elétricas nas águas da cisterna da Associação e do poço da lagoa Olhos d'Água se apresentaram no intervalo de 200 a 270 $\mu$ S/cm, com um padrão de variação semelhante, não considerando os valores mínimos verificados, nos meses de março a maio de 2009, nas águas da cisterna da Associação.

Os valores de condutividade reportados nos hidrogramas na Figura 8.184 (a) caracterizam águas com maior tempo de residência no meio de percolação, portanto mais mineralizadas, apresentando condutividades características do ambiente hidrogeológico no domínio das rochas carbonáticas do grupo Bambuí.

Conforme os hidrogramas da Figura 8.184 (b), as condutividades elétricas nas águas das lagoas Capivara e Olhos d'Água se apresentaram em intervalos distintos, em geral, variando de 40 a 60  $\mu$ S/cm, na águas da lagoa Capivara e de 200 a 260  $\mu$ S/cm, nas águas da lagoa Olhos d'Água.

As condutividades elétricas verificadas nas águas da lagoa Capivara, indicaram águas pouco mineralizadas, com pequeno tempo de residência no meio hidrogeológico.

Os baixos valores da condutividade elétrica na lagoa Capivara corroboram a natureza de suas águas, indicando que esse corpo d'água é mantido, principalmente, por águas subterrâneas epidérmicas.

Os dois máximos de condutividade observados em abril e setembro de 2009, nas águas monitoradas na lagoa Capivara, são indicativos de uma inconsistência nessas duas medidas com as demais medidas na série, o que pode ser atribuído a eventual distúrbio no local da coleta, em razão do ponto de monitoramento ter sido situado em uma área sob forte influência antrópica.

Os valores das condutividades elétricas verificadas nas águas da lagoa Olhos d'Água, se apresentaram semelhantes aos valores verificados no poço tubular e na cisterna da Associação, e com um padrão de variabilidade semelhante não considerando o máximo verificado em outubro de 2008, o que é indicativo de águas com a mesma origem.

As condutividades elétricas reportadas nos hidrogramas da Figura 8.184 (b) indicam águas de constituições iônicas diferentes, em função do tempo de residência e do meio hidrogeológico. As condutividades elétricas verificadas na lagoa Capivara, são características de águas de circulação rápida, em meios mais pobres em minerais mais solúveis. As condutividades reportadas se apresentaram semelhantes aos valores de condutividade verificados nas surgências, cujas águas se apresentaram menos condutivas. As condutividades elétricas verificadas na lagoa Olhos d'Água, são características das águas do aquífero carbonático, na área do estudo.

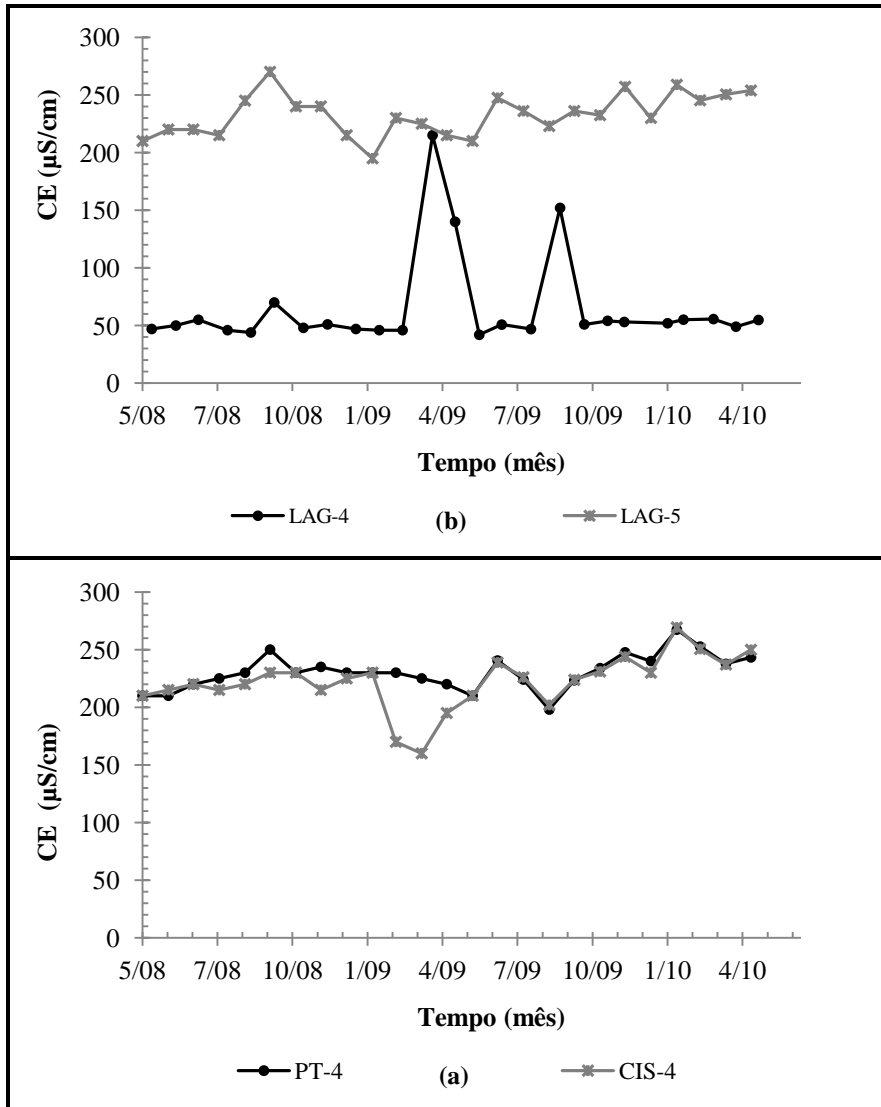


Figura 8.184 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas águas subterrâneas do sistema lagoas Capivara – Olhos d'Água

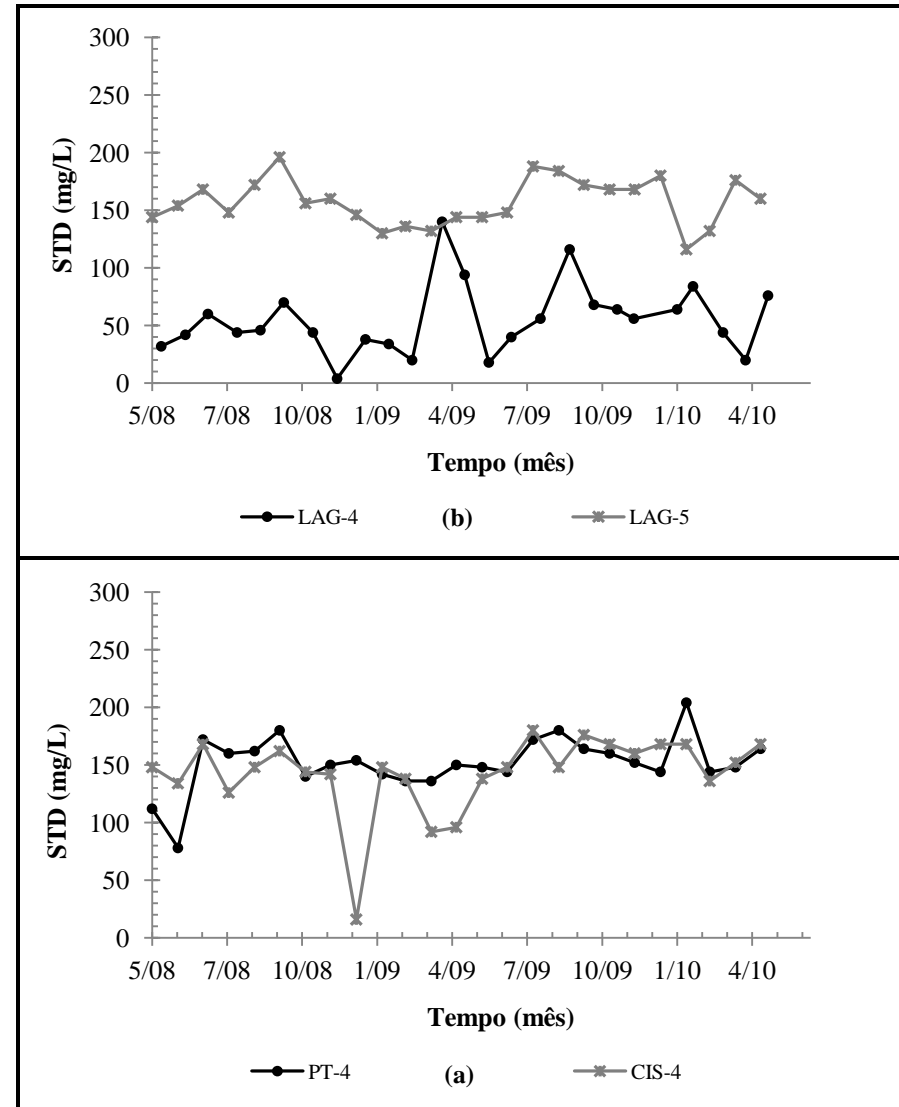


Figura 8.185 – Variabilidade dos parâmetros CE e STD nas águas superficiais do sistema lagoas Capivara – Olhos d'Água



Os valores mínimos verificados nas condutividades elétricas observadas nos meses de janeiro, abril e junho de 2009, nas águas da cisterna da Associação, foram atribuídos à redução das concentrações iônicas devido a alguma reação precipitação ocorrida durante o tempo de armazenamento das amostras, ou à coleta de água estagnada.

Conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.185, os valores das concentrações de sólidos totais dissolvidos, nas águas subterrâneas do sistema lagoas Capivara – Olhos d'Água, monitoradas na lagoa da Subida da Estação, no poço tubular e na cisterna da Associação, se apresentaram de acordo com os valores de condutividade elétrica verificadas nessas águas. Em média, os sólidos totais dissolvidos se apresentaram menores que os valores de condutividade elétrica, por um fator de 0,7.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos, nas águas da lagoa Capivara, se apresentaram muito próximos das condutividades elétricas verificadas nas águas desta lagoa. A razão média entre os sólidos totais dissolvidos e a condutividade elétrica, foi cerca de 0,9. A variabilidade dos sólidos totais dissolvidos se apresentou maior, nas águas da lagoa Capivara, fatos que corroboram a influência antrópica, no sítio do ponto de amostragem nesta lagoa.

Na Figura 8.186 está apresentado o diagramas de barras, para os valores médios dos parâmetros potencial hidrogeniônico, pH, condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados para as águas monitoradas, nos pontos de amostragem cadastrados, no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água.

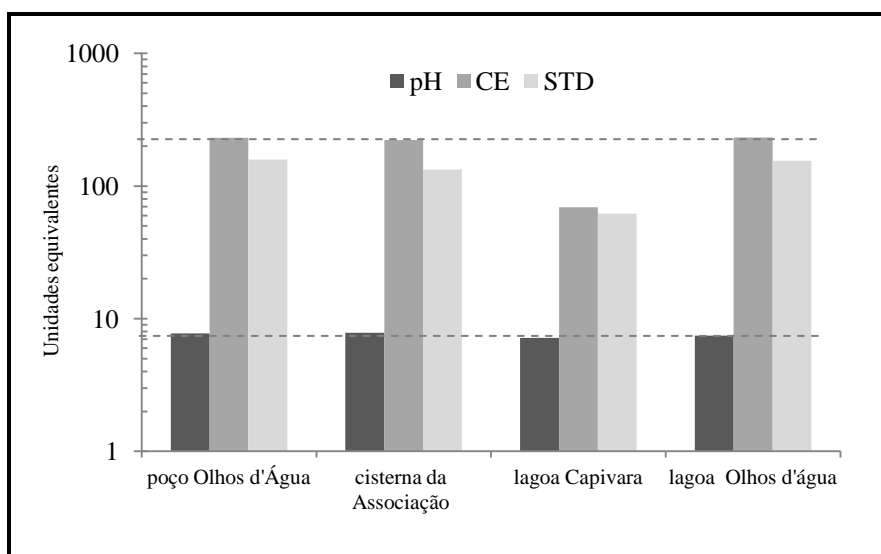


Figura 8.186 – Diagrama comparativo dos parâmetros pH, CE e STD nas águas do sistema interativo lagoas Capivara e Olhos d'Água

As linhas tracejadas marcam o valor 7,0 para referência do pH, e o valor 200 para referência de condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

Conforme mostrado no diagrama na Figura 8.186, em média, o pH das águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água, pH se apresentou maior que 7,0 indicando águas alcalinas

De acordo com o diagrama na Figura 8.186 as águas amostradas no poço tubular, na cisterna da Associação e na lagoa Olhos d'Água apresentaram condutividades elétricas médias, maiores que 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , portanto águas mais condutivas que as águas da lagoa Capivara, em que a condutividade elétrica média foi cerca de 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

As concentrações médias de sólidos totais dissolvidos nas águas amostradas no poço tubular, na cisterna da Associação e na lagoa Olhos d'Água se apresentaram menores que as condutividades elétricas médias, de acordo com o diagrama de barras na Figura 8.185, em cerca de 30%.

No conjunto de águas monitoradas, na área do estudo, em média, os sólidos totais dissolvidos se apresentaram com concentrações cerca de 70% dos valores das condutividades elétricas, o que representa uma razão de 0,7 derivada desses dois parâmetros. O mesmo valor do fator de proporcionalidade foi verificado em relação aos valores médios dos sólidos totais dissolvidos e das condutividades elétricas, reportados no diagrama de barras na Figura 8.186.

Considerando a variabilidade estatística, representada pelo desvio padrão, foram verificados os seguintes intervalos de variação dos parâmetros pH, CE e STD nas águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água:

- lagoa da Olhos d'Água (LAG-4) — pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $65 \pm 41$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $55 \pm 31$ ) mg/L;
- lagoa Capivara (LAG-5) — pH ( $7,2 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $233 \pm 18$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $157 \pm 20$ ) mg/L;
- poço tubular (PT-4) — pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $231 \pm 15$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $152 \pm 24$ ) mg/L;
- cisterna da Associação (CIS-4) — pH ( $7,8 \pm 0,1$ ), condutividade elétrica ( $222 \pm 24$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $143 \pm 34$ ) mg/L;

De acordo com os resultados reportados os valores de pH mostraram que no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água, as águas na cisterna da Associação se apresentaram mais alcalinas, e a lagoa Capivara apresentou águas menos alcalinas.

A variabilidade estatística dos valores médios do pH, nas águas monitoradas no sistema, se apresentaram pequenas, em geral, menores que 3% o que é indicativo da consistência dos valores determinados.

A variabilidade dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, verificados nas águas da lagoa Capivara resultou elevada, maior que 50%, dos valores médios dos parâmetros. Fato que reflete inconsistência dos resultados, devido à possível inadequação da amostragem, em razão da localização do ponto de coleta das amostras da lagoa, ou problemas de ordem laboratorial na execução das determinações.

Nas águas da lagoa Olhos d'Água, do poço tubular e da cisterna da Associação, a variabilidade dos parâmetros condutividade elétrica, CE, e sólidos totais dissolvidos, STD, resultou, em média, menor que 10% para a condutividade elétrica, e menor que 20% para os sólidos totais dissolvidos.

### **Constituintes principais, secundários e traços nas águas do sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água**

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.70, para as concentrações dos constituintes principais nos pontos de monitoramento do sistema lagoas Capivara – Olhos d'Água, as seguintes estatísticas: média; mínimo; e máximo.

**Tabela 8.70 – Constituintes principais nas águas do sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água**

Ponto	Estatísticas	Concentrações (mg/L)							
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
LAG-4	Média	13.7	0.613	1.62	1.33	46.4	2.56	1.27	2.60
	Mínimo	7.20	0.200	0.450	1.00	26.5	2.00	0.885	0.200
	Máximo	36.4	0.870	8.68	1.71	117	3.50	1.99	6.80
LAG-5	Média	46.0	3.28	1.17	1.47	155	4.12	4.79	3.76
	Mínimo	34.5	2.44	0.300	1.14	121	2.40	1.02	0.100
	Máximo	53.7	3.83	9.58	2.10	168	10.0	17.9	5.50
PT-4	Média	44.5	3.60	1.09	1.53	156	2.67	5.50	2.82
	Mínimo	33.7	2.88	0.285	1.00	110	2.00	0.965	0.700
	Máximo	50.3	5.30	9.77	1.94	175	4.60	12.4	6.20
CIS-4	Média	42.6	3.39	0.452	1.48	153	2.57	5.95	2.07
	Mínimo	37.9	2.96	0.360	1.35	144	2.30	2.92	1.50
	Máximo	45.6	3.78	0.540	1.60	163	3.10	11.16	2.40

As concentrações reportadas na Tabela 8.70, mostram que as águas nos pontos de monitoramento do sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água se apresentaram com concentrações dominantes dos íons cálcio e bicarbonato.

As águas da lagoa Capivara apresentaram menores concentrações de cálcio, de magnésio e de bicarbonato, que as águas da lagoa Olhos d'Água, do poço tubular e da cisterna, o que corrobora a natureza diferente de suas águas. As concentrações médias verificadas nas suas águas se apresentaram consistentes com as concentrações verificadas nas águas do meio hidrogeológico no domínio das coberturas detrito-lateríticas.

As concentrações de cálcio, de magnésio e de bicarbonato, nas águas da lagoa Olhos d'Água, do poço tubular e da cisterna se apresentaram consistentes com as concentrações desses constituintes, verificadas nas águas do meio hidrogeológico no domínio cárstico-carbonático, na área do estudo.

As razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , para as águas do sistema lagoa Subida da Estação foram, respectivamente: 0,13 na águas do poço tubular; 0,13 na cisterna; 0,07 na lagoa Capivara; e, 0,12 na lagoa Olhos d'Água, o que denota a ausência da contribuição de rochas dolomíticas na composição química dessas águas.

Os valores médios das razões  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$ , por um lado, não mostraram um enriquecimento das águas monitoradas, nesse sistema interativo, em magnésio por outro lado, corroboram a natureza comum das águas do poço tubular, da lagoa e da cisterna da Associação, em razão dos valores iguais, praticamente.

Para as águas monitoradas no sistema lagoas Capivara – Olhos d'Água foram verificadas as seguintes seqüências de abundância dos constituintes principais, em ordem decrescente, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.70:

- lagoa Capivara (LAG-4) —  $Ca > K > Na > Mg$ ; e,  $HCO_3 > SO_4 > Cl > NO_3$ ;
- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) —  $Ca > Mg > Na > K$ ; e,  $HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4$ ;
- poço tubular (PT-4) —  $Ca > Mg > Na > K$ ; e,  $HCO_3 > NO_3 > SO_4 > Cl$ ;
- cisterna do Associação (CIS-4) —  $Ca > Mg > Na > K$ ; e,  $HCO_3 > NO_3 > Cl > SO_4$ ; e,

A seqüência de abundância dos constituintes principais, nas águas da lagoa Capivara, se apresentou com o potássio mais abundante que o magnésio e o sódio e, com o nitrato menos

abundante, entre os ânions, sendo que nas águas nos demais pontos de monitoramento do sistema, o potássio se apresentou como o cátion menos abundante e com o nitrato mais abundante que o cloreto e o sulfato.

A seqüência de abundância dos constituintes principais nas águas da lagoa Capivara, corroboram o menor tempo de residência dessas águas no meio hidrogeológico e a sua natureza diferente das águas monitoradas na lagoa Olhos d'Água, no poço tubular e na cisterna da Associação.

Nas Figuras 8.187 estão apresentadas as distribuições dos constituintes principais nas águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água Subida da Estação, considerando percentagens em miliequivalentes.

De modo geral, as distribuições dos constituintes principais nas águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água se apresentaram equilibradas, de acordo com a natureza do ponto monitorado. Além do potássio que se apresentou com maior teor nas águas do poço tubular, e do magnésio com maior teor nas águas da lagoa Olhos d'Água, com cerca de 28% e 23%, respectivamente, não se verificaram teores predominantes de nenhum dos demais constituintes principais nas águas monitoradas, de acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.187.

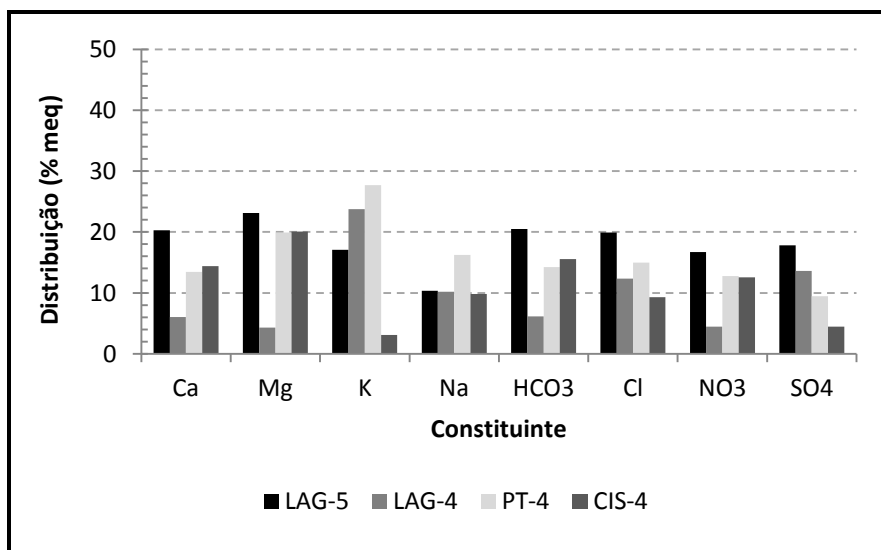


Figura 8.187 – Distribuição dos constituintes principais nas águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água

Conforme o diagrama apresentado na Figura 8.187, as águas da lagoa Capivara se apresentaram, em geral, com menores concentrações dos constituintes reportados.

Com exceção do sódio e do potássio, as águas da lagoa Olhos d'Água se apresentaram enriquecidas nos constituintes, cálcio, magnésio, bicarbonato e cloreto, conforme o diagrama mostrado na Figura 8.187.

Na Figura 8.188, está apresentado o diagrama de Piper para as águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água, considerando o terno catiônico  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  e o terno aniônico  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ .

O diagrama de Piper apresentado na Figura 8.148, confirma a hidroquímica cálcica bicarbonatada, das águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água.

De acordo com o diagrama de Piper, apresentado na Figura 8.188 as águas das lagoas Capivara e Olhos d'Água, do poço tubular e da cisterna da Associação são pobres em magnésio, cloreto e sulfato.

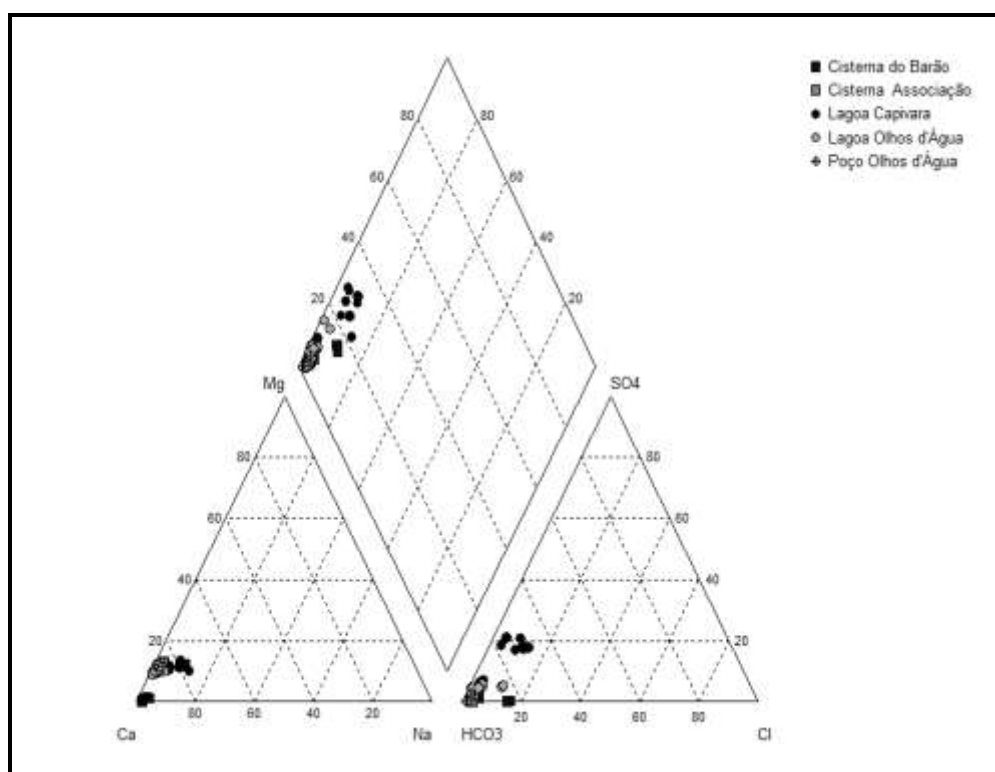


Figura 8.188 Diagrama de Piper — sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água

De acordo com diagrama de Piper, na Figura 8.188, o padrão hidroquímico das águas monitoradas nas lagoas Capivara e Olhos d'Água, no poço tubular e na cisterna da Associação se apresentou homogêneo, indicando águas de mesma natureza em razão da concentração dos

resultados nos vértices correspondentes aos teores de cálcio e de bicarbonato, denotando águas fortemente cálcicas-bicarbonatadas.

O padrão de distribuição nas águas da lagoa Capivara, também se apresentou homogêneo, mas indicando menores teores de cálcio e de bicarbonato e, conseqüentemente, denotando águas menos cálcicas-bicarbonatadas.

As maiores concentrações de magnésio nas águas monitoradas no poço tubular, na cisterna da Associação e na lagoa Olhos d'Água não se apresentaram suficientemente grandes para imprimir a característica magnésiana, de modo a alterar o padrão hidroquímico denotado no diagrama de Piper, da Figura 8.188.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, considerando as concentrações dos constituintes secundários e traços, verificadas nas águas monitoradas no poço tubular, na cisterna e nas lagoas, do sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água estão sumarizadas na Tabela 8.71, as seguintes estatísticas: média; mínimo e máximo.

Tabela 8.71 – Constituintes secundários e traços nas águas do sistema Subida da Estação

Ponto monitorado	Estatística	Concentrações (µg/L)								
		Al	Fe	Mn	Ba	Pb	Cu	Cr	Cd	Zn
lagoa Olhos d'Água (LAG-5)	média	91.0	428	47.5	16	9.1	92	3.0	1.1	116
	mínimo	9.10	50.0	20.0	1.0	6.4	-	1.0	-	17
	máximo	252	1210	120	57	13	-	5.0	-	515
lagoa Capivara (LAG-4)	média	228	224	31.3	8	156	24	2.9	9.1	234
	mínimo	91.0	100	20.0	1.0	7.0	-	1.8	-	72
	máximo	460	700	44.0	21	306	-	4.0	-	670
poço tubular (PT- 4)	média	109	119	20.0	23.5	17.3	19.0	4.80	1.60	85.0
	mínimo	14.0	39.0	20.0	2.90	10.0	18.0	2.50	1.20	20.0
	máximo	284	260	20.0	130	27.0	20.0	8.10	2.00	220
cisterna da Associação (CIS-4)	média	72,5	213,3	30	50,2	34,8	11	4,1	1,2	101
	mínimo	4,0	39	20	2,0	8,0	10	0,60	1,2	10
	máximo	830	760	30,0	200	67	11	47	1,2	450

As águas da lagoa Olhos d'Água se apresentaram enriquecidas em ferro, e as águas da lagoa Capivara se apresentaram enriquecidas em alumínio, chumbo e zinco conforme os resultados reportados na Tabela 8.71.

As concentrações mais importantes de zinco e chumbo nas águas da lagoa Capivara podem indicar contribuição de fontes antrópicas, originadas da disposição inadequada de materiais descartados das residências no entorno da lagoa ou por pessoas a utilizam para lazer.

Considerando as águas monitoradas no sistema Subida da Estação foram verificadas as seguintes seqüências de abundância dos constituintes secundários e traços, em ordem decrescente, de acordo com as concentrações médias reportadas na Tabela 8.71:

- lagoa Olhos d'Água (LAG-5) — Fe > Zn > Cu > Al > Mn > Ba > Pb > Cr > Cd;
- lagoa Capivara (LAG-4) — Zn > Al > Fe > Pb > Mn > Cu > Cd > Ba > Cr;
- poço tubular (PT-4) — Fe > Al > Zn > Ba > Mn > Cu > Pb > Cr > Cd;e,
- cisterna da Associação (CIS-4) — Fe > Zn > Al > Ba > Pb > Mn > Cu > Cr > Cd.

Conforme os resultados reportados na Tabela 8.87, o ferro se apresentou em concentração maior, em mais de 100% nas águas da lagoa Olhos d'Água, o que pode indicar o aporte de material terrígeno, para esta lagoa, transportado pelas águas meteóricas do escoamento superficial, que precipitam no seu entorno.

Na Figura 8.189 estão apresentadas as distribuições dos constituintes secundários e traços nas águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água Subida da Estação, considerando percentagens em miliequivalentes.

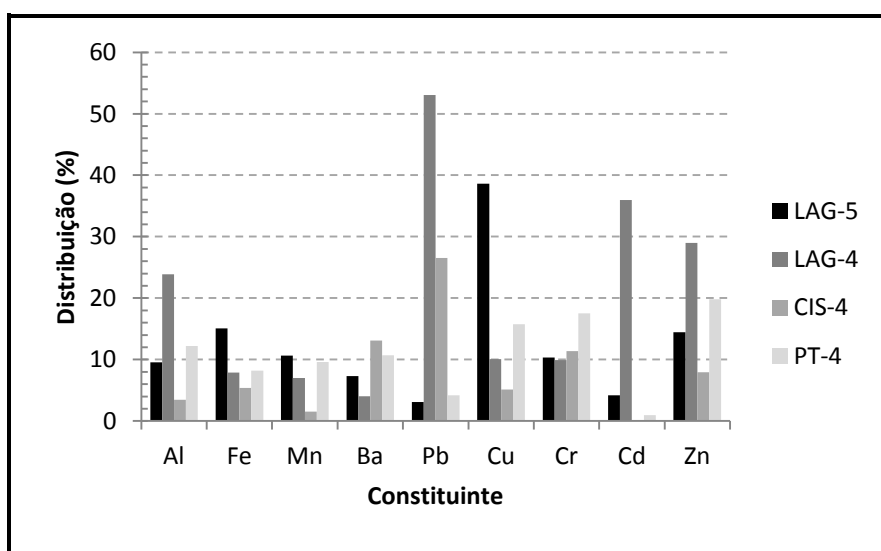


Figura 8.189 – Distribuição dos constituintes secundários e traços nas águas monitoradas no sistema interativo das lagoas Capivara e Olhos d'Água



De acordo com os resultados reportados e segundo o diagrama apresentado na Figura 8.189, as águas monitoradas na lagoa Capivara se apresentaram enriquecidas nos constituintes alumínio, chumbo, cádmio e zinco, com cerca de 24 % do Al, 53 % do Pb, 36% do Cd e 29% do Zn com relação aos teores verificados nas águas lagoas, cadastradas na área do estudo.

As águas monitoradas na lagoa Olhos d'Água se apresentaram enriquecidas em cobre com cerca de 39 % do Cu, verificado nas águas lagoas, cadastradas na área do estudo.

Com exceção do bário e do cromo, as águas da cisterna da Associação se apresentaram com menores teores dos demais constituintes secundários e traços reportados no diagrama apresentado na Figura 8.189.

As águas monitoradas no poço tubular se apresentaram pobres em alumínio, ferro, manganês, bário, chumbo e cádmio, com teores menores que 15%, em média, das concentrações verificadas nos poços tubulares cadastrados na área do estudo.

### **8.5.3 As lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'Água**

Nos diagramas apresentados na Figura 8.190 estão sumarizadas as concentrações dos constituintes principais, secundários e traços nas águas das lagoas dos sistemas interativos das lagoas Subida da Estação, Capivara e Olhos d'Água Subida da Estação.

De acordo com os resultados reportados no diagrama da Figura 8.190 (a), as águas das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água se apresentaram mais ricas em cálcio, magnésio, bicarbonato, cloreto e nitrato, com concentrações médias desses constituintes iguais, praticamente; as águas da lagoa Subida da Estação se apresentaram mais pobres em potássio, que ocorreu em concentrações maiores na lagoa Capivara e, na lagoa Olhos d'Água; o sulfato ocorreu em concentrações médias, praticamente, iguais nas lagoas Subida da Estação e Capivara e em concentração maior na lagoa Olhos d'Água.

Os constituintes principais Ca, Mg, K, Cl, NO<sub>3</sub> e SO<sub>4</sub> são nutrientes essenciais para os vegetais e se apresentaram com concentrações médias importantes nas lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água.

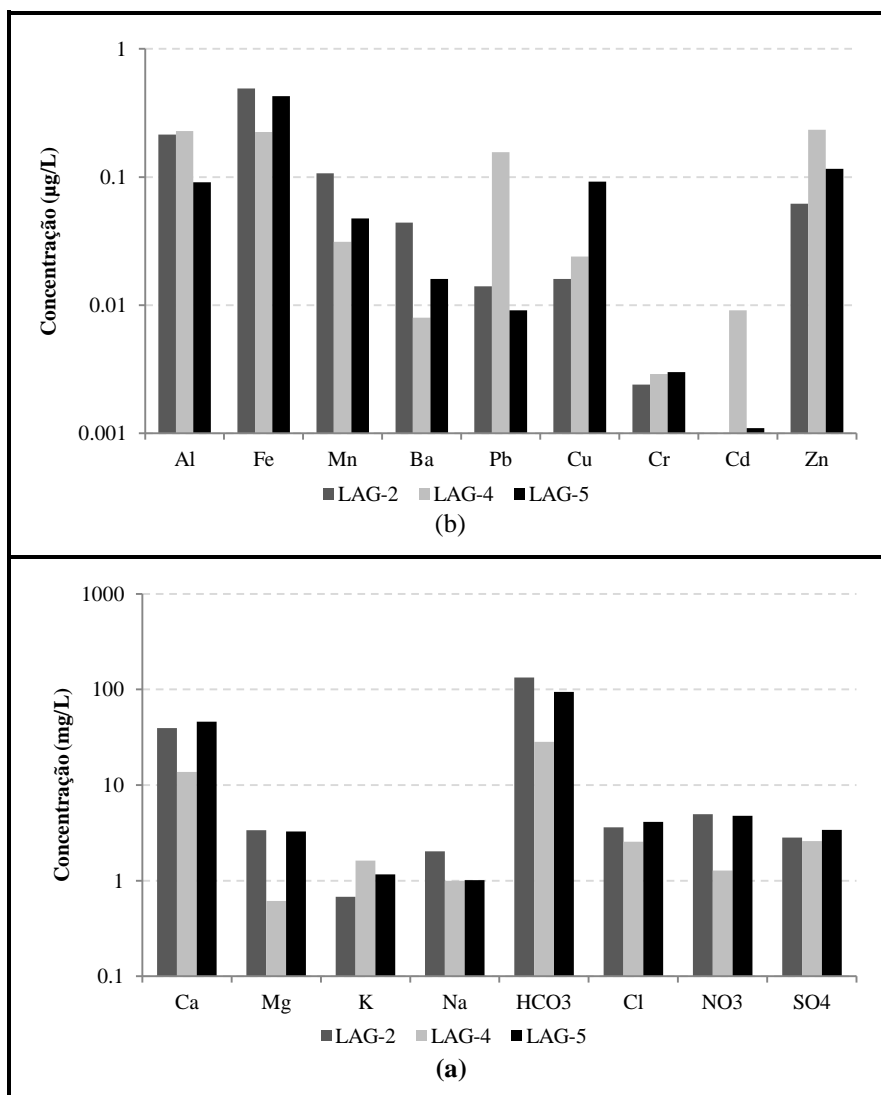


Figura 8.190 – Diagrama comparativo da composição das águas monitoradas nos sistemas interativos das lagoas Subida da Estação e Capivara-Olhos d'Água

Conforme os resultados reportados no diagrama da Figura 8.190 (b), as águas das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água se apresentaram mais ricas em ferro e manganês; as águas da lagoas Olhos d'Água se apresentaram mais ricas em cobre e zinco, que as águas da lagoa Subida da Estação; as águas da lagoa Capivara se apresentaram mais ricas em zinco.

O constituinte secundário Fe e os constituintes traços Mn, Cu e Zn são nutrientes secundários para os vegetais e se apresentaram com concentrações médias menores que 0,1 µg/L, com exceção do ferro.

Considerando apenas os constituintes que são nutrientes para os vegetais as águas da lagoa Olhos d'Água se apresentaram mais ricas, em geral, mais ricas que as águas da lagoa Subida

da Estação. Com exceção do zinco, as águas da lagoa Capivara se apresentaram mais pobres em relação aos constituintes que são nutrientes, conforme o diagrama na Figura 8.190 (b).

Em razão das presenças importante dos nutrientes Ca, Mg, K, NO<sub>3</sub>, Cl e SO<sub>4</sub> e dos nutrientes secundários Mn, Cu e Zn nas águas da lagoa Olhos d'Água, associadas à sua profundidade desta lagoa, vegetais flutuantes e macrófitas aquáticas se estabeleceram nesta lagoa, o que não se verificou nas lagoas da Subida da Estação e Capivara .

Cabe ressaltar que fósforo, também um nutriente essencial para os vegetais, foi quantificado apenas nos corpos d'água lóticos impactados por esgoto sanitário, não tendo sido quantificado, nas águas superficiais e subterrâneas em nenhum outro ponto de monitoramento.

Apesar, da presença dos mesmos nutrientes nas águas da lagoa Subida da Estação, em geral, com concentrações compatíveis com as concentrações médias verificadas nas águas da lagoa Olhos d'Água, esta se apresentou macroscopicamente, com densidade de vegetais pouco importante, do ponto de vista da qualidade ambiental de suas águas.

De acordo com a análise dos resultados reportados neste estudo existem indicações do aporte de metais nesses dois corpos d'água.

Conforme Machado (2011) as influências das atividades agrícolas, na área do CNPMS, sobre a qualidade da água, são potencialmente maiores nos sítios das lagoas Olhos d'Água e Subida da Estação.

Ainda de acordo com Machado (2011), os processos de interação água superficial e água subterrânea, que ocorrem nos sítios da lagoa Subida da Estação e no sistema das lagoas Capivara e Olhos d'Água, caracterizam importantes elementos da hidrogeologia local.

Desta forma, as práticas agrícolas no entorno dessas lagoas e nas áreas de recarga próximas refletem na qualidade de suas águas e da água subterrânea em transito, na zona de influência desses corpos d'água.

## 8.6 Amônio e Nitrato nas Águas Monitoradas

O contaminante mais comum identificado nas águas subterrâneas é o nitrogênio dissolvido como nitrato,  $\text{NO}_3^-$ . A presença deste contaminante tem se tornado cada vez mais generalizada, nas águas subterrâneas, em razão da utilização de fertilizantes empregados na agricultura, do descarte de esgotos sobre ou sob a superfície da solo e do esterco animal de criações intensivas. A presença do nitrato em concentrações indesejáveis coloca em risco grandes sistemas aquíferos em muitas regiões da Terra (Fetter, 1999; Freeze e Cherry, 1979).

Em geral, o nitrato não é imobilizado no meio hidrogeológico pelo fato de não formar substâncias insolúveis. As concentrações de  $\text{NO}_3^-$ , em águas subterrâneas não são limitadas em razão da solubilidade. Devido à elevada carga compartilhada e alta eletronegatividade o  $\text{NO}_3^-$  não forma ligações fortes com íons metálicos, como  $\text{Fe}^{3+}$  ou  $\text{Al}^{3+}$  e, não é adsorvido em matéria orgânica ou em minerais do solo, assim apresenta alta mobilidade nas águas naturais (McBride, 1994).

O íon  $\text{NO}_3^-$  é transportado na água subterrânea sem transformação e com pouco ou nenhum retardo, em razão do conteúdo de  $\text{O}_2$  dissolvido, em geral, considerável, nas águas subterrâneas rasas, presentes em sedimentos permeáveis ou rochas fraturadas. Nesses ambientes hidrogeológicos o íon  $\text{NO}_3^-$  pode migrar a grandes distâncias, desde as áreas de entrada do contaminante (Freeze e Cherry, 1979).

É fato, que a não ser em evaporitos, o íon nitrato não ocorre nos minerais formadores de rochas. Assim, a biotransformação do  $\text{N}_2$  atmosférico e a degradação da matéria orgânica vegetal e animal, são as principais fontes naturais de nitrogênio nos solos e nas águas não poluídas.

Desta forma, na ausência de alguma fonte de contaminação, é admitido que as concentrações de nitrato nas águas naturais sejam pequenas. Brady, (2008), admite teores de nitrato nas águas naturais de 1 a 3 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ , como N, nas águas subterrâneas em área de floresta primitivas maduras. De acordo com Weiner, (2008), concentração de nitrato, como N, maior que 2 mg/L, nas águas superficiais ou subterrâneas é indicativa de contaminação por fertilizantes nitrogenados ou esterco animal. Fetter (1999) indica que em campos agrícolas, com frequência ocorrem concentrações de nitrato, como N, maiores que 10 mg/L. Segundo Filho (2008), concentrações maiores que 5 mg/L, de nitrato, como N, podem ser indicativas de contaminação da água por fertilizantes ou por outras fontes antrópicas. Concentrações que

podem ser bem maiores em áreas de agricultura e de criações intensivas. Em águas poluídas a concentração de nitrato pode ultrapassar 1000 mg/L.

A presença dos íons amônio e nitrato, em concentrações maiores nas águas naturais, tem uma forte ligação com atividades antrópicas, em particular, com atividades agropecuárias, cuja principal fonte de contaminação dessas águas é a utilização de adubos sintéticos e naturais, como o esterco animal, na formação e desenvolvimentos de culturas e pastos.

De acordo com o exposto, supõem-se como concentração máxima de ocorrência natural das espécies nitrogenadas amônio e nitrato, nas águas monitoradas, os valores estabelecidos, para águas de classe 2, nas resoluções CONAMA N° 357/2005 e N° 396/2008 e na deliberação normativa conjunta COPAM/CERH-MG N° 01/2008.

Conforme Sperling, (2007) em águas impactadas por esgotos ocorre prevalência de determinadas espécies nitrogenadas em função do tempo, assim: prevalecem nitrogênio orgânico e amônia, originados de poluição recente; nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato, associados ao estágio intermediário de poluição; e, o nitrato como indicador de poluição remota.

Em princípio, nas águas superficiais não contaminadas com esgoto sanitário, monitoradas na área do estudo, devem ocorrer maiores concentrações de amônio e de nitrato, que nas águas subterrâneas, em razão do transporte de matéria orgânica e inorgânica do solo, pelo escoamento superficial, em períodos de chuvas. Ao que se soma a fração proveniente da degradação dos restos orgânicos originados da flora e da fauna aquática.

Nas águas impactadas com esgoto sanitário deve ocorrer um aumento nas concentrações das espécies comumente presentes, em particular, das espécies nitrogenadas, em razão do aporte de matéria orgânica nessas águas. Na área do estudo, podem ocorrer ainda despejos sanitários e de águas servidas residenciais, provenientes das populações que ocupam as proximidades dos corpos d'água superficiais.

## **Amônio e nitrato nas águas superficiais da área do estudo**

### **Corpos d'Água Lênticos**

#### **Lagoas do Papudo e da Baiana**

#### **Pontos de monitoramento LAG-1 e LAG-3**

Nos hidrogramas da Figura 8.191 está representada a variabilidade temporal das concentrações de nitrato e de nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana, monitoradas na área do estudo.

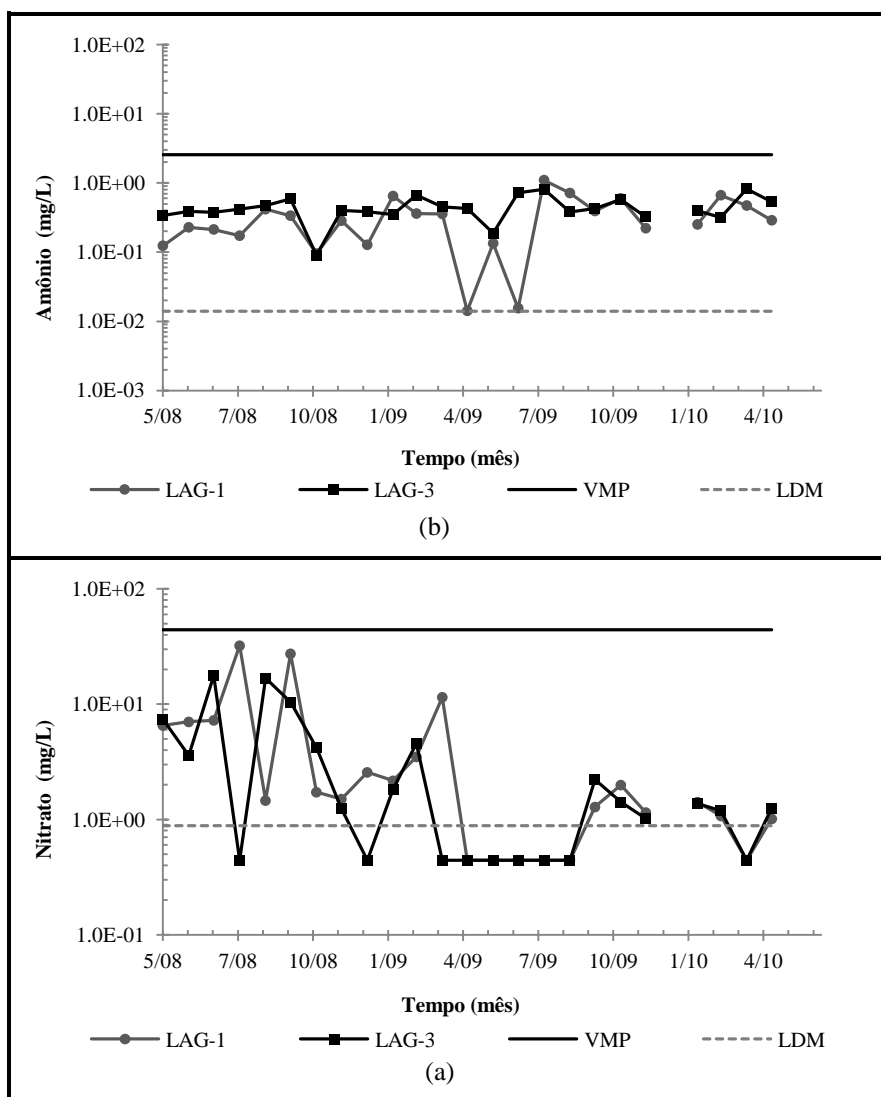


Figura 8.191 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana

O nitrato foi quantificado nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana com frequências de 75 e 63%, respectivamente. E o amônio com frequências de 100%, nas águas dessas duas lagoas.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.191, foram verificadas concentrações máximas de nitrato de 32,3 mg/L, na lagoa do Papudo e, de 17,1 mg/L, na lagoa da Baiana, em agosto de 2008. As concentrações máximas de nitrogênio amoniacal foram 1,10 mg/l na lagoa do Papudo, em agosto de 2009 e 0,820 mg/L, na lagoa da Baiana, em abril de 2010.

Do ponto de vista ambiental não foram verificadas concentrações maiores que os valores máximos permitidos, de 44 mg/L para o nitrato e de 2,6 mg/L para o amônio, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

De acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.191 (a), concentrações de nitrato entre 1,0 e 10 mg/L ocorreram com maior frequência. As concentrações de amônio, em geral, se apresentaram entre 0,1 e 1,0 mg/L conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.191 (b).

## **Lagoas da Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde**

### **Pontos de monitoramento LAG-2, LAG-3, LAG-4 e LAG-6**

Nos hidrogramas da Figura 8.192 está representada a variabilidade temporal das concentrações de nitrato e de nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , nas águas das lagoas Capivara, Olhos d'Água, Subida da Estação e Poço Verde, monitoradas na área do estudo.

O nitrato foi quantificado nas águas das lagoas Capivara, Olhos d'Água e Subida da Estação com frequência de 88% e, nas águas da lagoa Poço Verde com frequência de 100%.

O amônio foi quantificado com as seguintes frequências: 96% nas águas das lagoas Capivara e da Subida da Estação; 92% nas águas da lagoa Olhos d'Água; e, 100% nas águas da lagoa Poço Verde.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.192(a) e 8.192(b) foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato nas águas dessas lagoas: 12,0 mg/L, na lagoa Capivara, em julho de 2008; 17,9 mg/L, na lagoa Olhos d'Água, em outubro de 2008; 31,9 mg/L, na lagoa Subida da Estação, em agosto de 2008; e, 22,3 mg/L, na lagoa do Poço Verde, em agosto de 2008.

Conforme os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.192(c) e 8.192(d) foram verificadas as seguintes concentrações máximas de amônio nas águas dessas lagoas: As 0,72 mg/L na lagoa Capivara, em setembro de 2008; 0,97 mg/L, na lagoa Capivara, em maio de 2010; 1,17 mg/L na lagoa Subida da Estação, em agosto de 2008; e, 0,75 mg/L, na lagoa Poço Verde, em setembro de 2009.

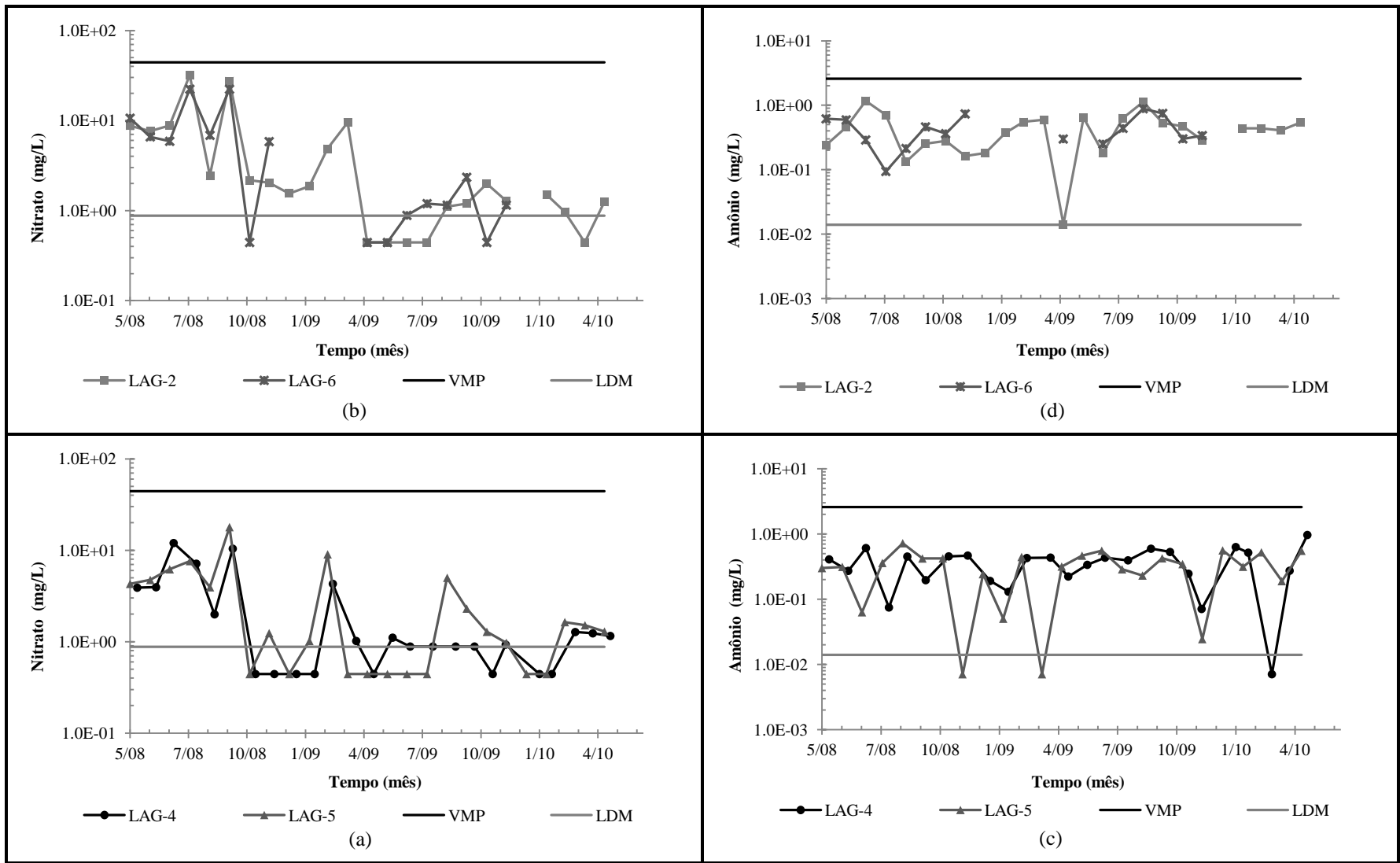


Figura 8.192 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio nas águas das lagoas Capivara, Olhos d'Água, Subida da Estação e Poço Verde



Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações maiores que os valores máximos permitidos, de 44 mg/L para o nitrato e de 2,6 mg/L para o amônio, em águas superficiais de classe 2, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, conforme os diagramas apresentados nas Figuras 8.192.

A tendência decrescente das concentrações de nitrato, observada nas águas das lagoas do Papudo e da Baiana, também se verificou nas concentrações de nitrato determinadas nas águas das lagoas Subida da Estação, Capivara, Olhos d'Água e Poço Verde, de acordo com os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.192 (a) e 8.192(b).

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de amônio e de nitrato maiores que os valores máximos permitidos de 2,6 e 44 mg/L, nas águas das lagoas em tela, estabelecidos pela resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, para águas superficiais de classe 2, conforme os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.192 (a) a 8.192(d).

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.72, para as concentrações dos parâmetros nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$  e do nitrato, como  $\text{NO}_3^-$  verificadas nos corpos d'água lânticos monitorados na área do estudo, as seguintes estatísticas: média; mínimo; e, máximo.

Tabela 8.72 – Concentrações de amônio e de nitrato nos corpos d'água lânticos monitorados na área do estudo

Lagoa	Ponto	Estatística	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)
do Papudo	LAG-1	média	0.290	5.27
		mínimo	0.014	1.01
		máximo	0.71	27.4
Subida da Estação	LAG-2	média	0.431	4.58
		mínimo	0.014	0.974
		máximo	1.15	27.4
da Baiana	LAG -3	média	0.439	6.08
		mínimo	0.088	1.19
		máximo	0.76	17.7
Capivara	LAG -4	média	0.438	1.27
		mínimo	0.189	0.89
		máximo	0.96	1.99
Olhos d'Água	LAG -5	média	0.355	4.64
		mínimo	0.007	0.44
		máximo	0.70	17.9
Poço Verde	LAG-6	média	0.439	6.48
		mínimo	0.204	0.885
		máximo	0.852	22.3

Nas águas monitoradas nas lagoas cadastradas, na área do estudo, as concentrações médias de amônio,  $\text{NH}_4^+$ , se apresentaram no intervalo (0,007 a 0,439) mg/L e, as concentrações máximas no intervalo de (0,70 a 1,15) mg/L; as concentrações médias de nitrato,  $\text{NO}_3^-$ , se apresentaram no intervalo (1,27 a 6,48) mg/L e, as concentrações máximas no intervalo de (1,99 a 27,4) mg/L, segundo os resultados reportados na Tabela 8.72. Esses valores indicam águas pouco impactadas com nitrogênio amoniacal e com nitrato.

A relação entre o amônio e o nitrato se apresenta estabelecida através da Equação (8.9) que representa o processo de oxidação do amônio em meio aeróbico.



Assim, deveria ocorrer uma proporcionalidade entre as substâncias amônio e nitrato, quando originadas de fontes comuns, nas águas naturais. Entretanto, foi verificado que os coeficientes de correlação linear entre as concentrações de nitrogênio amoniacal e de nitrato se apresentaram, em média, menores que 0,1. Fato que indica a origem do nitrato, em parte, distinta do processo de oxidação do amônio, presente nas águas das lagoas monitoradas, conforme estabelecido na a Equação 8.9.

Nas Figuras 8.193 (a) e 8.193 (b) estão apresentadas as distribuições do nitrato e do nitrogênio amoniacal, em ordem crescente dos teores percentuais, nas lagoas cadastradas na área do estudo, considerando as concentrações médias reportadas na Tabela 8.70.

De acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.193 (a) os maiores teores de nitrato, em média, ocorreram na lagoa cárstica Poço Verde (LAG-6) e na lagoa da lagoa da Baiana (LAG-3).

A lagoa cárstica Poço Verde (LAG-6), material transportado por escoamento superficial, em razão de estar situada em uma várzea e, pelo fluxo subterrâneo, visto ser esta várzea, uma área de descarga de águas subterrâneas, conforme o modelo de fluxo, proposto por Machado (2011) para a área do estudo.

A lagoa da Baiana recebe contribuições de materiais terrígenos e orgânicos, provenientes das áreas rurais à montante, transportados pelo fluxo do córrego Marinheiro, que a alimenta e, também, provenientes do seu entorno, enriquecendo suas águas em nitrato.

As águas das lagoas Subida da Estação e da Baiana se apresentaram mais ricas em amônio, em razão, do possível aporte de matéria orgânica em decomposição, provenientes das matas no seu entorno.

As águas da lagoa Capivara se apresentaram mais pobres em nitrato, e com teor de amônio maior apenas que a fração verificada nas lagoas do Papudo e Olhos d'Água. Em média, o amônio se apresentou com distribuição equilibrada, nas águas das lagoas monitoradas na área do estudo, conforme o diagrama na Figura 8.193 (b).

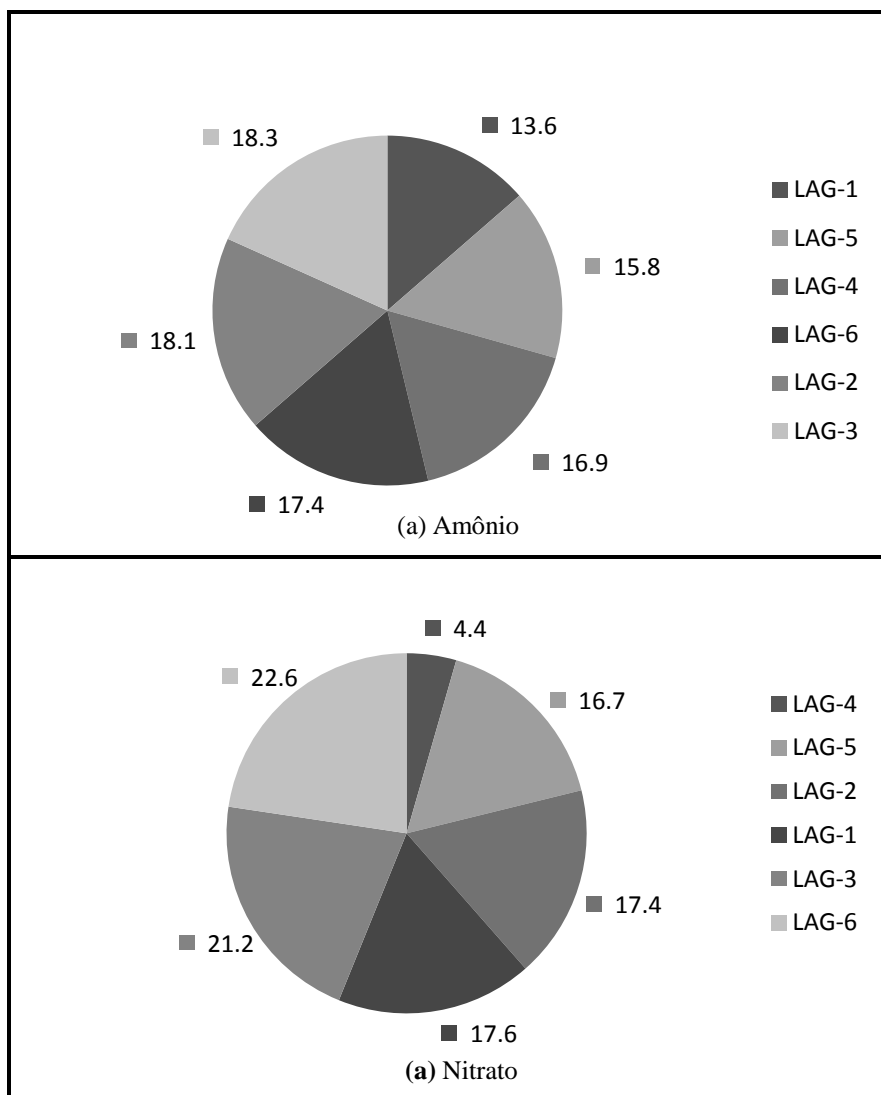


Figura 8.193 – Distribuição do nitrato e do amônio nos pontos de monitoramento dos corpos d'água lânticos

Como apontado por Machado (2011), as áreas de descarga de águas subterrâneas, ou seja, as lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água podem receber os impactos antrópicos provenientes das áreas de recarga, na área do estudo. No entanto, de acordo com os diagramas na Figura 8.193, os teores de nitrato nas águas dessas lagoas se apresentaram menores que nas lagoas

Poço Verde e da Baiana e com diferença de apenas 0,7%, ou seja, praticamente iguais, fato indicativo de águas subterrâneas pobres em nitrato.

Na lagoa Olhos d'Água pode estar ocorrendo a remoção de nitrato e de outros nutrientes da água, em razão da massa vegetal presente no corpo d'água.

## Corpos d'Água Lóticos

### Canal de irrigação

#### Pontos de monitoramento CAN-1 e CAN-2

A variabilidade temporal das concentrações de nitrato e de amônio nas águas do canal de irrigação, nos pontos de monitoramento CAN-1 e CAN-2, está representada nos hidrogramas da Figura 8.194.

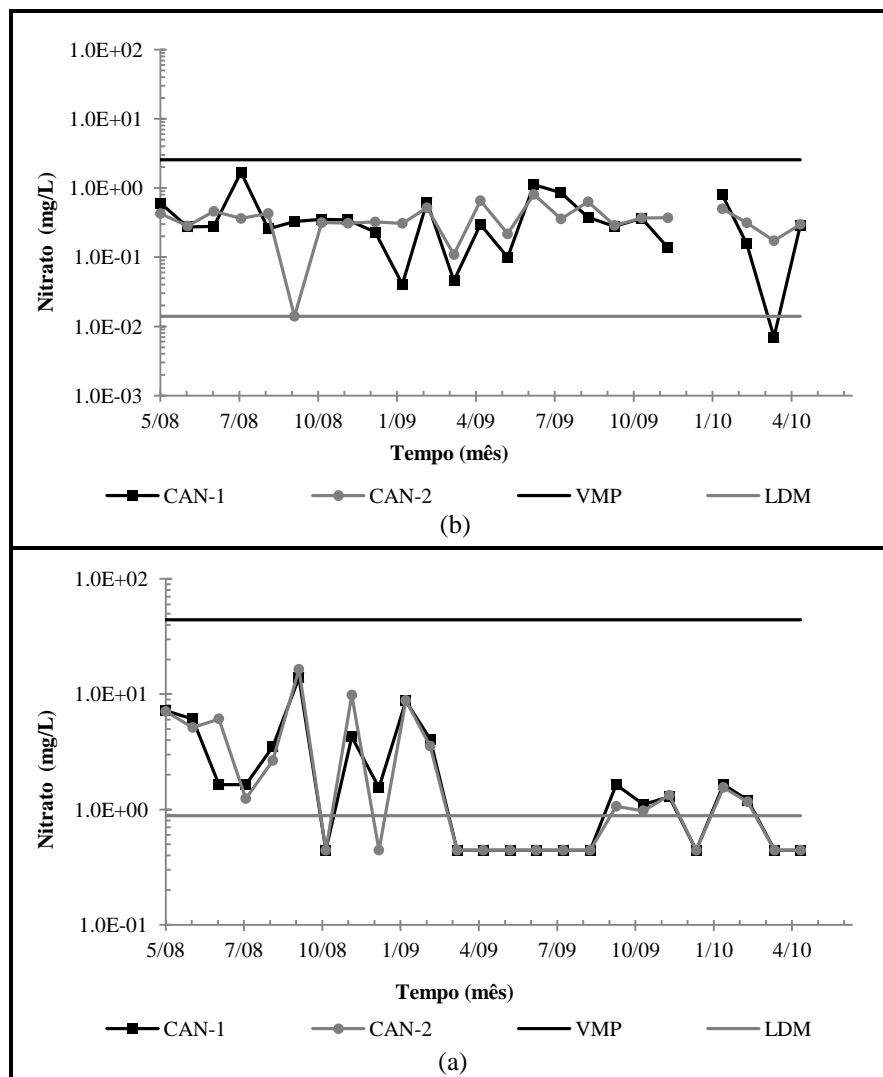


Figura 8.194 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio nas águas canal de irrigação

O nitrato foi quantificado nas águas do canal de irrigação com frequência de 88% e, o amônio com frequência de 100%.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.194, no canal de irrigação foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato: 13,9 mg/L, no ponto de monitoramento a montante (CAN-1), em outubro de 2008; e, de 16,4 mg/L, no ponto de monitoramento a jusante (CAN-2), também em outubro de 2008.

As concentrações máximas de amônio foram 1,73 mg/L no ponto de monitoramento a montante (CAN-1), em agosto de 2008, e de 0,85 mg/L, no ponto de monitoramento a jusante (CAN-2), em julho de 2009.

A concentração máxima de nitrato no ponto de monitoramento a jusante, no canal de irrigação, se apresentou cerca de 20% maior que a concentração máxima verificada no ponto de monitoramento a montante. A concentração média, no ponto de monitoramento a jusante, se apresentou cerca de 10% maior.

Grosso modo, no ponto de monitoramento a jusante (CAN-2), prevaleceram concentrações mais elevadas de nitrato, o que indica o aporte de águas do escoamento superficial, das áreas agrícolas drenadas pelo canal. As concentrações de amônio foram menores, nesse ponto, o que indica a possível adsorção de amônio no material particulado e na vegetação presente no canal, além da oxidação a nitrato.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações maiores que os valores máximos permitidos, de 44 mg/L para o nitrato e de 2,6 mg/L para o amônio, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

## **Corpos d'Água Córregos não Impactados com Esgoto Urbano**

### **Córregos Forquilha, Marinheiro e Jequitibá**

#### **Pontos de monitoramento FOR-1, MAR-1, JEQ-1 e JEQ-2**

A variabilidade temporal das concentrações de nitrato e de amônio, nas águas dos córregos Forquilha, Marinheiro e Jequitibá, está representada nos hidrogramas da Figura 8.195 e 8.196.

O nitrato nas águas dos córregos monitorados na área do estudo foi quantificado com as seguintes frequências: 44 % no córrego Forquilha; 79% no córrego Marinheiro; 88% no córrego Jequitibá, no ponto JEQ-1; e, 72% e de no ponto de monitoramento JEQ-2.

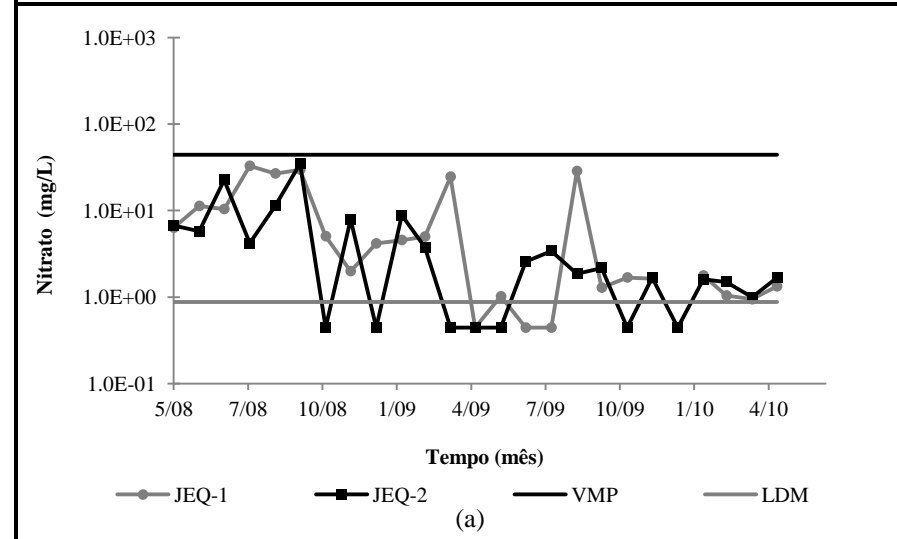
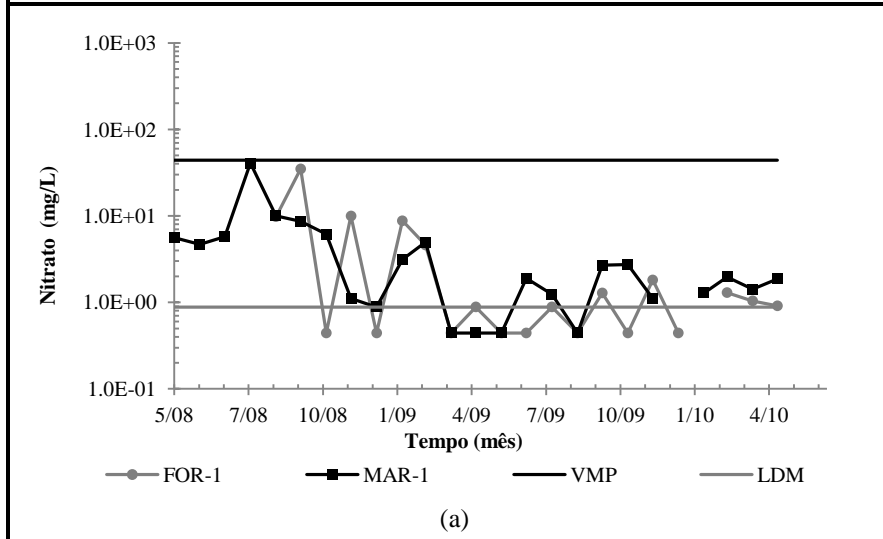
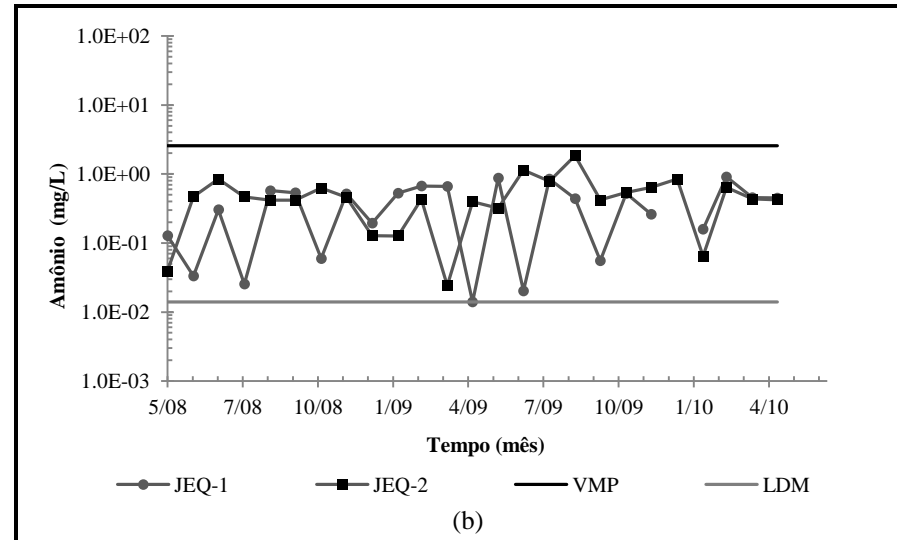
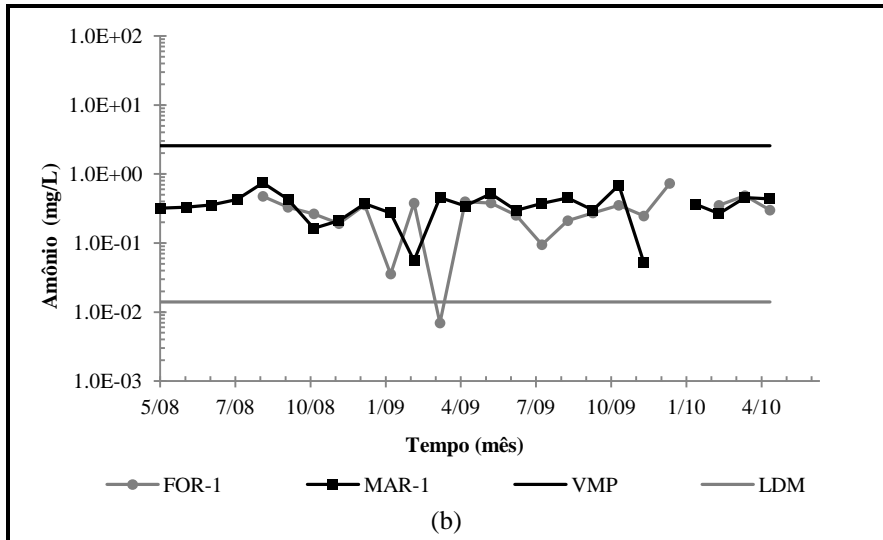


Figura 8.195 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio nos córregos Marinheiro e Forquilha

Figura 8.196 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio no córrego Jequitibá

O amônio foi quantificado com frequência de 90% nas águas dos córregos Forquilha e com frequência de 100% nas águas dos córregos Marinheiro e Jequitibá.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.195 e 8.196, foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato: 34,9 mg/L, no córrego Forquilha (FOR-1), em outubro de 2008; 40,6 mg/L, no córrego Marinheiro (MAR-1), em agosto de 2008; e, no córrego Jequitibá 32,9 mg/L, no ponto de monitoramento JEQ-1, em agosto de 2008 e, 34,7 mg/L, no ponto JEQ-2 e monitoramento, em outubro de 2008.

Segundo os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.195 e 8.196, foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrogênio amônio: 0,73 mg/L, no córrego Forquilha (FOR-1), em janeiro de 2010; 0,74 mg/L, no córrego Marinheiro (MAR-1), em setembro de 2008; e, no córrego Jequitibá 0,91 mg/L, no ponto de monitoramento JEQ-1, em março de 2010 e, 1,84 mg/L, no ponto JEQ-2 e monitoramento, em setembro de 2009.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de nitrato maiores que o valor máximo permitido, de 44 mg/, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005, apenas no córrego Jequitibá, em setembro de 2008, conforme os hidrograma apresentados nas Figuras 8.195 (a) e 8.196 (a).

Não foram verificadas concentrações de amônio maiores que o valor máximo permitido, de 2,6 mg/L, conforme pode ser observado nos hidrogramas apresentados nas Figuras 8.195 (b) e 8.196 (b).

Grosso modo, as variabilidades temporais das concentrações de nitrato e de amônio nos córregos Forquilha e Marinheiro se apresentaram com padrões semelhantes. No córrego Jequitibá, nos pontos de monitoramento JEQ-1 e JEQ-2, as variabilidades temporais das concentrações de nitrato e de amônio se apresentaram com padrões diferenciados, ou seja, muito variados, o que é indicativo de impactos antrópicos à montante dos respectivos pontos de monitoramento.

O córrego Forquilha, eventualmente, recebe águas de tanques de criação de peixes localizados em sua bacia, na cidade de Prudente de Moraes o que pode acarretar o aporte de maiores concentrações de amônio, originado dos dejetos das criações, no período de renovação dos tanques. Já o ponto JEQ-1, no córrego Jequitibá, está localizado em uma alça artificial, construída para instalação do sistema de captação de um pivô central, a saber, um local de circulação muito lenta da água, porém muito vegetado.

As maiores concentrações de nitrato nos corpos d'água lóticos, não impactados por esgoto, foram verificadas no período de estiagem no ano hidrológico 2008-2009, de acordo com os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.195 e 8.196.

Na Tabela 8.73 estão sumarizadas as concentrações médias, mínimas e máximas nas águas dos corpos d'água lóticos, não impactados com esgoto, cadastrados na área do estudo, de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7.

Tabela 8.73 – Concentrações de amônio e de nitrato nos corpos d'água lóticos na área do estudo não impactados com esgoto urbano

Corpo d'Água	Ponto	Estatística	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
Canal de irrigação	CAN-1	média	0.425	4.19
		mínimo	0.041	1.11
		máximo	1.70	13.9
	CAN-1	média	0.362	5.00
		mínimo	0.014	0.974
		máximo	0.811	16.4
córrego Marinheiro	MAR-1	média	0.364	3.00
		mínimo	0.056	0.885
		máximo	0.688	6.15
córrego Forquilha	FOR-1	média	0.313	3.64
		mínimo	0.036	0.885
		máximo	0.731	9.96
córrego Jequitibá	JEQ-1	média	0.337	7.59
		mínimo	0.014	0.943
		máximo	0.908	32.8
	JEQ-2	média	0.613	4.36
		mínimo	0.065	0.996
		máximo	1.840	22.6

No canal de irrigação as concentrações máximas de amônio, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, e de nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, foram 1,70 e 16,4 mg/L, respectivamente.

Nos corpos d'água lóticos não impactados com esgoto as concentrações médias de amônio, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, se apresentaram no intervalo (0,313 a 0,613) mg/L e, as concentrações máximas no intervalo de (0,688 a 1,84) mg/L; as concentrações médias de nitrato, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, se apresentaram no intervalo (3,0 a 7,59) mg/L e, as concentrações máximas no intervalo de (6,15 a 32,8) mg/L de acordo com os resultados reportados na Tabela 8.73.

Do ponto de vista ambiental, as concentrações reportadas denotam águas pouco impactadas, tanto com o amônio, como com o nitrato. De acordo com esses resultados, a presença de matéria orgânica nitrogenada, nos corpos d'água, a montante dos pontos de monitoramento se



apresentou pouco importante. As concentrações de nitrato se apresentaram maiores, no entanto, denotando que as águas monitoradas se apresentaram pouco impactadas por atividades agrícolas e pecuárias, a montante dos pontos de monitoramento.

Em parte, o nitrato verificado nas águas dos córregos descritos na Tabela 8.73, pode ter sido originado da oxidação do amônio, provenientes de fertilizantes ou da estabilização da matéria orgânica nitrogenada, e não diretamente da aplicação de fertilizantes nas áreas agrícolas nas regiões drenadas por esses córregos.

No entanto, foi verificado que os coeficientes de correlação linear entre as concentrações de amônio e de nitrato se apresentaram, em média, menores que 0,1. O que indica a origem do nitrato, em parte, distinta do processo de oxidação do amônio nas águas monitoradas, nos corpos d'água lóticos, não impactados por esgoto.

### **Corpos d'água lóticos impactados com esgoto urbano**

A variabilidade temporal das concentrações de nitrato e do amônio nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá está representada nos hidrogramas da Figura 8.197.

O nitrato foi quantificado nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, com frequência de 72%, em média. O amônio foi quantificado com frequência de 100% nas águas desses dois corpos d'água.

As concentrações de nitrato, nos corpos d'água lóticos impactados com esgoto, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.197 (a), se apresentaram nos seguintes intervalos: (0,44 a 358) mg/L, no córrego Matadouro (MAT-1), com a concentração máxima tendo sido verificada em setembro de 2008; (0,44 a 1363) mg/L, no rio Jequitibá (JEQ-3), com a concentração máxima tendo sido verificada em outubro de 2008.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.197 (b), as concentrações de amônio, nos corpos d'água lóticos impactados com esgoto, se apresentaram nos seguintes intervalos: (2,76 a 31,0) mg/L, no córrego Matadouro (MAT-1), com a concentração máxima tendo sido verificada em setembro de 2008; (2,2 a 31) mg/L, no rio Jequitibá (JEQ-3), com a concentração máxima tendo sido verificada em outubro de 2008.

As concentrações de amônio nos dois pontos de monitoramento se apresentaram iguais, praticamente, conforme os intervalos reportados e de acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.197 (b).

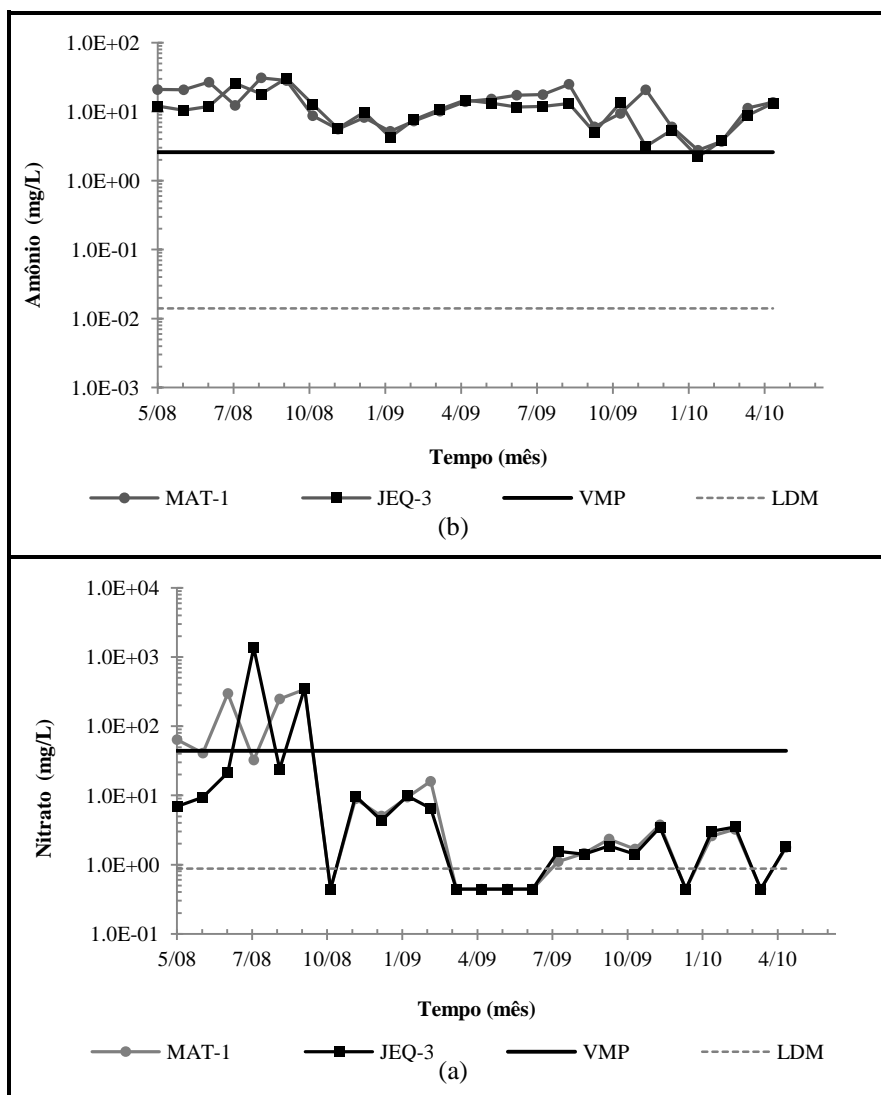


Figura 8.197 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio no córrego Matadouro e no rio Jequitibá

Do ponto de vista ambiental, ocorreram concentrações de nitrato maiores que os valores máximos permitidos, de 44 mg/L, de acordo com a resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357, com frequência de 24% no córrego Matadouro e de 12% no rio Jequitibá, no ano hidrológico 2008-2009, não tendo sido verificadas concentrações de nitrato maiores que o VMP no ano hidrológico 2009-2010, conforme os diagramas apresentados na Figura 8.197 (a).

Durante o período de monitoramento as concentrações de amônio se apresentaram, constantemente, maiores que o valor máximo permitido de 2,6 mg/L, conforme a resolução CONAMA N<sup>o</sup> 357, de março de 2005, e apresentando o mesmo padrão de variabilidade, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas na Figura 8.197 (b).

A presença de concentrações maiores de amônio, associada à frequência de 100% de quantificação, corroboram a descarga constante de esgoto bruto recente, nas águas do córrego

Matadouro e do rio Jequitibá, a montante dos pontos de monitoramento, de acordo com Sperling (2007).

O padrão apresentado pelas variabilidades temporais das concentrações de nitrato nos corpos d'água não impactados com esgoto, também se apresentou nas concentrações de nitrato verificadas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, ou seja, a variabilidade temporal se apresentou com tendência decrescente.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.74, para as concentrações dos parâmetros nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , e do nitrato, como  $\text{NO}_3^-$  verificadas nos corpos d'água lóticos monitorados na área do estudo, as seguintes estatísticas: média; mínimo; e, máximo.

Tabela 8.74 – Concentrações de amônio e de nitrato nos corpos d'água lóticos, na área do estudo, impactados com esgoto urbano

Corpo d'Água	Ponto	Estatística	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)
córrego Matadouro	MAT-1	média	9.94	7.59
		mínimo	2.21	1.42
		máximo	18.0	24.1
rio Jequitibá	JEQ-3	média	11.0	5.06
		mínimo	2.76	1.11
		máximo	25.0	16.0

No rio Jequitibá, no ponto de monitoramento JEQ-3, as concentrações de nitrato se apresentaram menores, fato indicativo do possível efeito de diluição em virtude do aporte de águas de outros tributários e da ação dos processos de atenuação natural, entre os dois pontos de monitoramento.

De modo geral, as concentrações de amônio no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, se apresentaram, cerca de uma ordem de grandeza, maiores que nas águas dos córregos não impactados com esgoto urbano.

O ponto de monitoramento JEQ-3, no rio Jequitibá, foi localizado a cerca de 13 km de distância, a jusante do ponto de monitoramento MAT-1, no córrego Matadouro, pelo talvegue desses corpos d'água, conforme restituído através do Google Earth (2010).

A concentração média de amônio no rio Jequitibá se apresentou cerca de 10% menor que no córrego Matadouro, e a concentração média de nitrato se apresentou cerca de 30% maior. Aparentemente, o efeito da atenuação natural associado ao efeito de diluição, em função do

aporte de águas de afluentes, não foi efetivo na redução das concentrações de nitrato, ou ocorrem aportes de nitrato no rio Jequitibá, no trecho situado entre os dois pontos monitorados.

Diferentemente dos íons nitrato, os íons amônio positivamente carregados, são adsorvidos por colóides de carga negativa e por matéria orgânica (McBride,1994; Brady, 2008), portanto podem estar presentes no material particulado em suspensão nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá. Como a metodologia de análise das espécies nitrogenadas estipula a adição de ácido sulfúrico concentrado (Copasa,1997), para preservação das amostras, se admite que as concentrações reportadas se apresentaram maiores que as naturais.

Do ponto de vista ambiental, a análise detalhada dos parâmetros de qualidade monitorados no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, poderia indicar a ação dos processos de atenuação natural, sobre a matéria em suspensão e dissolvida, aportada pelo lançamento de esgoto bruto à montante do ponto de monitoramento no córrego Matadouro, no entanto isto foge ao escopo do presente trabalho.

Na Figura 8.198 estão apresentadas as distribuições dos teores de nitrato e de nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , em relação à quantidade de matéria total, de cada um desses constituintes, verificada nos pontos monitorados nos corpos d'água lóticos impactados com esgoto sanitário.

De acordo com os resultados reportados no diagrama apresentado na Figura 8.197 (a), teores médios de nitrato, as águas dos córregos Marinheiro e Forquilha se apresentaram menos impactadas por nitrato, e as águas dos córregos Forquilha e Jequitibá (no ponto JEQ-1) se apresentaram menos impactadas com amônio, segundo os resultados reportados no diagrama na Figura 8.197(b). os teores médios de amônio e indicando águas sob um menor impacto de atividades antrópicas, em particular, de atividades agropecuárias.

As concentrações de nitrato nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, em média, se apresentaram 7% e 60% maiores que as concentrações nas águas dos corpos d'água lóticos não impactados por esgoto. O fato da concentração média de nitrato se apresentar maior nas águas monitoradas no rio Jequitibá, no ponto de monitoramento JEQ-3, corrobora o aporte nitrato a montante deste ponto de monitoramento.

De acordo com os diagramas mostrados na Figura 8.198 o amônio, praticamente, se apresentou em quantidade mais importante nas águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá, em razão da presença de esgoto bruto nessas águas.

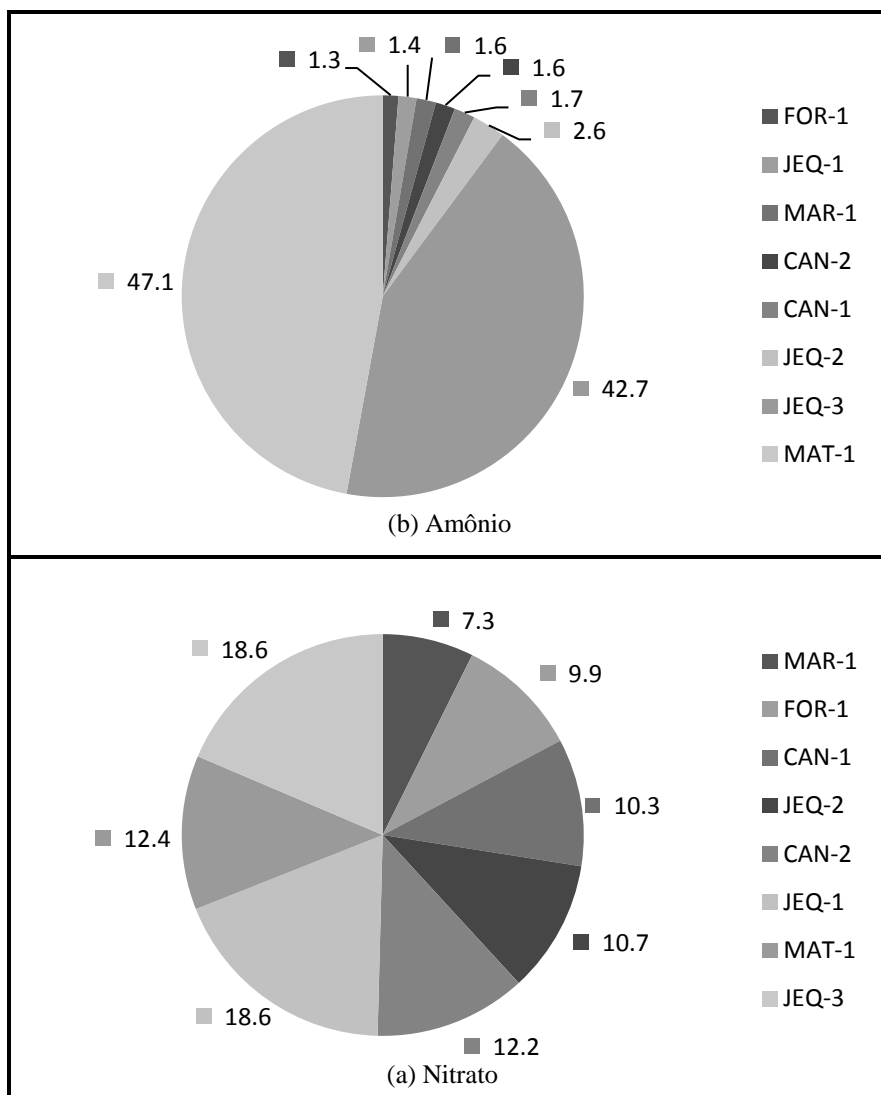


Figura 8.198 – Distribuição do nitrato e do amônio nos pontos monitorados nos corpos d'água lóticos

De acordo com os resultados apresentados, durante o período monitorado, as águas dos corpos d'água lóticos não poluídos com esgoto, considerando as concentrações médias reportadas, e de acordo com Filho (2008), não se apresentaram poluídas por fontes antrópicas de amônio e nitrato, a saber, fertilizantes sintéticos utilizados em lavouras e pastagens artificiais implantadas na área do estudo e no seu entorno.

Do ponto de vista ambiental nessas águas, não foram verificadas concentrações de amônio maiores que 2,6 mg/L e de nitrato maiores que 44 mg/L, de acordo com a resolução CONAMA N° 357, de março de 2005.

De acordo com os resultados reportados, as águas do córrego Matadouro e do rio Jequitibá se apresentaram com sua qualidade comprometida, em função da carga de esgoto bruto recente em suas águas, corroborada pelas concentrações de amônio nas suas águas.

### **Concentrações de Amônio e Nitrato nas Águas Subterrâneas**

#### **Cisternas do Barão, da Epamig, do Estábulo e do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro**

##### **Pontos de monitoramento CIS-3, CIS-5, CIS-6 e CIS-1, CIS-2, CIS-4 e CIS-7**

Estão apresentados, na Figura 8.199 e 8.200 os hidrogramas das concentrações de nitrato, como  $\text{NO}_3^-$ , e do nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , nas águas das cisternas cadastradas na área do estudo.

O amônio foi quantificado com frequência de 92% nas cisternas do Restaurante, da Epamig e do Estábulo; com frequência de 96% nas cisternas da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro; e, com frequência de 100% na cisterna do Barão.

O nitrato foi quantificado nas cisternas Barão, da Epamig e do Estábulo com frequências de 72, 60 e 88%, respectivamente. E nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro com frequências de 75, 83, 52 e 90 %, respectivamente.

Nas águas monitoradas nas cisternas cadastradas, na área do estudo, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.199 (a) e 8.199 (b) foram verificadas as seguintes concentrações máximas de amônio: 7,12 mg/L, na cisterna do Barão (CIS-3), em maio de 2008; 48,2 mg/L, na cisterna da Epamig (CIS-5), em setembro de 2008; 0,90 mg/L, na cisterna do Estábulo (CIS-6), em agosto de 2009; 0,87 mg/L, na cisterna do Restaurante (CIS-1), em janeiro de 2009; 1,14 mg/L, na cisterna da Estufa (CIS-2), em junho de 2008; 1,0 mg/L, na cisterna da Associação (CIS-4), em fevereiro de 2010; e, 3,97 mg/L, na cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7), em dezembro de 2008.

De modo geral, as concentrações de amônio nas águas monitoradas nas cisternas apresentaram variabilidade alta. Nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, as concentrações de amônio se apresentaram, em média, no intervalo de 0,05 e 0,9 mg/L, conforme os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.199 (a) não considerando os valores máximos que ocorreram eventualmente.

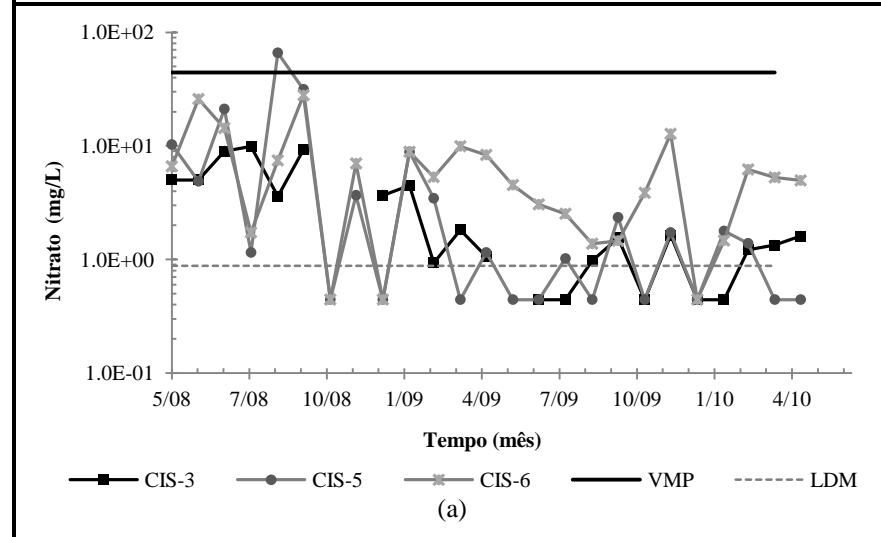
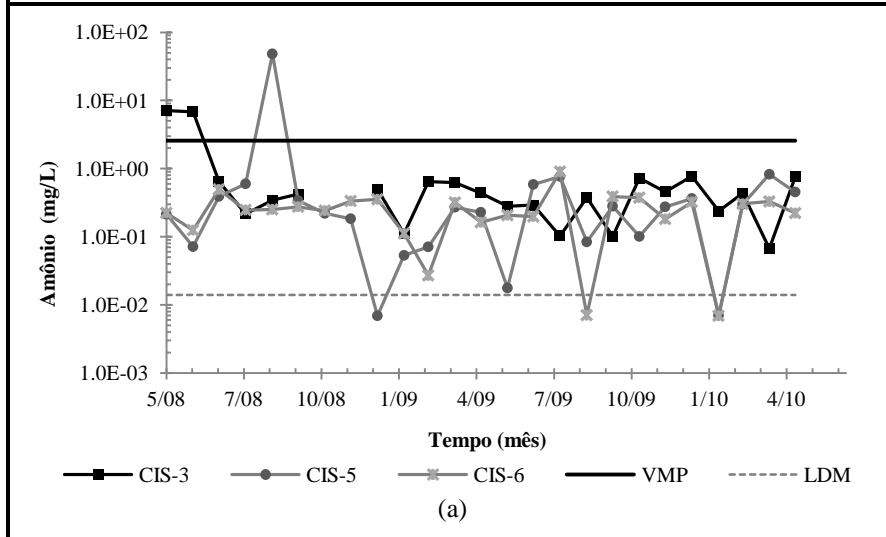
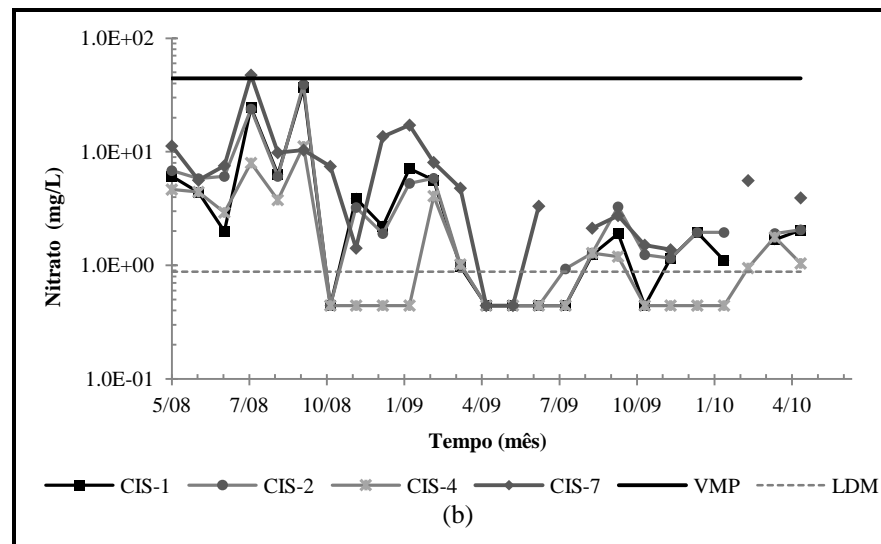
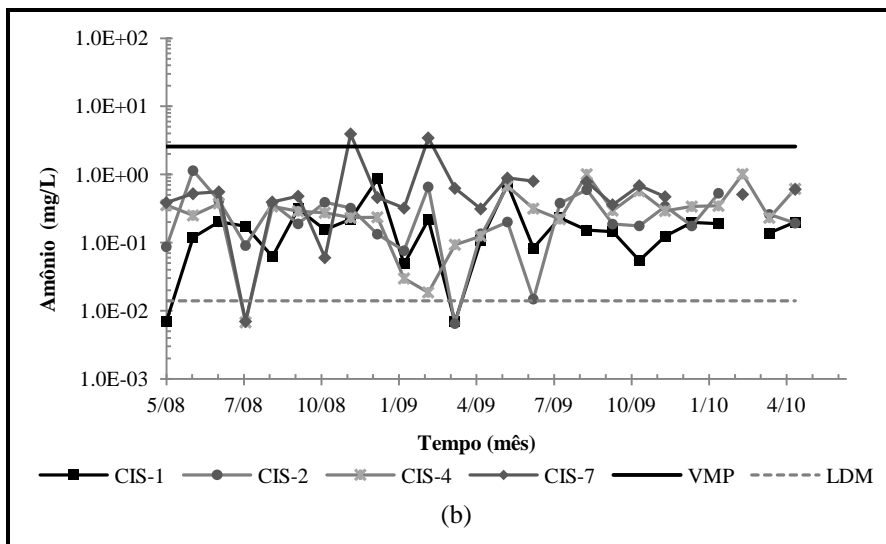


Figura 8.199 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio e amônio nas águas das cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo

Figura 8.200 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio e amônio nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro

Nas águas captadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro as concentrações de amônio se apresentaram, em média, no intervalo de 0,02 e 1,02 mg/L, segundo os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.199 (b), não considerando os valores máximos eventuais.

Apesar das concentrações de amônio terem se apresentado pequenas, em geral, os intervalos das concentrações verificadas representam uma variabilidade elevada, a saber, mais de 1000% entre a menor e a maior concentração de amônio nos intervalos descritos.

O padrão da variabilidade temporal das concentrações de amônio, nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro, apresentou tendência ascendente, indicando o aumento das concentrações de amônio, durante o período monitorado. Esta tendência foi atribuída ao possível excesso de gado de corte, na área de influência da cisterna, acarretando o aporte de matéria orgânica nitrogenada, para a sua zona de captação, associada com a redução do volume de água, em função do assoreamento desta cisterna, verificado pela perda de profundidade da lâmina d'água, nas visitas realizadas.

Nas águas das cisternas monitoradas, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.200 (a) e 8.200 (b) foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato: 9,92 mg/L, na cisterna do Barão (CIS-3), em novembro de 2008; 66 mg/L, na cisterna da Epamig (CIS-5), em setembro de 2008; 27,9 mg/L, na cisterna do Estábulo (CIS-6), em outubro de 2008; 36,5 mg/L, na cisterna do Restaurante (CIS-1), em outubro de 2008; 39,2 mg/L, na cisterna da Estufa (CIS-2), em outubro de 2008; 11,2 mg/L, na cisterna da Associação (CIS-4), em outubro de 2008; e, 47,4 mg/L, na cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7), em agosto de 2008.

Em média, nas águas captadas nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo, as concentrações de nitrato se apresentaram, em média, no intervalo de 1,0 a 12,8 mg/L, conforme os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.200 (a) não considerando os valores máximos que ocorreram eventualmente. Nas águas captadas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro as concentrações de amônio se apresentaram, em média, no intervalo de 1,2 e 11,2 mg/L, segundo os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.200 (b), não considerando os valores máximos eventuais.

As concentrações de nitrato, em média, se apresentaram uma ordem de grandeza maior que as concentrações de amônio. Semelhantemente, os intervalos das concentrações nitrato representaram uma variabilidade, também, elevada, a saber, cerca de 1000% entre a menor e a maior concentração de nitrato, nos intervalos descritos.



Em parte, as variabilidades das concentrações verificadas nos hidrogramas nas Figuras 8.199 e 8.200 indicam possíveis aportes de amônio e de nitrato, nas zonas de captação das cisternas.

Como verificado nas águas superficiais, o padrão da variabilidade temporal das concentrações de nitrato, nas águas das cisternas, se apresentou com a mesma tendência decrescente, conforme os hidrogramas nas Figuras 8.200 (a) e 8.200 (b).

Do ponto de vista ambiental, concentrações maiores que os valores máximos permitidos de 2,6 mg/L, para o  $\text{NH}_4^+$  e de 44 mg/L para o  $\text{NO}_3^-$ , de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, foram pouco frequentes, ocorrendo apenas no início do monitoramento.

De acordo com os diagramas apresentados nas Figuras 8.199 (a) e 8.199 (b), concentrações de amônio maiores que o valor máximo permitido, durante o período monitorado, foram verificadas nos seguintes meses: em maio e junho de 2008, nas águas da cisterna do Barão; em setembro de 2008, nas águas da cisterna da Epamig; e, em dezembro de 2008, na águas da cisterna da fazenda Marinheiro.

Segundo os diagramas apresentados nas Figuras 8.200 (a) e 8.200 (b), concentrações de nitrato maiores que o valor máximo permitido, durante o período monitorado, foram verificadas nos seguintes meses: em setembro de 2008, nas águas da cisterna da Epamig; e, em agosto de 2008, nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro.

As variabilidades temporais das concentrações de nitrato se apresentaram maiores que as variabilidades das concentrações de amônio. Fato relacionado, em parte, com aportes de nitrato, em razão da lixiviação de fertilizantes nitrogenados e da mobilidade do nitrato no solo e, também da oxidação do amônio. O nitrato proveniente desses processos, rapidamente, alcança a zona de captação das cisternas acarretando a variação de suas concentrações nas suas águas.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.75, para as concentrações dos parâmetros nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , e do nitrato, como,  $\text{NO}_3^-$ , verificadas nas cisternas monitorados na área do estudo, as seguintes estatísticas: média; mínimo; e, máximo.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.75, nas cisternas que captam águas sob a influência do meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e saprolitos da Formação Serra

de Santa Helena, a saber, cisterna do barão, da Epamig e do Estábulo, as concentrações de amônio se apresentaram no intervalo de (0,018 a 48,7) mg/L de  $\text{NH}_4^+$  e, as concentrações de nitrato no intervalo de (0,93 a 66,0) mg/L de  $\text{NO}_3^-$ .

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.75, nas cisternas que captam águas na zona de descarga do sistema hidrogeológico, a saber, as cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação e da fazenda Marinheiro, as concentrações de amônio se apresentaram no intervalo de (0,015 a 3,44) mg/L de  $\text{NH}_4^+$  e, as concentrações de nitrato no intervalo de (1,02 a 47,0) mg/L de  $\text{NO}_3^-$ .

Tabela 8.75 – Concentrações de amônio e de nitrato nas cisternas monitoradas na área do estudo

Cisterna	Ponto	Estatística	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)
do Restaurante	CIS-1	média	0.229	5.10
		mínimo	0.050	1.11
		máximo	0.873	24.6
da Estufa	CIS -2	média	0.289	4.49
		mínimo	0.015	1.02
		máximo	0.689	23.8
do Barão	CIS -3	média	0.496	3.59
		mínimo	0.111	0.93
		máximo	0.778	9.30
da Associação	CIS -4	média	0.320	5.95
		mínimo	0.031	2.92
		máximo	0.698	11.2
da Epamig	CIS -5	média	3.77	11.4
		mínimo	0.018	1.02
		máximo	48.5	66.0
do Estábulo	CIS -6	média	0.303	6.36
		mínimo	0.027	1.47
		máximo	0.907	25.8
da fazenda Marinheiro	CIS -7	média	0.777	10.4
		mínimo	0.061	1.51
		máximo	3.46	47.4

As concentrações médias elevadas de amônio nas cisternas da fazenda Marinheiro e da Epamig e, de nitrato nas cisternas da Epamig, do Estábulo e da fazenda Marinheiro, resultam das influências de atividades antrópicas, no seu entorno, a saber: a cisterna da Epamig foi implantada em um quintal de uma residência rural, da qual recebe águas servidas; a cisterna do Estábulo foi implantada em área sob a influencia das atividades associadas à pecuária leiteira intensiva; e a cisterna da fazenda Marinheiro em área sob a influência da pecuária de corte semi-intensiva.

Em geral, as águas das cisternas da Epamig e da fazenda Marinheiro, durante todo o período do monitoramento, se apresentaram com turbidez aparente elevada e com aspecto macroscópico desagradável.

Na Figura 8.201 (a) está apresentada uma fotografia do sítio da cisterna da Epamig e Figura 8.201 (b) está apresentado, no balde, uma amostra da água desta cisterna.

Conforme pode ser observado, na foto da Figura 8.201 (b), a amostra de água no balde se apresenta com turbidez e cor aparentes, elevadas.



Figura 8.201 – Aspecto da água nas cisternas da Epamig e da fazenda Marinheiro

Coordenadas UTM: 587736m E / 7847972m N  
Fotos do autor, (2009).

Estão apresentados na Figura 8.202, em ordem crescente dos teores percentuais, os diagramas de distribuição do nitrato, como  $\text{NO}_3^-$ , e de nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , em massa, considerando massa total, de cada um desses constituintes, nas águas monitoradas nas cisternas, cadastrados na área do estudo.

De acordo como diagrama mostrado na Figura 8.202 (a) as concentrações de nitrato se apresentaram maiores nas águas das cisternas instaladas no meio hidrogeológico no domínio dos Latossolos e dos saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, a saber, as cisternas do Estábulo, da fazenda Marinheiro e da Epamig, em razão da alta mobilidade do nitrato no meio poroso, alcançando rapidamente as águas subterrâneas mais rasas.

As maiores concentrações de amônio ocorreram nas águas monitoradas cisternas da fazenda Marinheiro e da Epamig, em razão da situação ambiental em que essas cisternas se encontravam, durante o monitoramento, possivelmente com excesso de animais nas áreas de pastagens e aplicação inadequada de fertilizantes. A alta porosidade dos Latossolos e a

presença de matéria orgânica acarretaram, o aumento das concentrações de amônio, nas águas captadas nessas cisternas, conforme apresentado na Figura 8.202 (b).

Como já exposto, a cisterna da Epamig foi implantada no quintal de uma residência rural, recebendo águas residuárias de instalações sanitárias domésticas e ainda águas drenadas de tanques de piscicultura de criatórios situados a montante.

Também, se admite que a ausência de uma proteção sanitária em torno da boca da cisterna facilita o aporte de águas impactadas para o seu interior.

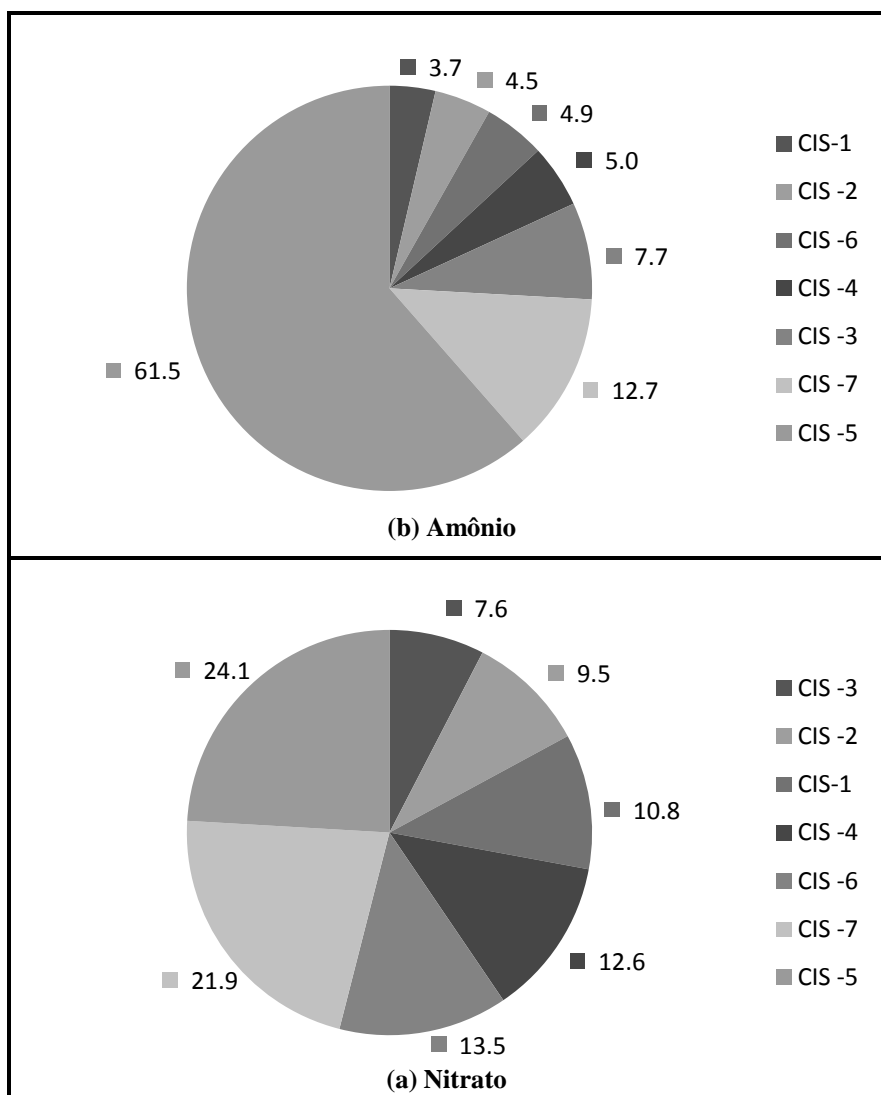


Figura 8.202 – Distribuição de nitrato e de amônio nas águas das cisternas do Restaurante, da Estufa, do Barão, da Associação, da Epamig, do Estábulo e da fazenda Marinheiro

## Surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA

Estão apresentados, na Figura 8.203 os hidrogramas das concentrações de nitrato, como  $\text{NO}_3^-$ , e do nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , nas águas monitoradas surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA, cadastradas na área do estudo.

O nitrato foi quantificado nas águas das surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA, com frequências de 78, 59 e 54%, respectivamente, e o amônio com frequência de 100%, nas águas dessas surgências.

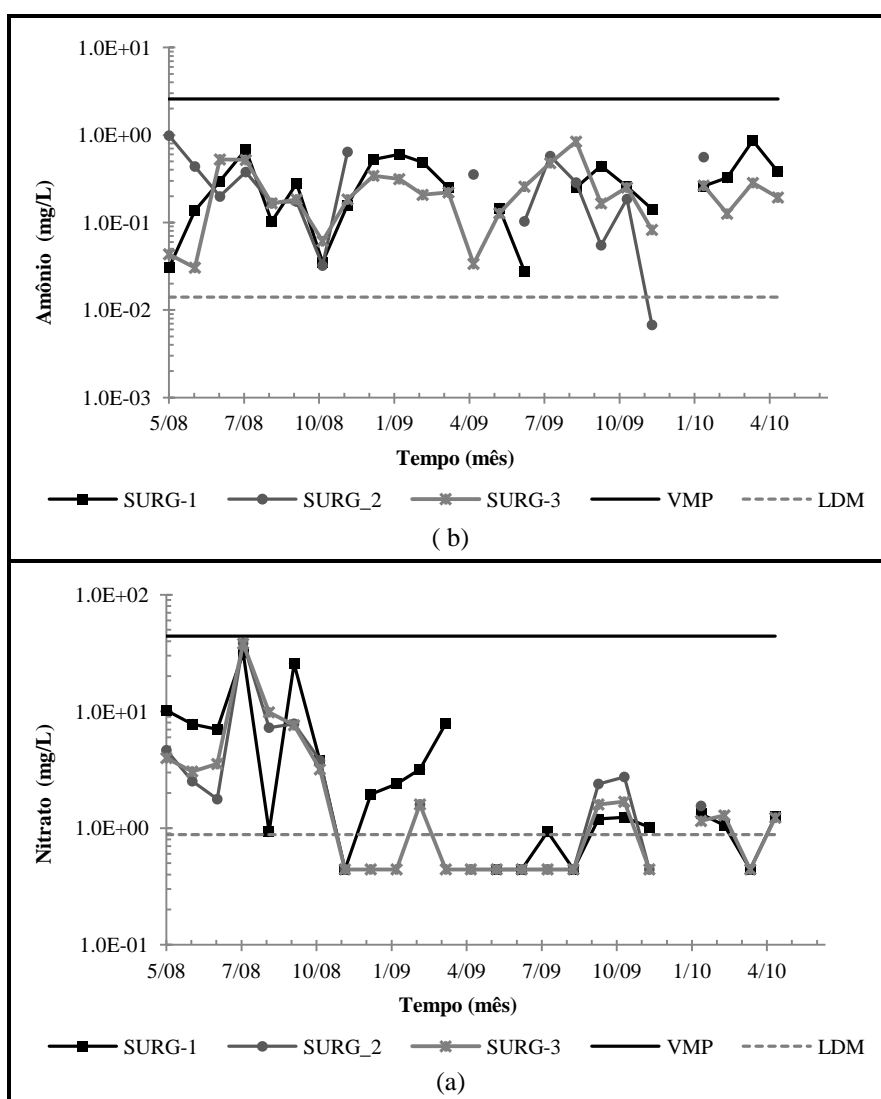


Figura 8.203 – Variabilidade das concentrações de nitrato e de amônio e amônio nas águas das surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA

Nas águas monitoradas nas surgências cadastradas, na área do estudo, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.202(b) foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato: 31,9 mg/L, na surgência da lagoa Subida da Estação, em

agosto de 2008; 38,6 mg/L, na surgência Mata da Usina, em agosto de 2008; e, 38,1 mg/L, na surgência do NIA, em agosto de 2008.

Em geral, nas águas monitoradas nas surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA, as concentrações de nitrato se apresentaram no intervalo de 0,9 a 25,7 mg/L, conforme os hidrogramas apresentados nas Figuras 8.202 (a), não considerando os valores máximos verificados em agosto e setembro de 2008.

Foram verificadas as seguintes concentrações máximas de amônio nas águas das surgências monitoradas na área do estudo, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.202 (b): 0,86 mg/L, na surgência da lagoa Subida da Estação, em agosto de 2008; 0,99 mg/L, na surgência Mata da Usina, em agosto de 2008; e, 0,84 mg/L, na surgência do NIA, em agosto de 2008.

De acordo com os hidrogramas reportados nas Figuras 8.202 (b), em geral, nas águas monitoradas nas surgências cadastradas na área do estudo, as concentrações de amônio se apresentaram no intervalo de 0,17 a 0,38 mg/L, não considerando os valores máximos verificados em agosto e setembro de 2008.

As variabilidades temporais tanto das concentrações de nitrato, como das concentrações de amônio, nas águas das surgências, conforme mostrado nos hidrogramas na Figura 8.202, se apresentaram altas, indicando aportes frequentes de nitrato e de algum amônio, no meio hidrogeológico de percolação dessas águas e, nas áreas de afloramento se suas águas.

As pequenas concentrações de amônio nas águas das surgências, em princípio, estão relacionada com a adsorção do íon  $\text{NH}_4^+$  no material particulado, principalmente, em argilominerais com sítios de carga negativa e na matéria orgânica, e ao fluxo rápido da água na área de afloramento.

A tendência decrescente das concentrações de nitrato, também se apresentou nas águas das surgências cadastradas na área do estudo.

Do ponto de vista ambiental, concentrações maiores que os valores máximos permitidos de 2,58 mg/L, para o  $\text{NH}_4^+$  e de 44 mg/L para o  $\text{NO}_3^-$ , de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, não foram verificadas nas águas das surgências monitoradas na área do estudo.

As concentrações de nitrato, em média, se apresentaram uma ordem de grandeza maior que as concentrações de amônio, nas águas das surgências monitoradas na área do estudo, de acordo com os resultados descritos.

Os intervalos de variação das concentrações do amônio e do nitrato representaram variabilidades, de cerca 100% para o  $\text{NH}_4^+$  e maior que 1000% para o  $\text{NO}_3^-$  entre a menor e a maior concentração desses dois parâmetros.

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.76, para as concentrações dos parâmetros nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , e do nitrato, como  $\text{NO}_3^-$  verificadas nos corpos d'água lóticos monitorados na área do estudo, as seguintes estatísticas: média; mínimo; e, máximo.

Tabela 8.76 – Concentrações de amônio e de nitrato nas surgências monitoradas na área do estudo

Surgência	Ponto	Estatística	$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	$\text{NO}_3^-$ (mg/L)
da Subida da Estação	SURG-1	média	0.311	4.70
		mínimo	0.028	0.93
		máximo	0.887	25.7
da Mata da Usina	SURG -2	média	0.302	7.15
		mínimo	0.035	1.15
		máximo	0.878	38.1
do NIA	SURG -3	média	0.603	7.21
		mínimo	0.033	1.55
		máximo	3.75	38.6

As concentrações de amônio e de nitrato reportadas na Tabela 8.76, se apresentaram semelhantes às concentrações dessas espécies, verificadas nas águas das cisternas monitoradas na área do estudo, não considerando a cisterna da Epamig.

As surgências do NIA e da Mata da Usina estão sob a influência dos impactos acarretado pelo fluxo rodoviário, próximo dessas surgências. Assim, as concentrações médias elevadas de amônio nas águas da surgência do NIA e de nitrato nas águas das surgências da Mata da Usina e do NIA, em parte, podem ter recebido contribuições do material particulado proveniente deste fluxo.

Em geral, as águas das surgências cadastradas na área do estudo, durante todo o período do monitoramento, sob o ponto de vista macroscópico se apresentaram com turbidez aparente baixa e com aspecto de águas limpas, conforme se verificou em todas as visitas realizadas.

Estão apresentados na Figura 8.204, em ordem crescente dos teores percentuais, em massa, os diagramas de distribuição do nitrato, como  $\text{NO}_3^-$ , e do nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , nas águas das surgências monitoradas na área do estudo.

De acordo como os resultados reportados nos diagramas mostrados na Figura 8.204 cerca de 75% do nitrato, verificado nas águas das surgências, se apresentou equitativamente distribuído nas surgências da Mata da Usina e do NIA. E cerca de 50% do amônio, ocorreu nas águas da surgência do NIA, o que indica o maior aporte de  $\text{NH}_4^+$  e de matéria orgânica nitrogenada nas águas desta surgência.

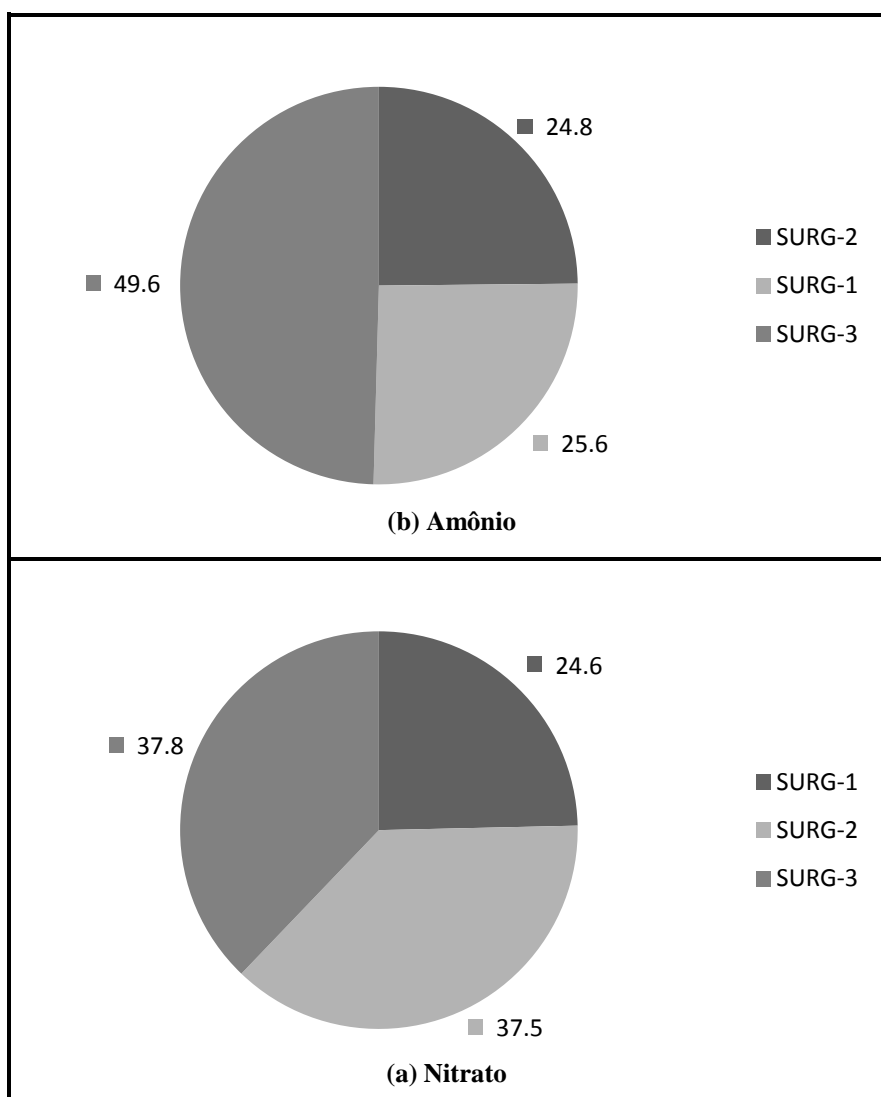


Figura 8.204 – Teores de nitrato e de amônio nas surgências da lagoa Subida da Estação, da Mata da Usina e do NIA



As águas monitoradas na surgência da Mata da Usina recebem o aporte de matéria orgânica solúvel proveniente do húmus, em razão de sua localização, em uma mata secundária ainda bem preservada. Em função de sua proximidade com a rodovia MG-424, pode receber impactos do material gasoso e particulado originado do trânsito de veículos, por deposição seca e através das águas meteóricas, em sua área de influência.

Estão apresentados, na Figura 8.205 os diagramas de distribuição dos teores de nitrato, com  $\text{NO}_3^-$ , e do nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , em massa, nas águas monitoradas no sistema hidrogeológico no domínio das coberturas detrito-lateríticas.

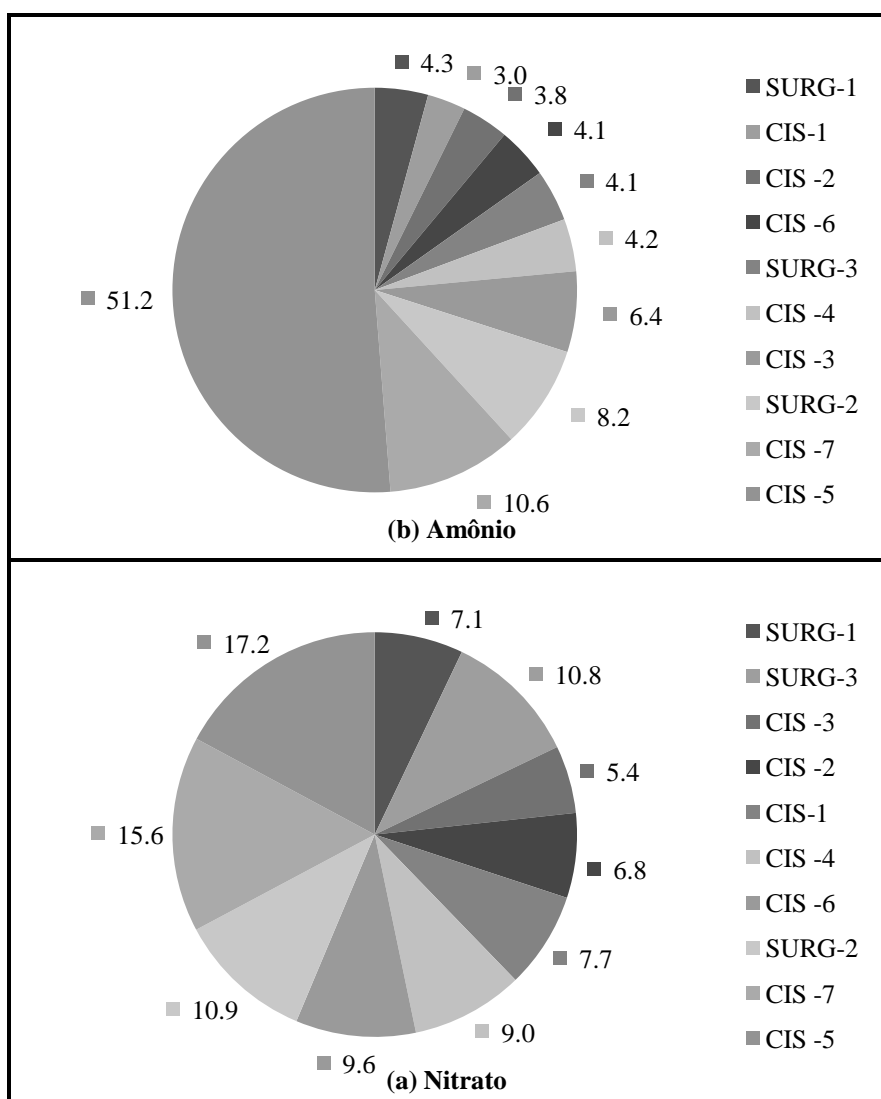


Figura 8.205 – Teores de nitrato e de amônio no sistema hidrogeológico no domínio das coberturas detrito-lateríticas

Do ponto de vista ambiental, de acordo com o diagrama na Figura 8.205 (a), as águas mais impactadas com nitrato,  $\text{NO}_3^-$ , ocorreram na surgência da Mata da Usina, na cisterna da fazenda Marinheiro e na cisterna da Epamig, e as águas mais impactadas com amônio se

apresentaram na cisterna da fazenda Marinheiro e da Epamig. Em razão da situação ambiental dessas cisternas, conforme descrito anteriormente.

A concentração de amônio nas águas da cisterna da Epamig, se apresentou dominante, em relação às concentrações verificadas nos demais pontos monitorados, no de captação ou afloramento, de águas no meio hidrogeológico detrito-laterítico, de acordo com o diagrama na Figura 8.205 (b). Além do aporte de águas descartadas dos tanque de piscicultura, a montante do local em que a cisterna da Epamig foi implantada, é possível o aporte de esgoto residencial na sua área de influência, em razão das condições sanitárias observadas durante as visitas no local.

### **Nitrato e amônio nas águas monitoradas nos poços tubulares**

O nitrato foi quantificado nas águas dos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 com frequências de 63 e 73%, respectivamente, nas águas dos poços da Epamig e da fazenda Tavares com frequências de 54 e 61 %, respectivamente, e nos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água com frequências de 78 e 56%, respectivamente.

O amônio foi quantificado com frequência acima de 95% nas águas dos poços tubulares monitorados na área do Estudo.

Estão apresentados, nas Figuras 8.206 e 8.207 os hidrogramas para as concentrações de nitrato, como  $\text{NO}_3^-$ , e de nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , nas águas monitoradas nos poços tubulares de produção, cadastrados na área do estudo.

Nas águas monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.206 (a) e 8.206 (b), foram verificadas as seguintes concentrações máximas de amônio: 0,70mg/L, nas água do poço Matadouro 1, em maio de 2009; 1,1 mg/L, nas água do poço Matadouro 2 em maio de 2009; 0,58 mg/L, nas águas do poço da Epamig (PT-5), em novembro de 2009; e, 0,45 mg/L, nas águas do poço da fazenda Tavares (PT-6), ambas em abril de 2009.

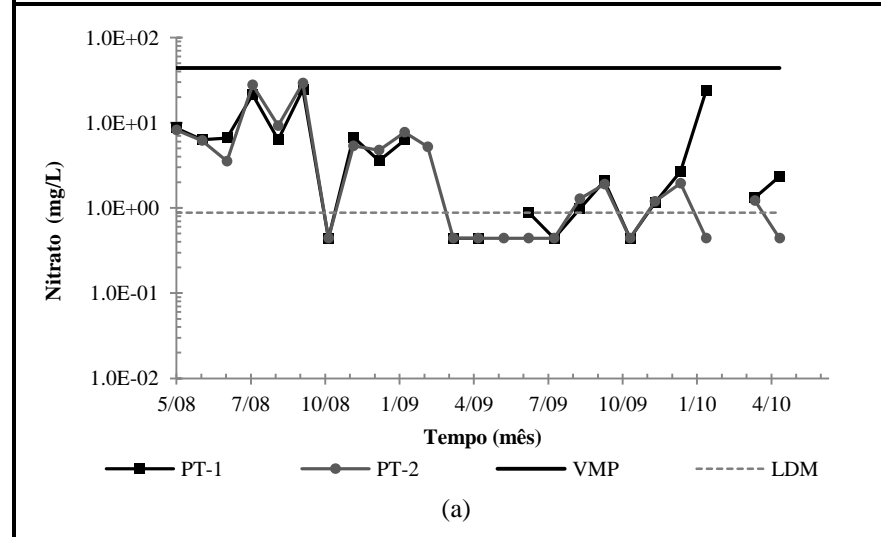
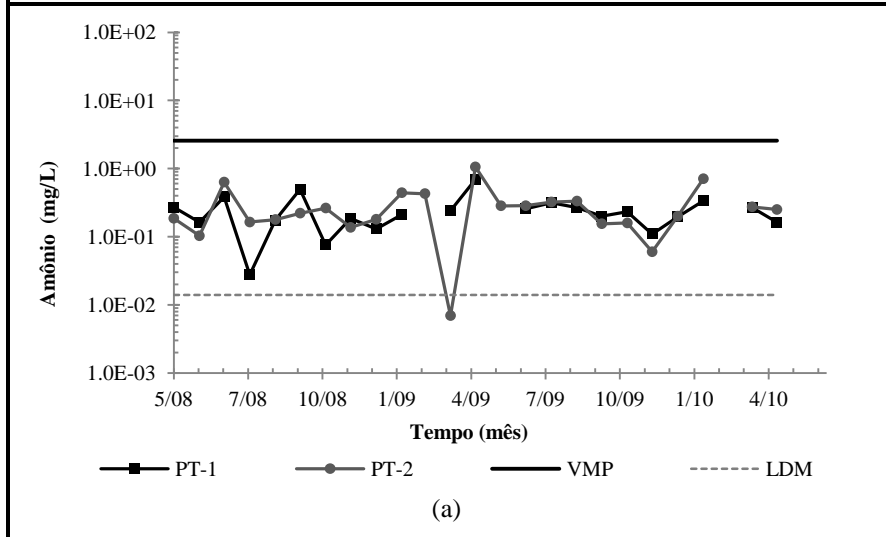
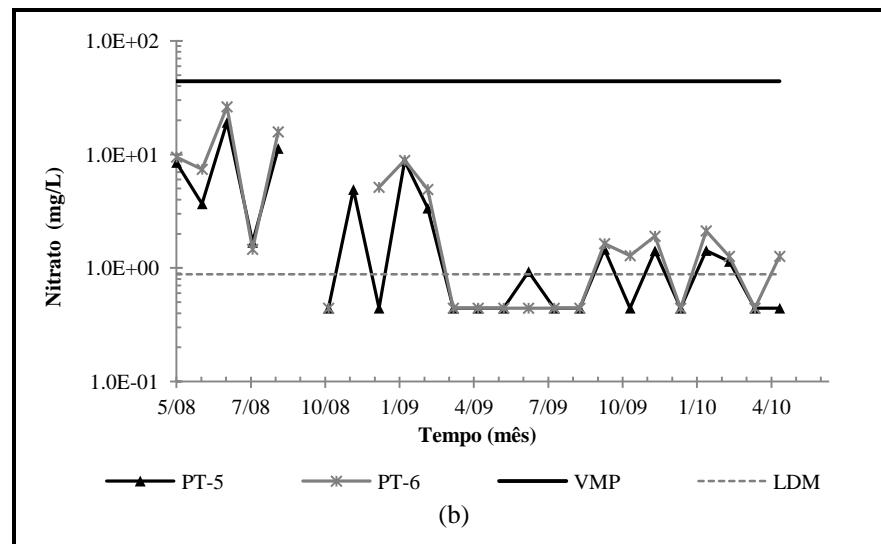
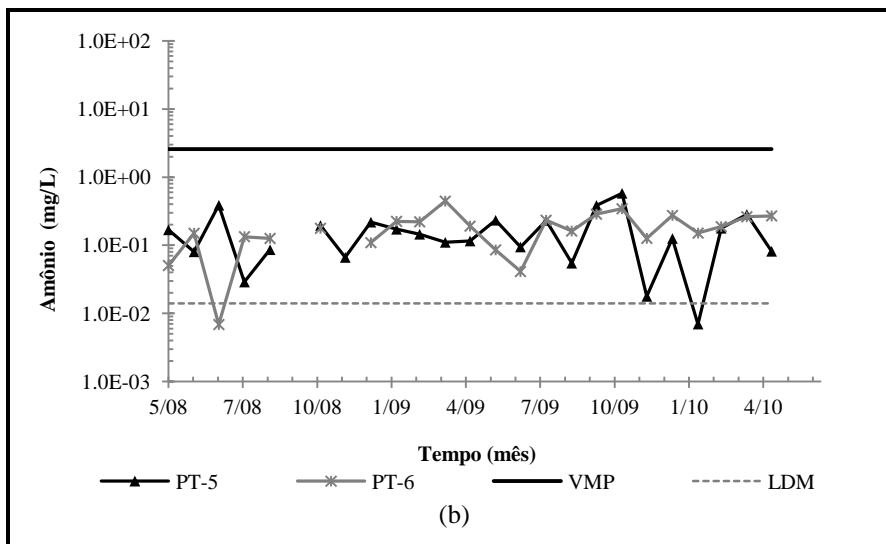


Figura 8.206 – Variabilidade das concentrações de nitrito e amônio nas águas dos poços tubulares Matadouro 1 e Matadouro

Figura 8.207 – Variabilidade das concentrações de nitrito e amônio nas águas dos poços tubulares da Epamig e da fazenda Tavares

De acordo com os hidrogramas reportados nas Figuras 8.206 (a) e 8.206 (b), em geral, nas águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, as concentrações de  $\text{NH}_4^+$  se apresentaram no intervalo de (0,08 a 1,06) mg/L e, nas águas monitoradas nos poços da Epamig e da fazenda Tavares no intervalo de (0,04 a 0,58) mg/L, não considerando os valores mínimos reportados nos respectivos hidrogramas.

Apesar do intervalo de concentrações de amônio mais estreito, verificado nas águas dos poços da Epamig e da Fazenda Tavares, de acordo com os resultados descritos, a variabilidade temporal das concentrações de amônio se apresentou na mesma ordem de grandeza, nas águas monitoradas nesses poços, a saber, cerca de 1000% , indicando aportes frequentes de amônio.

De acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.207 (a) 8.207 (b), foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato: 29,3 mg/L, nas água do poço Matadouro 1, em maio de 2009; 24,7 mg/L, nas água do poço Matadouro 2 em maio de 2009; 19,2 mg/L, nas águas do poço da Epamig (PT-5), em novembro de 2009; e, 26,2 mg/L, nas águas do poço da fazenda Tavares (PT-6), ambas em abril de 2009.

Do ponto de vista ambiental, não foram verificadas concentrações de amônio e de nitrato, maiores que os valores máximos permitidos de 2,58 mg/L, para o  $\text{NH}_4^+$  e de 44 mg/L, para o  $\text{NO}_3^-$ , nas águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares, de acordo com os hidrogramas apresentados na Figura 8.206 e 8.207 e conforme a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008.

De acordo com os hidrogramas reportados na Figura 8.207 (a), nas águas monitoradas no poço Matadouro 1, as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  se apresentaram no intervalo de (1,3 a 24) mg/L e no poço Matadouro 2 no intervalo de (1,2 a 29,3) mg/L.

Conforme os hidrogramas reportados nas Figuras 8.207 (b), as concentrações de  $\text{NO}_3^-$  nas águas monitoradas no poço da Epamig se apresentaram no intervalo de (1,1 a 19,2) mg/L e no poço da fazenda Tavares no intervalo de (1,3 a 26,3) mg/L.

De modo semelhante às concentrações de amônio, a variabilidade temporal das concentrações de nitrato se apresentou menor nas águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2. Os intervalos de concentrações representam variabilidades de cerca de 600% nas concentrações de nitrato, verificadas nas águas dos poços Matadouro 1, Matadouro 2 e cerca

de 2000% nas águas monitoradas nos poços da Epamig e da fazenda Tavares, indicando aportes de nitrato mais importantes nas águas desses poços.

A tendência decrescente das concentrações de nitrato, já verificada, também se apresentou nas águas dos monitoradas nos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, da Epamig e da fazenda Tavares, conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.207.

Na Figura 8.208, estão apresentados os hidrogramas das concentrações do nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , e de nitrato, como  $\text{NO}_3^-$ , nas águas dos poços tubulares surgentes das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, monitorados na área do estudo.

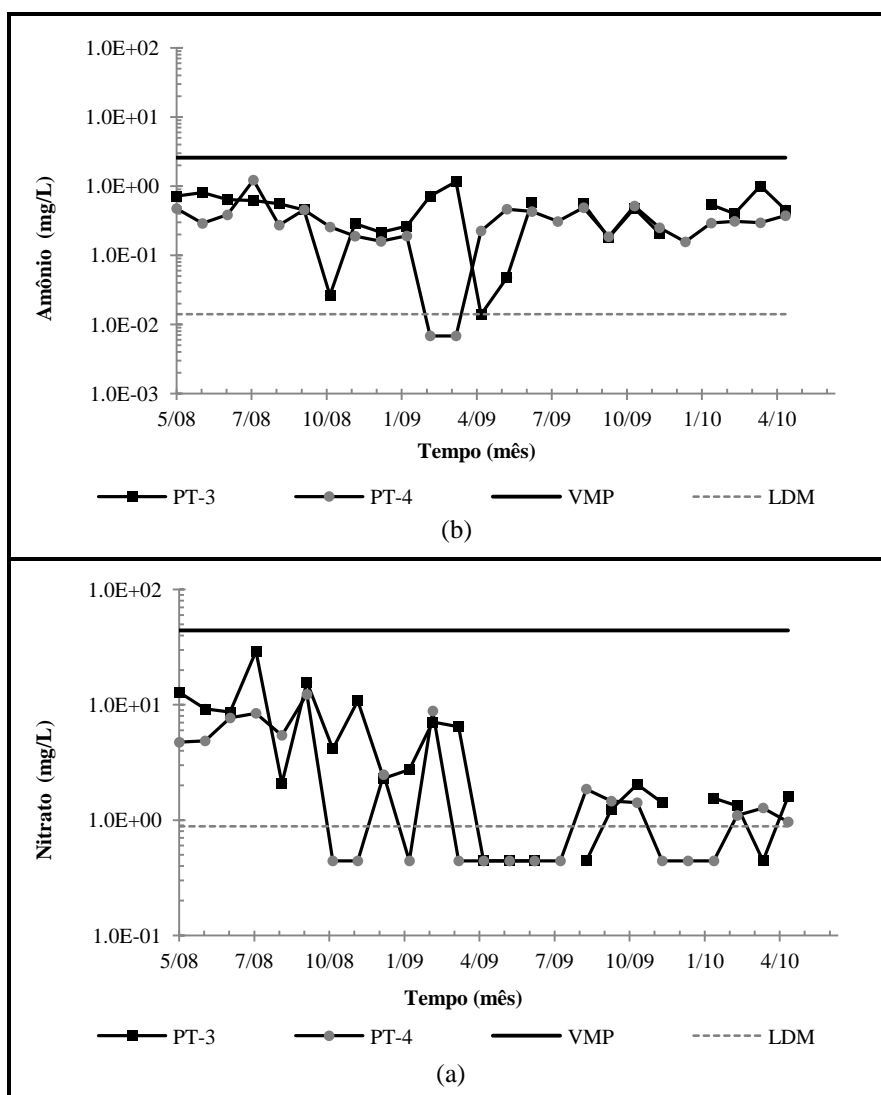


Figura 8.208– Variabilidade das concentrações de nitrato e amônio nas águas dos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água

O nitrato foi quantificado nas águas dos poços das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água com frequências de 78 e 56%, respectivamente e, o amônio foi quantificado com frequência

de 100% nas águas monitoradas no poço da lagoa Subida da Estação e, com frequência de 92% nas águas do poço da lagoa Olhos d'Água.

Nas águas monitoradas nos poços tubulares surgentes, de acordo com os resultados reportados nos hidrogramas nas Figuras 8.208 (a) foram verificadas as seguintes concentrações máximas de nitrato: 29,2 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ , nas água do poço da lagoa Subida da Estação, em agosto de 2008; e, 12,4 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ , nas água do poço da lagoa Olhos d'Água, em outubro de 2008.

Segundo os hidrogramas mostrados na Figura 8.208 (b), as concentrações máximas de amônio foram: 1,16 mg/L de  $\text{NH}_4^+$ , nas água do poço da lagoa Subida da Estação, em abril de 2009; e, 1,22 mg/L de  $\text{NH}_4^+$ , nas água do poço da lagoa Olhos d'Água, em agosto de 2008.

Do ponto de vista ambiental, concentrações maiores que os valores máximos permitidos de 2,58 mg/L, para o  $\text{NH}_4^+$ , e de 44 mg/L para o  $\text{NO}_3^-$ , de acordo com a resolução CONAMA N° 396, de dezembro de 2008, não foram verificadas nas águas dos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, conforme reportado nos hidrogramas apresentados na Figura 8.208.

A tendência decrescente das concentrações de nitrato, também se apresentou nas águas monitoradas nos poços tubulares das lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água, conforme os hidrogramas apresentados na Figura 8.208 (a).

De acordo com a metodologia descrita no Capítulo 7, estão apresentadas na Tabela 8.77, as concentrações médias, mínimas e máximas dos constituintes nitrogênio amoniacal, como  $\text{NH}_4^+$ , e do nitrato, como  $\text{NO}_3^-$  verificadas nas águas monitoradas nos poços tubulares cadastrados na área do estudo.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.77 as concentrações médias de amônio se apresentaram com valores muito próximos, nas águas dos poços tubulares monitorados, em particular, nas águas dos poços da Epamig e da fazenda Tavares.

As concentrações médias de nitrato nas águas do poço Matadouro 1, Epamig e da fazenda Tavares, se apresentaram próximas, podendo ser consideradas iguais, dentro do intervalo (6,3  $\pm$  0,2) mg/L de  $\text{NO}_3^-$ .

Tabela 8.77 – Concentrações de amônio e de nitrato nos poços tubulares monitorados na área do estudo

Poço tubular	Ponto	Estatística	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)
Matadouro 1	PT-1	média	6,24	0,335
		mínimo	1,22	0,137
		máximo	27,9	1,06
Matadouro 2	PT-2	média	8,95	0,252
		mínimo	0,89	0,028
		máximo	24,7	0,699
Subida da Estação	PT-3	média	7,15	0,441
		mínimo	1,24	0,026
		máximo	29,2	1,16
Olhos d'Água	PT-4	média	5,50	0,347
		mínimo	0,965	0,007
		máximo	12,4	1,23
Epamig	PT-5	média	6,11	0,200
		mínimo	1,14	0,018
		máximo	19,17	0,581
fazenda Tavares	PT-6	média	6,59	0,190
		mínimo	1,27	0,007
		máximo	26,2	0,446

Estão apresentados na Figura 8.209, em ordem crescente dos teores percentuais, os diagramas de distribuição do nitrato, como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, e do nitrogênio amoniacal, como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, em massa, nas águas monitoradas nos poços tubulares, cadastrados na área do estudo.

De acordo como diagrama na Figura 8.209 (a), as águas do poço tubular Matadouro 2 se apresentaram mais ricas em nitrato, nas águas monitoradas nos poços tubulares da Epamig, Matadouro 1 e da fazenda Tavares o nitrato ocorreu em quantidades iguais, praticamente.

As águas monitoradas no poço surgente da lagoa Subida da Estação se apresentaram mais ricas em nitrato que as águas monitoradas no poço surgente da lagoa Olhos d'Água.

As águas monitoradas no poço da lagoa Subida da Estação se apresentaram mais ricas em amônio, com um quarto do total de amônio, tendo sido verificado em suas águas, durante o período monitorado, de acordo com o diagrama apresentado na Figura 8.209 (b).

Segundo o diagrama apresentado na Figura 8.209 (b), a distribuição do amônio, nas águas dos poços tubulares, se apresentou mais desequilibrada que a distribuição do nitrato, tendo se apresentado em quantidades próximas nas águas monitoradas nos poços da fazenda Tavares e da Epamig. Também, ocorreu em quantidades próximas nas águas monitoradas nos poços Matadouro 1 e da lagoa Olhos d'Água.

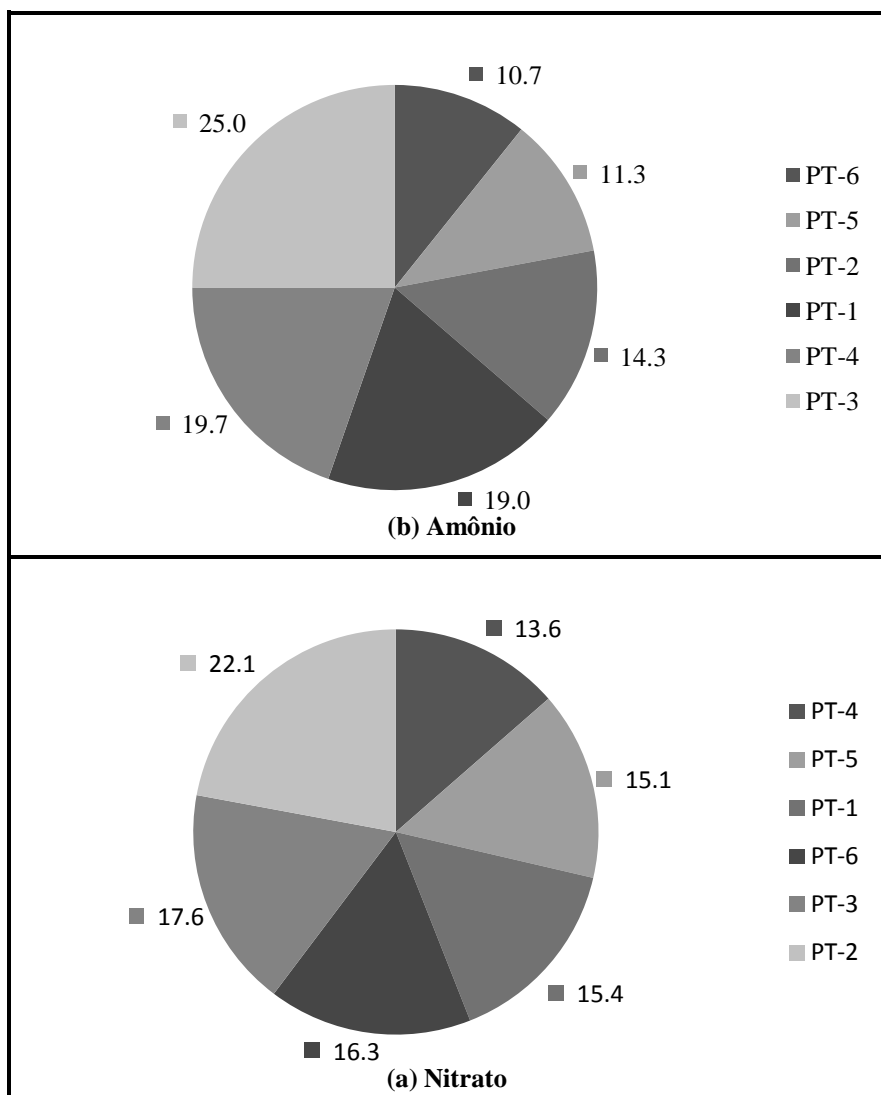


Figura 8.209 – Teores de nitrato e de amônio nas águas dos poços tubulares Matadouro 1, Matadouro 2, Subida da Estação, Olhos d'Água, da Epamig e da fazenda Tavares

De acordo com os resultados, reportados nas Tabelas 8.75 e 8.77, as concentrações máximas de nitrato verificadas nas águas das cisternas foram maiores que as concentrações máximas verificadas nas águas dos poços tubulares, em geral.

Este fato é indicativo de que parte do nitrato que percola pelo meio hidrogeológico poroso, ou seja, constituído pelos Latossolo e saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, não alcança o corpo cárstico-carbonático, sendo descarregado nos corpos d'água lóticos que drenam a área do estudo e nas lagoas Subida da Estação e Olhos d'Água. Também, é possível ocorrer a redução das concentrações de nitrato, em razão da diluição acarretada pelo volume de água presente no meio hidrogeológico cárstico-carbonático.

Concentrações de nitrato maiores que 5 mg/L de nitrato, como N, ou seja, 22 mg/L de  $\text{NO}_3^-$ , podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas, tais



como esgotos, fossas, depósitos de lixo, cemitérios, resíduos animais, adubos nitrogenados, e outros (Filho, 2008).

Concentrações de nitrato maiores que 22 mg/L, ocorreram com frequência cerca de 5%, nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo.

Concentrações dessa magnitude foram verificadas nas águas monitoradas nas cisternas nos meses de agosto, setembro e outubro de 2008; nas águas das surgências da lagoa da Subida da Estação e do NIA, em agosto de 2008; nas águas dos poços tubulares da Epamig e da fazenda Tavares em julho e agosto de 2008; e, nos poços Matadouro 1 e Matadouro 2 em agosto e outubro de 2008.

A partir do mês de outubro de 2008, não foram verificadas concentrações de nitrato maiores que 22 mg/L.

É possível que na fase inicial do monitoramento, em razão de um período de estiagem mais prolongado e conseqüentemente com a ocorrência de menor recarga, houvesse um estoque de nitrato na água retida nos poros e condutos do sistema hidrogeológico.

A maior precipitação de águas meteóricas, a partir do período de chuvas do ano hidrológico de 2008–2009, acarretou maior recarga do meio hidrogeológico, atenuando as suas concentrações, em razão da diluição e do aumento da taxa de transporte associada à elevada mobilidade do íon nitrato.

De acordo com os resultados descritos, as atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas na área do estudo, acarretaram impacto nas águas subterrâneas locais, mas com concentrações menores de nitrato. As concentrações médias verificadas, comumente, menores que 22 mg/L corroboram o pequeno impacto das atividades agrícolas e pecuárias nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo.

Concentrações de nitrato maiores que 22 mg/L, foram verificadas no período de estiagem no ano de 2008, nas águas subterrâneas. A partir de outubro de 2008, foi verificada a tendência decrescente dessas concentrações, corroborando a ausência de impactos importantes nas águas monitoradas.

Em vista das pequenas concentrações de nitrato nas águas subterrâneas, pode ser admitido, que o impacto da atividade agrícola e pecuária nas águas subterrâneas monitoradas, se

apresentou pequeno, em geral, nos pontos de monitoramento dessa águas. No entanto, localmente, as águas das cisternas da Epamig, do Estábulo e da fazenda Marinheiro refletiram o impactos das atividades antrópicas realizadas no seu entorno, com maior intensidade.

Quando teores excessivos de nitrato são encontrados, o que muitas vezes ocorre de forma localizada, podem ser considerados como indicativos de contaminação, constituindo uma advertência para uma investigação mais detalhada da água e do meio em que se encontra.

As águas de poços onde os teores de nitrato excedem o limite recomendado pela legislação são, em geral, de aquíferos contaminados por alguma atividade antrópica. Contaminação esta que pode estar relacionada à existência de fossas negras, de estábulos ou por meio da aplicação de fertilizantes agrícolas, em ambientes rurais (Gonçalo e Gianpá, 2006).

Também, esses indícios podem indicar alguma deficiência construtiva dos poços, tais como ausência de tubo de boca, ausência do selo sanitário ou da tampa protetora, falta de laje de proteção e de perímetro de proteção sanitária (Gonçalo e Gianpá, 2006).

Do ponto de vista ambiental e sanitário, as concentrações de nitrato e de amônio, verificadas nas águas subterrâneas monitoradas, na área do estudo, no período de maio 2008 a maio de 2010, revelaram que esses parâmetros se mantiveram menores que os valores máximos permitidos de acordo com a resolução CONAMA Nº 396, de abril de 2008 e de acordo com a Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde.

No mapa mostrado na Figura 8.210 está representada a distribuição do nitrato nas águas monitoradas na área do estudo.

De acordo com o mapa na Figura 8.210 na área de descarga da lagoa Subida da Estação ocorreram as maiores concentrações de nitrato, em média. Os maiores valores mostrados no extremo sudoeste e sul da área do CNPMS pode estar relacionado, ao método de interpolação utilizado e às concentrações médias do nitrato na cisterna da fazenda Marinheiro. Na parte norte, a distribuição apresentada está associada à baixa densidade dos pontos de monitoramento.

De modo geral, nas áreas de agricultura do CNPMS as concentrações de nitrato se apresentaram abaixo de 5 mg/L, conforme mostrado no mapa, na Figura 8.210.

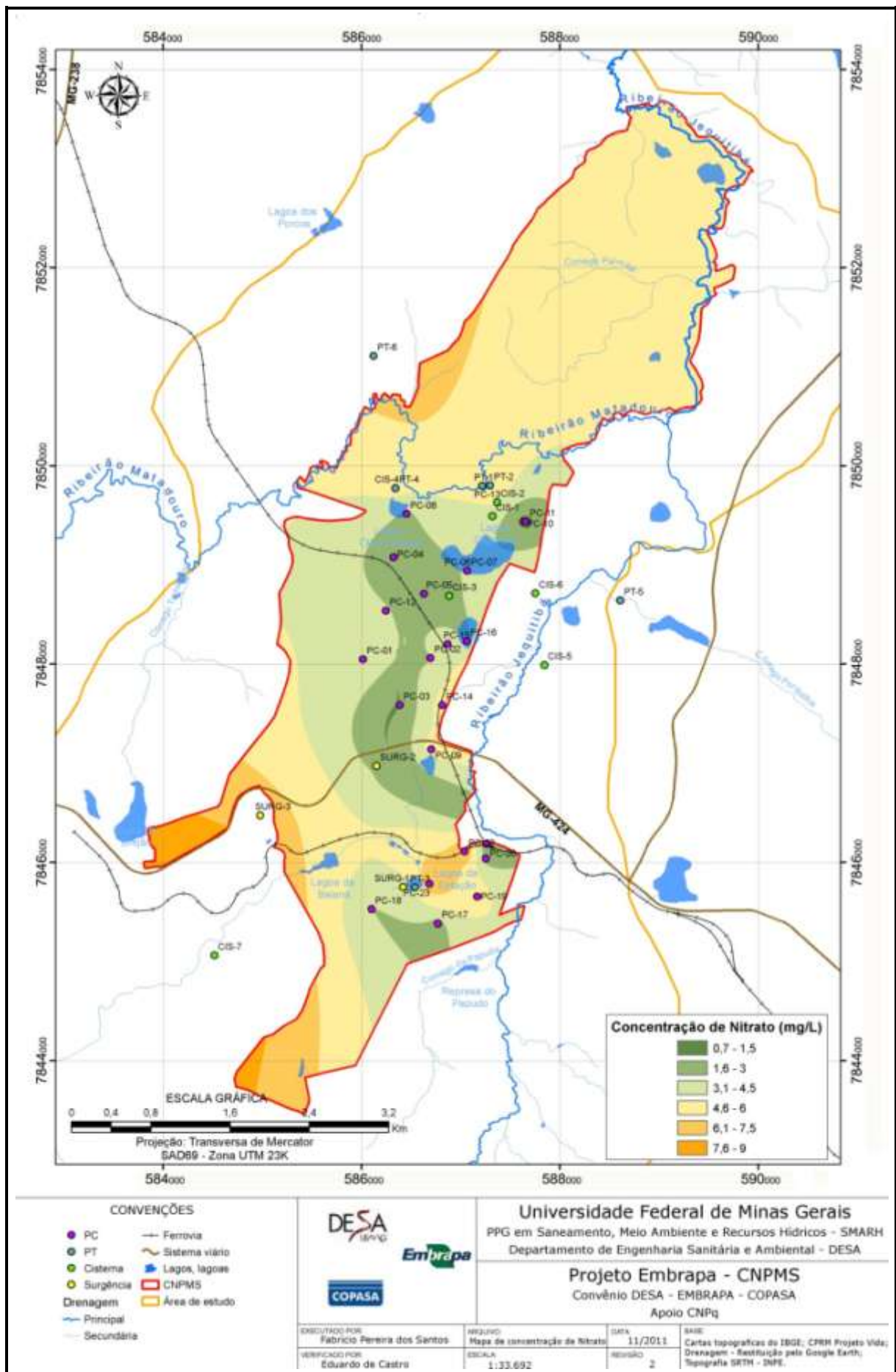


Figura 8.210 – Distribuição do nitrato nas águas monitoradas na área do CNPMS

## **8.7 A Presença da Atrazina na Área do Estudo**

O cenário de impactos negativos associados à agricultura, principalmente, à de grande escala, a todo o momento tem sido exposto pelos meios de comunicação. Principalmente, quanto à utilização de agroquímicos.

No rol desses impactos, está a contaminação dos solos e das águas superficiais e subterrâneas por agroquímicos, em particular, por fertilizantes sintéticos nitrogenados, pesticidas e herbicidas.

Dos grãos cultivados, em grande escala no Brasil, destacam-se nas áreas de cultivo do CNPMS o milho, o sorgo e a soja.

A tecnologia utilizada na implantação dessas culturas, já bastante difundida na região dos cerrados no Brasil, é o chamado plantio direto, na qual primeiro, a acidez do solo é adequada à cultura, por meio de aplicações de calcário e, ou de gesso e dos nutrientes determinados pela análise do solo. Em seguida implanta-se uma cultura, que irá originar a massa vegetal, necessária à incorporação e cobertura do terreno, etapas que precedem a semeadura do milho, do sorgo ou da soja (Duarte, 2010; Ribas 2010).

Nesta tecnologia, o combate às plantas invasoras ou daninhas, concorrentes do grão, utiliza técnicas de manejo culturais, tais como, época propícia à semeadura, espaçamento, densidade de plantas, adubação, cultivar, e, controle de pragas e plantas invasoras, entre outras, de modo a propiciar o desenvolvimento da cultura, em detrimento desenvolvimento das plantas invasoras (Karam e Melhorança, 2010).

O controle das plantas invasoras é feito com a utilização de herbicidas. Entretanto, para que seu uso seja seguro, eficiente e econômico, são necessárias técnicas apropriadas. Além disto, é condição básica e necessária, para a escolha do produto adequado, o conhecimento e o levantamento das plantas invasoras predominantes no terreno (Karam e Melhorança, 2010).

Os herbicidas triazínicos, em diversas formulações comerciais, são muito usados no controle de plantas daninhas de folhas largas, principalmente nas plantações de milho, cana-de-açúcar e sorgo (Martinazzo et al. 2010).

Na Tabela 8.78 apresenta-se um sumário dos produtos disponíveis no comércio, para combate às plantas invasoras, nessas culturas, à base da substância ativa S-triazina.

Tabela 8.78 – Herbicidas com atrazina para as culturas de milho e sorgo

Emprego na cultura do milho			
Nome Comum	Nome Comercial	Concentração (g/L)	Aplicação (L/ha)
Alaclor + Atrazina 1 Atrazina	Alaclor + Atrazina SC Nortox	240 + 250	6,0 - 8,0
	Alazine 500 SC	250 + 250	7,0 - 8,0
	Boxer	300 + 180	7,0 - 9,0
	Agimix	260 + 260	6,0 - 8,0
	Atranex 500 Sc	500	4,0 - 5,0
	Atrazina Nortox 500 SC	500	3,0 - 6,5
	Atrazinax 500	500	3,0 - 6,5
	Coyote	500	5,0 - 6,0
	Gesaprim 500	500	5,0 - 6,0
	Herbitrin 500 Br	500	4,0 - 8,0
	Stauzina 500 SC	500	4,0 - 6,0
	Siptran	800	2,0 - 4,0
	Gesaprim GRDA	880	2,5 - 3,5
	Trac 50 SC	500	4,0 - 6,0
	Proof	500	4,0 - 5,0
	Atrazina + Dimetenamida	Guardsman	320 + 280
Atrazina + Isoxaflutol 2	Alliance WG	830 + 34	1,5 2,0
Atrazina + Metolaclor	Primaiz 500 SC	250 + 250	5,0 - 8,0
	Primestra SC	200 + 300	5,0 - 8,0
	Primagran Gold	370 + 230	3,5 - 4,5
	Primaiz Gold	370 + 270	3,5 - 4,5
	Primestra Gold	370 + 270	3,25 - 4,5
Atrazina + Simazina	Actiomex 500 SC	250 + 250	3,5 - 7,0
	Atrazimex 500 SC	250 + 250	4,0 - 6,0
	Extrazin SC	250 + 250	3,6 - 6,8
	Herbimix SC	250 + 250	6,0 - 7,0
	Primatop SC	250 + 250	3,5 - 6,5
	Triamex 500 SC	250 + 250	3,5 - 6,0
	Controller 500 SC	250 + 250	3,5 - 6,0
Cianazina 3	Bladex 500	500	3,0 - 5,0
Simazina 5	Herbazin 500 BR	500	3,0 - 5,0
	Sipazina 800 PM	800	2,0 - 5,0
Simazina + Cianazina	Blazina SC	250 + 250	4,8 - 8,0
Terbutilazina	Gardoprim	500	4,0 - 7,0
Emprego na cultura do sorgo			
Atrazina	Atrazina Nortox 500 SC		3,0 a 6,5
	Atrazinax 500		3,0 a 6,5
	Gesaprim GrDa		2,0 a 3,0
	Gesaprim 500		2,0 a 5,0
	Herbitrin 500 BR		4,0 a 8,0
	Proof		
	Siptran 500 SC		3,4 a 6,2
Atrazina + Simazina	Extrazin SC		3,6 a 6,2
	Herbazin 500 BR		3,0 a 5,0
Simazina	Sipazina 800 PM		2,0 a 5,0

Adaptado de: Embrapa milho e Sorgo - Sistemas de Produção 1 e 2; Embrapa Soja – Sistemas de Produção 1.

Além das plantas alvo, o solo constitui um dos primeiros destinos dos herbicidas, e daí podem ser lixiviados para a zona saturada, alcançando os aquíferos e as águas superficiais, por infiltração ou por escoamento superficial, ou pela deriva atmosférica.

O destino ambiental dos herbicidas, como de outros agroquímicos, é determinado por processos que ocorrem tanto na superfície, como na zona vadosa, a saber: transporte;

lixiviação e escoamento superficial; decomposição e degradação; adsorção e absorção; transformação; e, interações desses processos.

Diferenças nas propriedades químicas das substâncias ativas, nas condições e características ambientais, nas condições meteorológicas, nas populações de microrganismos do solo, na presença ou não de vegetação e no manejo dos solos, também, podem afetar o destino de herbicidas no ambiente. Além disso, a taxa e a quantidade de água, que flui tanto na superfície, como na subsuperfície do solo, são fatores determinantes para o destino do herbicida, podendo afetar todos esses processos (Spadotto, 2002).

Conforme descrito no Capítulo 5 a persistência ambiental da atrazina pode variar de dias a meses, dependendo da natureza do solo e das condições ambientais prevalentes. Tem sido relatado na literatura, tempos de meia-vida para esta substância da ordem de seis dias a mais de cem dias.

Ainda, sua degradação ambiental produz como principais espécies os metabólitos, a saber, hidroxiatrazina, desetilatrazina e deisopropilatrazina. Em razão disto, a quantificação do herbicida, em amostras ambientais, pode requerer de metodologias específicas para a detecção e quantificação dos metabólitos da atrazina.

### **A Atrazina nas Águas Monitoradas**

Na Tabela 8.79 estão apresentadas as frequências de ocorrências da atrazina e concentrações nos pontos de monitoramento em que o herbicida foi encontrado.

De acordo com os resultados reportados na Tabela 8.79, a atrazina foi quantificada em concentração maior que traço, apenas uma vez, mas foi detectada, em pontos de monitoramento da mesma região geográfica e, eventualmente no mesmo ponto em diferentes datas.

A análise de substâncias, cuja concentração decai com o tempo, ou seja, a substância transforma-se em outras, de modo que, em seu comportamento temporal, a espécie original tende a desaparecer, deixando um rastro de espécies derivadas, utiliza métodos cinéticos de detecção e quantificação, que diferem de modo fundamental dos métodos termodinâmicos ou de equilíbrio, usados para quantificação de cátions e ânions comuns. Nos métodos cinéticos, as medidas são realizadas sob condições dinâmicas, em que, as concentrações das espécies

envolvidas variam com o tempo, contrastando com os métodos termodinâmicos, nos quais as espécies estão em equilíbrio ou em estado estacionário (Skoog et al., 2006).

Tabela 8.79 – Presença de atrazina nas águas monitoradas

Ponto de Monitoramento	Data	Frequência absoluta	Caracterização e Local	Concentração (µg/L)
SURG-1 (S1D1-4)	4/8/08 3/11/08 5/1/09	3	Surgência da lagoa da Subida da Estação	traços <sup>(a)</sup> traços traços
PT-3 (S1D1-5)	2/10/09	1	Poço da lagoa da Subida da Estação	<0.100 <sup>(b)</sup>
CIS-7 (S1D2-1)	30/9/08	1	Cisterna da fazenda Marinheiro	0.110
MAR-1 (S1D2-2)	30/9/08	1	Córrego Marinheiro – ponte da fazenda Marinheiro	<0.100
SURG-2 (S1D2-5)	30/9/08	1	Surgência do NIA	<0.100
LAG-3 (S1D2-4)	30/9/08	1	Lagoa da Baiana	<0.100
SURG-2 (S1D2-5)	30/9/08	1	Nascente da Mata da Usina	<0.100
CIS-3 (S2D1-1)	11/8/08 12/1/09	2	Cisterna – escritório do Barão	traços traços
PT-4 (S2D1-4)	11/8/08 12/1/09	2	Poço tubular da lagoa Olhos d'Água	traços traços
CIS-4 (S2D1-5)	12/1/09	1	Cisterna da AEE – lagoa Olhos d'Água	traços
PT-2 (S2D2-3)	13/1/09	1	Poço tubular – Matadouro 1 – ponte 2 do Matadouro	traços
CIS-2 (S2D2-5)	13/1/09	1	Cisterna da estufa – escritório dos campos	traços
CIS-6 (S3D1-5)	13/10/08 19/1/09	2	Cisterna da Epamig – estábulo 2 da Epamig	traços traços

(a) Traços indica presença da substância em concentração entre o limite de quantificação (0,12µg/L) o limite de detecção (0,0024µg/L).

(b) Limite de detecção do herbicida para uma das metodologias utilizadas pela DVQA/Copasa.

Para a análise dessas substâncias, em amostras ambientais, é necessário o emprego de metodologias apropriadas de amostragem e de análise, a fim de possibilitar a detecção e quantificação dos metabólitos da substância original, que na coleta já pode ter desaparecido.

Este é o caso da atrazina, seu tempo de persistência no ambiente, como espécie principal, pode variar de dias a meses conforme descrito no Capítulo 5. Segundo a literatura, o tempo de meia-vida da atrazina pode variar de seis dias a mais de cem dias, conforme a natureza do solo e das condições ambientais. Este comportamento reflete nas técnicas de amostragem ambiental, de substâncias que sofrem decaimento ao longo do tempo, como os herbicidas.

A baixa frequência observada, de detecção e quantificação da atrazina, pode ser atribuída às seguintes causas principais, durante o período de monitoramento:

- rápida degradação do herbicida, nas condições ambientais prevalentes na área do estudo, acarretando um tempo de meia-vida muito curto;
- técnica de amostragem inadequada, não permitindo a concentração da substância;
- metodologia inadequada de análise, ou seja, investiga-se a substância original, enquanto que deveria se investigar a presença de seus principais metabólitos;

- solos já adaptados ao herbicida, assim possuindo um flora bacteriana apta à degradação da atrazina; e,
- aplicação parcimoniosa do herbicida, ou seja, uso em quantidade bem dosadas e tecnicamente bem aplicadas, de modo a minimizar sua entrada no solo.

Do total de 633 determinações de atrazina reportadas nos Relatórios de Resultados de Análise – RRA, durante o período de monitoramento, foi informado que o equipamento de análise esteve indisponível em 247 determinações, por defeito; ainda, em 32 determinações a amostra foi perdida, por razões não reportadas; e, em 118 vezes a causa das ausência de resultado não foi informada. Deste total, conforme reportado na Tabela 8.40, a atrazina foi detectada, apenas em 18 amostras e quantificada em uma única amostra, o que representa uma frequência relativa de detecção de cerca de 3% e de quantificação menor que 1%.

Além das causas listadas, os freqüentes problemas laboratoriais durante o período de monitoramento, relatados nos RRA, contribuíram para ausência de resultados quantitativos.

A fim de implementar seu programa para análise de amostras ambientais, em particular de substância cuja concentração possui comportamento cinético, o CNPMS está adaptando sua estrutura laboratorial. Nesta perspectiva, encontra-se em fase de instalação um laboratório para cromatografia líquida de alta eficiência, já com a estrutura física pronta e com o cromatógrafo instalado, acoplado a espectrômetro de massa (Herbert, 2011)<sup>4</sup>.

Este laboratório contará com a estrutura de apoio existente, constituída pelos seguintes laboratórios: física do solo, já equipado, com agitadores tipo Wagner para análise granulométrica, estufas, agitador Vortex, Sonicador, extratores tipo painéis de Richards, mesa de tensão, centrífugas, aparelho de Yoder, para verificação da estabilidade de agregados, via úmida; e, laboratório de fertilidade, equipado com espectrômetro de plasma, de absorção atômica e infravermelho, analisador de carbono total, de nitrogênio total, centrifugas de alta rotação e fornos de micro-ondas para digestão de amostras (Herbert, 2011)<sup>5</sup>.

Com a perspectiva da finalização desta estrutura, poderá ser implantado um programa de monitoramento, nos pontos de amostragem de águas subterrâneas e superficiais cadastrados, para o monitoramento de agrotóxicos e de outras substâncias de interesse. contemplando os limites de quantificação estabelecidos nas resoluções CONAMA N<sup>o</sup> 357/2005 e N<sup>o</sup> 396/2008.

---

<sup>4</sup> Herbert, J. V. ([jherbert@cnpms.embrapa.br](mailto:jherbert@cnpms.embrapa.br))[mensagem pessoal].

<sup>5</sup> Herbert, J. V. ([jherbert@cnpms.embrapa.br](mailto:jherbert@cnpms.embrapa.br))[mensagem pessoal].



## 9 CONCLUSÕES

O presente estudo consistiu na caracterização das águas superficiais e subterrâneas na área do CNPMS e do seu entorno, a partir do monitoramento mensal de águas superficiais, em quatorze pontos de amostragem e, de águas subterrâneas, em dezesseis pontos de amostragem.

No presente estudo além da caracterização hidroquímica das águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo, foi realizada uma estimativa hidrogeoquímica ambiental sobre a natureza do meio hidrogeológico, com o auxílio do aplicativo computacional PHREEQC.

O refinamento dos aspectos hidrogeoquímicos apresentados requer a análise físico-química e mineralógica do material geológico, amostrado nas sondagens a trado e na perfuração dos poços de monitoramento, na área do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo–CNPMS. Este trabalho está em andamento, constituindo parte de um novo estudo.

A análise ambiental realizada consistiu na avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas quanto aos possíveis impactos associados às práticas agrícolas na implantação e condução de culturas de milho e sorgo na área do CNPMS, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas por nitrato e atrazina na área do estudo e as cargas orgânicas originadas de esgotos.

O presente estudo permitiu estabelecer as seguintes principais conclusões de caráter geral:

- as águas superficiais e subterrâneas, monitoradas na área do estudo, são águas de fácies hidroquímica cálcica bicarbonatada;
- as concentrações de cálcio e de bicarbonato se apresentaram dominantes nas águas superficiais e subterrâneas, monitoradas na área do estudo;
- as razões médias  $rMg^{2+}/rCa^{2+}$  mostraram que as águas subterrâneas monitoradas não sofrem influencia de terrenos dolomíticos ou de litotipos ricos em minerais magnesianos;
- nas águas superficiais e subterrâneas monitoradas as concentrações de sólidos totais dissolvidos correlacionaram satisfatoriamente com as condutividades elétricas, em média, por um fator de proporcionalidade que se apresentou entre 0,60 e 0,85;
- nos corpos d'água lênticos o cálcio se apresentou com teores, em geral, maiores que 60 % do total dos cátions e o bicarbonato com teores maiores que 80% do total dos ânions;

- nos corpos d'água lóticos o cálcio se apresentou com teores maiores que 80% do total dos cátions e o bicarbonato com teores de maiores que 90% do total dos ânions principais;
- a seqüência de abundância dos cátions principais, em ordem decrescente das concentrações médias, a saber,  $Ca \gg Mg > Na > K$ , foi prevalente nas águas monitoradas na área do estudo, se apresentando com frequência de 85% nas águas superficiais e 68% nas águas subterrâneas;
- o magnésio se apresentou com concentrações, em média, uma ordem de grandeza maior que as concentrações de sódio, com exceção das concentrações verificadas nas lagoas do Papudo e Capivara, nas quais as concentrações de Mg e de Na, em média, foram praticamente iguais;
- as águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo, são pobres em potássio, com teores, em geral, menores que 20% do total dos cátions, não considerando o Ca;
- não considerando o nitrato, a seqüência de abundância dos ânions principais, em ordem decrescente das concentrações médias, a saber,  $HCO_3 \gg Cl > SO_4$ , foi prevalente nas águas monitoradas na área do estudo, se apresentando com frequência de 78% nas águas superficiais e 75% nas águas subterrâneas;
- nas águas superficiais, o nitrato se apresentou em concentrações médias maiores que a de cloreto, apenas na lagoa da Baiana e no canal de irrigação, no ponto de monitoramento de jusante;
- as águas das lagoas do Papudo e da Baiana refletiram as características dos respectivos córregos que as formaram, a saber, os córregos do Papudo e Marinheiro, sob a influência do ambiente lântico;
- as águas das lagoas da Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde se apresentaram com características hidroquímicas que refletiram a influência do meio hidrogeológico cárstico-carbonático;
- no conjunto de águas superficiais e subterrâneas monitoradas na área do estudo, as águas das surgências e da lagoa Capivara se apresentaram com as menores condutividades elétricas e concentrações de sólidos totais dissolvidos;
- nas águas superficiais foram quantificados com frequência, em média, maior que 80% os metais Al, Fe, Ba, Mn e Zn;
- as seqüências de abundância dos metais secundários e traços, em ordem decrescente das concentrações médias, a saber,  $Fe > Zn > Al > Mn > Ba$  e  $Fe > Al > Zn > Mn > Ba$ , foram

- prevalentes nas águas superficiais monitoradas na área do estudo, se apresentando com frequência de 30% cada;
- nas águas subterrâneas foram quantificados com frequência de 75%, em média, os metais Al, Fe, Ba e Zn. O Mn foi quantificado com frequência de 46%, em média, nas surgências e nas cisternas, e com frequência de 27%, em média, nos poços;
  - os metais Pb, Cu, Cd e Cr foram quantificados com frequência, em geral, menores que 25%, em média;
  - nas águas subterrâneas não ocorreu uma sequência de abundância prevalente dos metais secundários e traços;
  - nos corpos d'água lânticos os metais secundários ferro, alumínio e zinco, em média, se apresentaram com concentrações maiores que 50 µg/L, o manganês se apresentou com concentrações, em média, menores que 50 µg/L.
  - as maiores concentrações de alumínio ocorreram na lagoa Capivara, em média, a concentração do metal foi de 0,23 mg/L, nesta lagoa;
  - as maiores concentrações de alumínio na lagoa Capivara foram atribuídas ao fato de sua alimentação ocorrer, em parte, por águas subterrâneas circulação rasa, que percolaram os Latossolos Vermelhos e Vermelhos Amarelos ricos em alumínio, no seu entorno;
  - as quantificações dos metais secundários e traços nas águas superficiais e subterrâneas não caracterizaram a existência de anomalias geoquímicas nos meios hidrogeológicos pelos quais percolaram;
  - as baixas frequências de quantificação do cobre e do chumbo, nas águas subterrâneas monitoradas na área do estudo, foram atribuídas aos limites de detecção elevados, dos métodos analíticos empregados pela DVQA-Copasa;
  - dos metais secundários e traços monitorados o Fe e o Al, em média, ocorreram com concentrações maiores que 200 µg/L e o Zn, em média, com concentrações maiores que 90 µg/L ocorreram em concentrações médias.
  - não considerando os cátions principais, os metais Fe, Al e Zn foram prevalentes nas águas do canal de irrigação;
  - no canal de irrigação, os valores dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvido indicaram a influência das praticas agrícolas, em sua área de influência, no ponto de monitoramento de jusante;

- as águas do córrego Jequitibá se apresentaram menos condutivas e menos salinizadas que as águas dos córregos Forquilha e Marinheiro, fato atribuído à natureza dos terrenos drenados a montante do ponto JEQ-1;
- o ferro se apresentou com concentrações em média maiores que 300 µg/L, o alumínio e o zinco com concentrações, em média, maiores que 100 µg/L, e o Mn com concentrações em média, cerca de 50 µg/L nos córregos Forquilha e Marinheiro;
- as concentrações dos metais secundários e traços verificadas nos córregos Forquilha e Marinheiro, em parte, foram influenciadas por atividades antrópicas realizadas a montantes dos respectivos pontos de monitoramento;
- não houve indicação de poluição das águas do córrego Jequitibá, a montante dos pontos monitorados, por utilização de fertilizantes e corretivos agrícolas;
- a dimensão das séries temporais, relativas aos parâmetros monitorados, não permitiu verificar influências sazonais, no comportamento dos parâmetros determinados;
- as concentrações dos metais secundários e traços, em particular, Al, Fe, Mn, Ba e Zn, em geral, maiores que as médias descritas na literatura, se devem às determinações realizadas em amostras não filtradas e acidificadas, associadas ao intemperismo e à lixiviação mais intensos, do material geológico, em regiões de clima tropical, como a da área do estudo;
- os minerais moscovita, montmorilonita, caulinita, gibbsita, goethita e hematita, característicos de ambientes sob intemperismo de alto grau, foram identificados com frequência maior que 60 %, através do modelamento, nos meios hidrogeológicos na área do estudo;
- a presença do bário nas águas monitoradas é atribuída à associação de minerais de bário, em particular a barita, BaSO<sub>4</sub>, com a willemita, Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>, presentes no meio hidrogeológico no domínio das rochas pelíticas e carbonáticas do Grupo Bambuí e indicados pelo modelamento geoquímico na área do estudo;
- a ocorrência de zinco nas águas superficiais e subterrâneas, monitoradas na área do estudo, em parte, é atribuída à presença de minerais de zinco no meio hidrogeológico e, em parte, à composição de corretivos agrícolas, nos quais se apresenta como impureza;
- as identidades hidroquímicas das águas monitoradas nas surgências e nas cisternas do Barão, da Epamig e do Estábulo correlacionaram, adequadamente, com o seu meio de percolação, a saber, as coberturas detrito-lateríticas representadas pelos Latossolos e afloramentos de saprolitos da Formação Serra de Santa Helena, na área do estudo;

- as águas subterrâneas profundas, monitoradas na área do estudo, apresentaram identidades hidroquímicas que correlacionam, satisfatoriamente, com o seu meio de percolação, no qual estão presentes, os minerais carbonáticos calcita e aragonita, predominantemente, e dolomita, secundariamente;
- as características hidroquímicas e hidrogeoquímicas prevalentes nas águas monitoradas nas cisternas do Restaurante, da Estufa, da Associação corroboram a influencia do meio hidrogeológico pelito-carbonático nessas águas;
- concentrações importantes de nitrato, entre 22 e 44 mg/L, foram verificadas nas águas superficiais e subterrâneas no período de estiagem no ano de 2008;
- as características hidroquímicas prevalentes nas águas monitoradas nas cisternas da Epamig, do Estábulo e da fazenda Marinheiro indicaram impactos das atividades agrícolas e pecuárias realizadas no seu entorno;
- do ponto de vista ambiental e sanitário, as concentrações de amônio verificadas nas águas superficiais e subterrâneas na área do estudo, não indicaram águas poluídas, não considerando os corpos d'água lóticos impactados com esgoto sanitário;
- do ponto de vista ambiental e sanitário, as concentrações de nitrato verificadas nas águas superficiais e subterrâneas na área do estudo, não indicaram águas poluídas;
- a atrazina foi detectada nas águas monitoradas nas zonas de descarga de águas subterrâneas, na área do estudo;
- a atrazina foi detectada nas águas monitoradas na lagoa da Baiana e no córrego Marinheiro e foi quantificada na cisterna da fazenda Marinheiro, o que é indicativo da presença do herbicida, na bacia do referido córrego a montante da lagoa da Baiana;
- a metodologia de amostragem e a frequência se apresentaram ineficientes para a quantificação do herbicida atrazina nas águas superficiais e subterrâneas, na área do estudo;
- a descarga de esgoto sanitário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, não acarretou valores de pH maiores que os observados nos demais corpos d'água lóticos;
- a descarga de esgoto sanitário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá acarretou condutividades elétricas, em média, cerca de 300% maiores que os valores verificados nos corpos d'água não impactados com esgoto, na área do estudo;
- a descarga de esgoto sanitário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá não acarretou concentrações de cálcio, de magnésio e de nitrato maiores que as verificadas nos corpos d'água não impactados com esgoto, na área do estudo;

- a descarga de esgoto sanitário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá acarretou concentrações dos constituintes potássio, sódio, bicarbonato, cloreto e sulfato, em média, 100% maiores, que nos corpos d'água não poluídos por esgoto sanitário,
- os teores de cloreto e de sulfato se apresentaram maiores que os teores de nitrato no córrego Matadouro e no rio Jequitibá;
- a descarga de esgoto sanitário no Matadouro e no rio Jequitibá acarretou concentrações dos metais secundários e traços, cerca de 300% maiores, que nos corpos d'água lóticos não impactados por esgoto sanitário, monitorados na área do estudo;
- a descarga de esgoto sanitário no córrego Matadouro e no rio Jequitibá, não alterou as concentrações dos metais bário, cobre e cromo, que se apresentaram semelhantes às concentrações verificadas nos córregos não impactados por esgoto sanitário, monitorados na área do estudo;
- as águas dos córregos Matadouro e do rio Jequitibá, no ponto de monitoramento, JEQ-3, apresentaram-se fortemente comprometidas em sua qualidade, pela presença de esgoto sanitário urbano.
- nas águas da cisterna da fazenda Marinheiro, o comportamento temporal dos parâmetros pH, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, indicou o aporte de substâncias solúveis e ionizáveis nas águas, em sua área de captação, ou seja, influência de atividades antrópicas;
- a qualidade das águas das cisternas do Estábulo (CIS-6) e da fazenda Marinheiro (CIS-7) refletiram o impacto das atividades pecuárias praticadas no seu entorno;
- a qualidade das águas da cisterna da Epamig (CIS-5) refletiu o impacto de atividades domésticas praticadas no seu entorno;
- as águas dos corpos d'água lóticos, não poluídos com esgoto sanitário, de acordo com o critério de prevalência da pior situação verificada no período, e conforme os índices de contaminação por substâncias tóxicas apresentaram contaminação elevada;
- as águas monitoradas, nos corpos d'água lóticos, não poluídos com esgoto sanitário, de acordo com o índice de qualidade de água, IQA, apresentaram qualidade média e boa;
- os resultados analíticos para as águas dos poços de monitoramento se apresentaram inadequados para caracterização das águas monitoradas, em razão do desenvolvimento insuficiente desses poços;

Do ponto de vista hidroquímico, o presente estudo permitiu estabelecer as seguintes principais características das águas monitoradas:

- as águas monitoradas na lagoa do Papudo se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,3 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $99 \pm 28$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $81 \pm 32$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $0,81 \pm 0,36$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $1,0 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na lagoa da Baiana se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,8 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $235 \pm 22$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $156 \pm 42$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na lagoa Capivara se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,2 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $69 \pm 41$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $62 \pm 32$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $0,68 \pm 0,55$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $0,76 \pm 0,54$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas nas lagoas da Subida da Estação, Olhos d'Água e Poço Verde refletiram a influencia do meio hidrogeológico cárstico-carbonático;
- as águas monitoradas na lagoa Subida da Estação (LAG-2) se apresentaram com as características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,3 \pm 0,3$ ), condutividade elétrica ( $196 \pm 34$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $137 \pm 28$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na lagoa Olhos d'Água se apresentaram com as características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $233 \pm 20$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $155 \pm 22$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na lagoa Poço Verde se apresentaram com as características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $287 \pm 18$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $196 \pm 9$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas a montante no canal de irrigação se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $236 \pm 17$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $168 \pm 21$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,7 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas a jusante no canal de irrigação se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,8 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $222 \pm 21$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $151 \pm 14$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas, a montante (ponto JEQ-1), no do córrego Jequitibá se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,4 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $154 \pm 56$ )

- $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $113 \pm 37$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq/L}$ ;
- as águas monitoradas, a jusante (ponto JEQ-2), no córrego Jequitibá, se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,4 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $142 \pm 25$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $105 \pm 31$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas no córrego Forquilha se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,6 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $229 \pm 17$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $164 \pm 20$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,2 \pm 0,4$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $2,2 \pm 0,3$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas no córrego Marinheiro se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,8 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $217 \pm 18$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $154 \pm 49$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $2,7 \pm 0,5$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas no córrego Matadouro se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $456 \pm 182$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $353 \pm 170$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,0 \pm 0,5$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $3,9 \pm 1,7$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas no rio Jequitibá se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,5 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $407 \pm 133$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $316 \pm 146$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,1 \pm 0,4$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $3,7 \pm 1,3$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas na da cisterna do Barão se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,2 \pm 0,3$ ), condutividade elétrica ( $129 \pm 68$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $98 \pm 45$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $1,3 \pm 0,6$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $1,3 \pm 0,6$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas na cisterna da Epamig se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,3 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $149 \pm 44$ )  $\mu\text{S/cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $117 \pm 39$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $1,2 \pm 0,5$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $1,1 \pm 0,5$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas na do Estábulo se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $6,9 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $235 \pm 22$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $156 \pm 42$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $1,0 \pm 0,5$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $1,1 \pm 0,5$ )  $\text{meq/L}$ ;
  - as águas monitoradas na cisterna do Restaurante se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $247 \pm 17$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $168 \pm 18$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,6 \pm 0,2$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $2,8 \pm 0,2$ )  $\text{meq/L}$ ;



- as águas monitoradas na cisterna da Estufa se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,9 \pm 0,1$ ), condutividade elétrica ( $246 \pm 21$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $173 \pm 20$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,5 \pm 0,7$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,8 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na cisterna da Associação se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,8 \pm 0,1$ ), condutividade elétrica ( $223 \pm 8$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $133 \pm 48$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,1 \pm 0,1$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,5 \pm 0,1$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na cisterna fazenda Marinheiro se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,0 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $369 \pm 72$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $256 \pm 58$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $3,7 \pm 0,6$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $4,0 \pm 0,5$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na surgência da Subida da Estação se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $6,7 \pm 0,6$ ), condutividade elétrica ( $51 \pm 29$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $108 \pm 97$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $0,39 \pm 0,07$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $0,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na surgência da Mata da Usina se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $5,8 \pm 0,6$ ), condutividade elétrica ( $28 \pm 15$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $117 \pm 39$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $0,24 \pm 0,04$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $0,28 \pm 0,05$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas na surgência do NIA se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $6,9 \pm 0,4$ ), condutividade elétrica ( $24 \pm 12$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $156 \pm 42$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $0,11 \pm 0,02$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $0,18 \pm 0,04$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas no poço Matadouro 1 se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $247 \pm 16$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $167 \pm 13$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,6 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,9 \pm 0,1$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas no poço Matadouro 2 se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $245 \pm 16$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e, sólidos totais dissolvidos ( $169 \pm 15$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,7 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,8 \pm 0,2$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas no poço Epamig se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,4 \pm 0,3$ ), condutividade elétrica ( $221 \pm 24$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $140 \pm 29$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $2,4 \pm 0,4$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $2,5 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;
- as águas monitoradas no poço da fazenda Tavares se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $331 \pm 38$ )  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $209 \pm 62$ )  $\text{mg}/\text{L}$ , cálcio ( $3,9 \pm 0,5$ )  $\text{meq}/\text{L}$  e bicarbonato ( $3,8 \pm 0,3$ )  $\text{meq}/\text{L}$ ;

- as águas monitoradas no poço da lagoa Subida da Estação se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,6 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $307 \pm 55$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $212 \pm 71$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,8 \pm 0,8$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $3,4 \pm 1,0$ )  $\text{meq/L}$ ; e,
- as águas monitoradas no poço da lagoa Olhos d'Água se apresentaram com características hidroquímicas, a saber, pH ( $7,7 \pm 0,2$ ), condutividade elétrica ( $231 \pm 15$ )  $\mu\text{S/cm}$ , sólidos totais dissolvidos ( $152 \pm 24$ )  $\text{mg/L}$ , cálcio ( $2,2 \pm 0,2$ )  $\text{meq/L}$  e bicarbonato ( $2,6 \pm 0,3$ )  $\text{meq/L}$ .

## 10 RECOMENDAÇÕES

Com relação à continuidade do projeto em curso, qual seja a investigação do comportamento do nitrato e da atrazina no solo e na água subterrânea, as principais recomendações são:

- continuidade do monitoramento das águas subterrâneas, com atenção particular aos pontos em que a atrazina foi detectada e quantificada;
- implementação de metodologia que permita uma amostragem adequada para análise da atrazina e de seus metabólitos em concentrações da ordem de parte por bilhão, de modo a verificar quantitativamente sua presença ou não, na área do CNPMS.
- incluir as medições de pH, condutividade elétrica e do Eh, *in situ*, que são importantes para a aferição dos resultados e para a modelagem hidrogeoquímica;
- estabelecer um programa de monitoramento para análise dos principais de agrotóxicos usados nos cultivos experimentais praticados no CNPMS;

Para refinar o modelo hidrogeológico proposto por Machado (2011), recomendam-se as seguintes providências:

- examinar e interpretar as aerofotos disponíveis, da área de estudo, identificando as principais estruturas;
- realizar caminhamento em campo, para observação, conferência e descrição, das estruturas pré-estabelecidas, na análise das aerofotos;
- adensar a malha de sondagens, orientada por caminhamentos geológicos, em campo, de acordo com as estruturas definidas;
- estabelecer um programa para retomar as determinações de condutividade hidráulica, em outros pontos das seções já definidas, ou em novas seções, de acordo com a análise estrutural;
- estabelecer um programa de medições de vazões no córrego Jequitibá a montante da área do CNPMS;
- retomar o programa de medições de vazão, nos pontos já selecionados e a sua extensão a outros locais, em particular no córrego Matadouro e no rio Jequitibá;
- estabelecer um programa para monitoramento dos níveis d'água nas lagoas;

- estabelecer um programa para uso de traçadores, a fim de determinar as zonas de fluxo no aquífero cárstico ou cárstico-fissural;

Recomenda-se, fortemente, a realização das análises físico-químicas e mineralógicas das amostras coletadas durante a instalação dos poços de monitoramento e da realização das sondagens a trado, para dar suporte à análise e interpretação hidrogeoquímica.

Sem prejuízo para a qualidade do atual programa de monitoramento, recomenda-se excluir do programa os parâmetros de qualidade de água, para fins de consumo humano e aqueles que não foram quantificados.

Recomenda-se a implantação de um programa de análise de águas no CNPMS, que permita uma gestão adequada dos recursos hídricos locais.

Recomenda-se a implantação de um programa de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas no CNPMS, com frequência quadrimestral, que permita uma gestão adequada dos mananciais de água potável.

Recomenda-se, quando ocorrer a implementação deste programa, a realização das seguintes determinações, *in situ*: pH, condutividade elétrica, alcalinidade bicarbonato, alcalinidade total e oxigênio dissolvido.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELHARD, R.; HOUOT, S.; BARRIUSO, E. Dependence of atrazine degradation on C and N availability in adapted and non-adapted soils. *Soil Biology and Biochemistry*.v. 32. p. 389-401. 2000.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Panorama e Estado dos Recursos Hídricos do Brasil. V. 1Ministério do Meio Ambiente. 2006. Disponível em: < <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/publicações>>. Acesso em março de 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Ministério do Meio Ambiente. Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do BRASIL. Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no BRASIL. Cadernos de Recursos Hídricos.V.5. 2007. 126p. Disponível em: < <http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/publicações>>. Acesso em fevereiro de 2008.

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA–ANVISA. Disponível em: <[www.anvisa.gov.br/SIA](http://www.anvisa.gov.br/SIA)>. Acesso em março 2007.

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA–ANVISA. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias>>. Acesso em julho de 2008.

ALMEIDA, N. F.; PIEDADE, J. R.; SOUZA, D. A. *Química dos Pesticidas*. Ed. Fundo de Pesquisa do Instituto Biológico de São Paulo.1962. 325p.

ANDERSON, G.M.; CRERAR, D. A. *Thermodynamics in Geochemistry. The Equilibrium Model*. Ed. Oxford University Press. New York.1993.588p.

ANDREO, B.; GOLDSCHIEDER, N. ; VADILLO, I.; VIAS, J. M.; NEUKUM, C. ; SINREICH, M.; JIMENEZ, P.; BRECHENMACHER, J.; CARRASCO, F.; HÖTZL, H.; PERLES, M. J.; ZWAHLEN, F. Karst groundwater protection: First application of a Pan-European Approach to vulnerability, hazard and risk mapping in the Sierra de Líbar (Southern Spain) *Science of the Total Environment*. n. 357 p. 54-73.2006.

APPELO, C. A. J.; POSTMA, D. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. 2<sup>a</sup> Ed. London: A. A. Balkema Publishers. 2006. 649p.

ARAÚJO, W. A.; VIANA, O. ILCHEKO, V. VIANA, S. L. O Cálcio Na Agricultura. Segunda Reunião Brasileira da Ciência do Solo. Estado de Minas Gerais. Secretaria da Agricultura, Indústria, Comércio e Trabalho. Departamento de Produção Vegetal. Divisão de Química Agrícola.1950.35p.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R. AMÂNCIO, A. V.; CORREA, R. M. L.; GUERCIO, M.A. Uso de Agrotóxicos em Cana-de-Açúcar na Bacia do Rio Corumbataí e o Risco de Poluição Hídrica. *Química Nova*. v. 28. n 6. p.975-982. 2005

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS–ANDA. Disponível em: < <http://www.anda.org.br/estatísticas>>. Acesso em março de 2011.

AVELLAR, G.; SILVA, A. F. *Novas trilhas no sertão – história da pesquisa agropecuária em Sete Lagoas: das origens à Embrapa*. Embrapa Milho e Sorgo.Sete Lagoas. 2000.183p.

AUSTRALIAN PESTICIDES & VETERINARY MEDICINES AUTHORITY-APVMA. Atrazine Review – Final Review Report & Regulatory Decision Volume 1. Australian Pesticides & Veterinary Medicines Authority.2008. Disponível em: <<http://www.apvma.gov.au/chemrev/chemrev.html>>.

- BARRETO, C. A.; RIBEIRO, H. Agricultura e Meio Ambiente em Rio Verde (GO). Interfacehs. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente. v.3, n.1.p. 1-20. 2008.
- BATISTA, R. C. R. Caracterização Hidrogeológica Ambiental do Entorno do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Embrapa – Sete Lagoas, MG. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente), Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- BETTENCOURT, J. S.; MONTEIRO, L. V. S.; BELLO, R. M. S.; OLIVEIRA, T. F.; JULIANI, C. Metalogênese do Zinco e Chumbo na Região de Vazante-Paracatu, Minas Gerais. IN PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Eds). *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Geologia. Seção de Minas Gerais. SBG-MG. 2001. 349p.
- BENETTI, A.; BIDONE, F. O Meio Ambiente e os Recursos hídricos. In: Tucci, C. E. M. (Org.). *Hidrologia–Ciência e Aplicação*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos–ABRH. Ed. UFRGS. 3ªEd. Porto Alegre. 1993. 943p.
- BRADY, C. N. *The Nature and Properties of Soils*. 8ª Ed. Macmillan Publishing. New York. 1974. 639p.
- BRADY, C. N.; WEIL, R. R. *The Nature and Properties of Soils*. 14ª Ed. Pearson Education Inc. Columbus. 2008. 975p.
- BRANCO, J. J. R. (Ed.). Roteiro para a Excursão Belo Horizonte-Brasília. Contribuição ao XIV Congresso Brasileiro de Geologia. Publicação N° 15. Escola de Engenharia. Instituto de Pesquisas Radioativas. Universidade Federal de Minas Gerais.1961.
- BRASIL, 1989; 2000; Decreto Federal N° 98 916. Disponível em: < [http://www.camara.gov.br/coleção das leis da república 1989-2000](http://www.camara.gov.br/coleção%20das%20leis%20da%20república%201989-2000)>. Acesso em junho de 2008.
- BRASIL, 1989; 2000; Lei Federal N° 7802. Disponível em: <[http://www.camara.gov.br/coleção das leis da república 1989-2000](http://www.camara.gov.br/coleção%20das%20leis%20da%20república%201989-2000)>. Acesso em junho de 2008.
- BRASIL, 2002. Decreto Federal N° 4074. Disponível em: < <http://www.camara.gov.br/legislação>>. Acesso em junho de 2008.
- BRASIL, 2005. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE–MMA; SECRETARIA DO ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS. PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-PNMA II. Aperfeiçoamento do monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas:Avaliação dos resultados 2002 a 2004. Programa Nacional do Meio Ambiente, Unidade Coordenação Estadual. Belo Horizonte.2006. Relatório Final. 212 p.
- BRASIL, 2005. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE–MMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE–CONAMA. RESOLUÇÃO N° 357. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br>>. Acesso em junho de 2008.
- BRASIL, 2008. MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE–MMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE–CONAMA. RESOLUÇÃO N° 396. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br> >. Acesso em março de 2009.
- BRASIL, 2006. Decreto Federal N° 5.981. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/legislação>>. Acesso em junho de 2008.
- BRASIL, 2010. MINISTERIO DAS MINAS E ENERGIA-MME. SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM. Perfil do Minério de Zinco. Relatório Técnico 25. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/sgm>>. Acesso em março de 2011.

- BRITO GALVÃO, T.C. ; SCHULZE, D. G. Mineralogical Properties of a Collapsible Soil from Minas Gerais, Brazil. Soil Science Society of America Journal. V 60. P 1969-1978.1996.
- CABRAL, J. J. S. S.; DEMETRIO, J. G. Aplicação de Modelos em Hidrogeologia. In: FEITOSA, F. C.; FILHO, M., J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G. A. *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: CPRM–Serviço Geológico do Brasil. 2008. 812p.
- CADILLON, M. ; PORTIER, J. *Quelques resultats experimentaux sur le pouvoir epurateur des sols soumis a l'epandage deffluents*. In: *Protection des eaux souterraines capteés pour l'alimentation humaine*. França.Service Geologique National. p. 93-98. 1977.
- CASTRO, E. Comportamento da Concentração de Elementos Químicos Estáveis, em Drenagem Ácida de Resíduos Piritosos de Mineração de Urânio: Uma Perspectiva para o Pós-Fechamento da Mina. 2005. 123 f. Dissertação ( Mestrado em Meio Ambiente), Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2005.
- CASTRO, E; LOUREIRO, C. O. Estudo Hidrogeológico Ambiental, no Entorno da Área Experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo em Sete Lagoas – Minas Gerais: Investigação do Comportamento do Nitrato e da Atrazina, no Solo e na Água Subterrânea. Projeto de Pesquisa. 2007. 30p. (Não Publicado).
- CASTRO, E; LOUREIRO, C. O.; VIANA, J. H. Caracterização Geológica, Hidrogeológica e Hidrogeoquímica Preliminar do Campus da Embrapa em Sete Lagoas, Minas Gerais: Descrição das Atividades de Campo. Centro Nacional de Milho e Sorgo-CNPMS. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Embrapa.Sete Lagoas.2011.154p. (No Prelo)
- CLARK, J. Bacia do São Francisco. Seminário Jurídico-Fiscal e Workshop Técnico da Quarta Rodada de Licitações. Agência Nacional do Petróleo – ANP. Superintendência de Definição de Blocos. [s.d.]. Não paginado.
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS–CPRM. Informações Básicas para a Gestão Territorial: Cidade de Sete Lagoas-MG. Mapeamento geológico da cidade de Sete Lagoas com vistas à aplicação no planejamento urbano. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Belo Horizonte.1994. Relatório Projeto Vida. 75p.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS–COPASA. Coleta de Amostras para Determinação de Nitrogênio (Série Nitrogenada). Sistema de Normalização Técnica. Copasa. MG. 1997.
- COUTINHO, C. F. B.; TANIMOTO, S.T.; GARBELLINI, G. S.; GALLI, A.; TAKAYAMA, M.; AMARAL, R. B.; MAZO, L. H.; AVACA, L.A.; MACHADO, S. A. S. Pesticidas: Mecanismos de Ação, Degradação e Toxidez. Pesticidas. Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Curitiba. v. 15. p. 65. 2005.
- CROSBY, D. G. *Environmental Toxicology and Chemistry*. New York. Oxford University Press. 1998. 336p.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. *Hidrologia subterrânea*. Editora Omega. Barcelona. 1983. 1157p.
- DANA, J. D.; HURLBUT, C. S. *Manual de Mineralogia*. Tradução de Franco, R. R. Rio de Janeiro. Ed. Ao Livro Técnico S.A. Ed. Universidade de São Paulo. V1.V2.1969. 642p
- DEUTSCH, W. J. *Groundwater Geochemistry: Fundamentals and Applications to Contamination*. Boca Raton: Lewis Publishers. 1997. 221p.
- DOMENICO, P. A; SCHWARTZ, F.W. *Physical and Chemical Hydrogeology*. Ed. John Wiley and Sons. New York. NY. 1990. 824p.

- DÖRFLERR, U.; FEICHTZ, E.A.; SCHEUNERTL, I. S-Triazine residues in Groundwater. *Chemosphere*. v. 35. v.112. p. 99-106. 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Plano Diretor da EMBRAPA Milho e Sorgo, 2004 – 2007. Sete Lagoas. 2005.
- ENGEIO SOCIEDADE CIVIL. Colapso de Solo Afetando Edificações na rua Dr. Chassim e Av. Renato Azeredo, em Sete Lagoas-MG. Relatório Técnico.[s.n.d].
- FAURE, G. *Principles and Applications of Geochemistry*. 2ª Ed. New Jersey: Prentice-Hall.1998. 600p.
- FENZL, N. *Introdução à Geoquímica*. Universidade Federal do Pará. Belém.1988.189p.
- FERREIRA C. R. R. P. T.; GONÇALVES, J. S. Evolução e Sazonalidade do Consumo de Fertilizantes no Brasil e nas Unidades da Federação no Período 1987-2005. *Informações Econômicas*. SP. v.37. n.11. 2007.
- FETTER, C.W. *Contaminant Hydrogeology*. New Jersey: Prentice-Hall. 1999. 500 p.
- FILHO, J. M. Contaminação das Águas Subterrâneas In: Feitosa Fernando, A. C.; Filho, J. M. (Coord.). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: CPRM–Serviço Geológico do Brasil. LABHID-Universidade Federal do Pernambuco. UFPE. 1997.412p.
- FILHO, J. M. Contaminação das Águas Subterrâneas In: Feitosa, F. A. C.; Filho, J. M.; Feitosa, E. C.; Carneiro, E.; Demétrio, J. G. (Orgs.). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: CPRM–Serviço Geológico do Brasil. 2008. 812p.
- FILIPPI, E. E. Evolução Econômica e Institucional do Setor Primário no Brasil: Em Direção ao Desenvolvimento Rural.Conferência de Abertura. Workshop Internacional: Políticas públicas e desenvolvimento rural: percepções e perspectivas no Brasil e em Moçambique.Universidade Eduardo Mondlane. Maputo.2006.
- FREITAS, M. R. R. Agrotóxicos: Dados sobre comercialização no País. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. Rio de Janeiro. 2006.
- FRITZSONS, E.; RIZZI, N.; BITTENCOURT, A. V. L.; MANTOVANI, L. E. Estudo do Impacto da Contaminação por Nitrogênio numa Bacia Hidrográfica Cárstica. Editora da UFPR. Boletim Paranaense de Geociências. n. 49. p. 39-52. 2001.
- FUGITA, A. M.; CLARK FILHO, J. G. Recursos Energéticos da Cacia do São Francisco: Hidrocarbonetos Líquidos e Gasosos. In: Pinto, C. P.; Martins-Neto, M. A. (Eds). *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Geologia. Seção de Minas Gerais. SBG-MG. 2001. 349p.
- GARMOUMA, M.; BLANCHARD, M.; CHESTERIKOFF, A.; ANSART, P.; CHEVREUIL, M. Seasonal Transport of Herbicides (Triazines and Phenylureas) in A Small Stream Draining an Agricultural Basin: Milarchez (France). *Water. Research*. v. 31. n. 6. p. 1489-1503. 1997.
- GONÇALES, V. G.; GIAMPÁ, C. E. Q (Eds). *Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos*. 2ª Ed. Signus Editora. São Paulo.2006. 502p.
- GRUPO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO–GCB-IST. O herbicida atrazina. Universidade Técnica de Lisboa. 2005. Disponível em: <<http://e-escola.ist.utl.pt>>. Acesso em 10 de setembro 2008.
- GUIGUER, N. e FRANZ, THOMAS. Visual MODFLOW. Waterloo Hydrogeologic Inc., Waterloo. Canada. 1998.



- HEM, J. D. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 3<sup>a</sup> Ed. United States Geological Survey. Department of the Interior. Alexandria. 1985.272p. Disponível em: <http://pubs.usgs.gov>, Acesso em 4 de fevereiro de 2009.
- HILDEBRANDT, A.; GUILLAMON, M.; LACORTE, S.; TAULER, R.; BARCELO, D. Impact of pesticides used in agriculture and vineyards to surface and groundwater quality (North Spain). *Water Research*.v. 42. p. 3315 – 3326. 2008.
- HILL, J. W.; KOLB, D. K. *Chemistry for Changing Times*. 8<sup>a</sup> Ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey. 1998. 610p.
- HORSWELL, J.; HEDGE, A.; KILLHAM, K. Influence of Plant Carbon on the Mineralization of Atrazine Residues in Soils. *Chemosphere*. v.34, n. 8. p. 1739-1751.1997.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Perfil dos Municípios Brasileiros. Meio Ambiente. 2002. Rio de Janeiro. RJ. 2005. 382p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/estatística por tema](http://www.ibge.gov.br/estatística_por_tema)>. Acesso em julho de 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Produtos Agrotóxicos e Afins Comercializados no Brasil em 2009. Uma Abordagem Ambiental. 2009.
- INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS-MINAS GERAIS-IGA. Mapa da região de Sete Lagoas, 1983.
- JAVARONI, R. C. A.; LANDGRAF, M. D.; REZENDE, M. O. O. Comportamento dos Herbicidas Atrazina e Alaclor Aplicados em Solo Preparado Para o Cultivo de Cana-de-Açúcar. *Química Nova*. v.22, n.1. p.58-64.1999.
- JÚNIOR, S. F. ; BAPTISTA, A. J. M. S.; LIMA, J. E. A Modernização Agropecuária nas Microrregiões do Estado de Minas Gerais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*. Rio de Janeiro. v. 42, n.01. p. 73-89. 2004.
- JUO, A. S. R; FRANZLUEBBERS, K. *Tropical Soils: Properties and Management for Sustainable Agriculture*. New York: Oxford University Press. 2003. 281p.
- KAUFMANN, G. (Coord.). Numerical simulations of karst aquifer evolution. Projeto de Pesquisa. Disponível em: <[HTTP://userpage.fu-berlin.de/geodynamiques](http://userpage.fu-berlin.de/geodynamiques)>. Acesso em: 12 março 2011.
- KRAUSKOPF, K. B. *Introdução à geoquímica*. Tradução de Lando, M. e Bogus, P. S. C. Ed. Universidade de São Paulo. v. I e II. São Paulo.1972
- LAKSHMINARAYAN, P. G.; BOUZAHER, A.; SHOGREN, J. F. Atrazine and Water Quality: An Evaluation of Alternative Policy Options. *Journal of Environmental Management*. v.48. p. 111–126.1996.
- LANGMUIR, D. *Aqueous Environmental Geochemistry*. New Jersey: Prentice Hall. 1997. 600p.
- MACHADO, D. A. Caracterização Hidrogeológica e Vulnerabilidade Natural das Águas Subterrâneas no Entorno do Centro Nacional de Pesquisa Milho e Sorgo - Sete Lagoas/MG. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente), Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.
- MARTINE, G. (Org.). *População, Meio Ambiente e Desenvolvimento: Verdades e Contradições*. 2<sup>a</sup> Ed. Editora Unicamp. Campinas. SP. 2006. 207p.

- MCBRIDE, M. B.; *Environmental Chemistry of Soils*. v1. ed. Nova York: Oxford University Press. 406p. 1994.
- MERKEL, B. J.; PLANER-FRIEDRICH, B.; NORDSTROM, D. K. (Ed). *Groundwater Geochemistry: A Practical Guide to Modeling of Natural and Contaminated Aquatic Systems*. 2ª Ed. Editora Springer-Verlag. Berlim. 2008. 230p.
- MINAS GERAIS, 2008. SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE–SEMAD. Deliberação Normativa Conjunta. Conselho Estadual de Política Ambiental – Conselho Estadual de Recursos Hídricos. COPAM–CERH. MG. Nº 01. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br>>. Acesso em junho de 2008.
- MIRANDA, A. C.; MOREIRA, J. C.; CARVALHO, R.; PERES, F. Neoliberalismo, Uso de Agrotóxicos e a Crise da Soberania Alimentar no Brasil. *Ciência e Saúde Coletiva*. v.1, n.1.p.7-14. 2007
- MOURA, V. P. G. A pesquisa com *Eucalyptus* e *Pinus* na região dos cerrados. In: Simpósio dobre o Cerrado VII: Estratégias de Utilização, 1989, Brasília. Anais. 2ª.ed. rev. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa do Cerrado. EMBRAPA – CPAC. p.183-197.1997.
- NEBEL, B. J.; WRIGHT, R. T. *Environmental Science*. 6ª ed. New Jersey. Prentice-Hall Inc. 1998. 698p.
- NOGUEIRA, MARLY. *A Dinâmica Funcional de um Lugar, na Rede Urbana de Minas Gerais*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2003.
- O'NEIL, P. *Environmental Chemistry*. 3ª Ed. Blackie Academic & Professional. Londres. 1998. 278p.
- OLIVEIRA JR., R. S. Mecanismos de Ação de Herbicidas. Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. [s.d.]
- ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAAS. Repartição Sanitária Pan-Americana. Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Representação do Brasil – Escritório Regional da Organização Mundial de Saúde. Brasília. 1996. 72P.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA-UNESCO. 1º Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida. Paris, Nueva York.. 2003.
- PACÁKOVÁ, V.; ŠTULIK, K.; JISKRA, J. Review High-performance separations in the determination of triazine herbicides and their residues. *Journal of Chromatography* . v. 754. p. 17-31. 1996.
- PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. Solos do Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas características e classificação no novo sistema brasileiro. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. N.5. Rio de Janeiro. RJ. 2002. 92p.
- PARKHURST, DAVID L. E C.C.J. APPELO. User's guide to PHREEQC (Version 2) – A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, one-dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. Water-Resources Investigations Report 99-4259. U.S. Geological Survey. U.S. Department of the Interior. Denver, Colorado, USA. 326 pg. 1999.
- PAULINELLI, A. A Nova Agricultura Tropical . INTENATIONAL WORKSHOP ON TROPICAL AGRICULTURE DEVELOPMENT. 2006.

PEIXOTO, M. F. S. P.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Degradação e formação de resíduos ligados de 14C-atrazina em Latossolo Vermelho Escuro e Glei Húmico. *Scientia Agricola*. V.57 N.1.2000.

PESSOA, P. F. P. *Hidrogeologia dos Aquíferos Cársticos Cobertos da Região de Lagoa Santa, MG*. Tese de Doutorado. 2005. 178 f. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SETE LAGOAS. Informação: Sistema de Captação de Água e Coleta de Esgoto de Sete Lagoas. Secretaria Municipal de Obras Públicas. Sete Lagoas. 2007.

PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. A Bacia do São Francisco – Definição e Base de Dados. In: PINTO, C. P.; MARTINS-NETO, M. A. (Eds). *Bacia do São Francisco: Geologia e Recursos Naturais*. Belo Horizonte. Sociedade Brasileira de Geologia. Seção de Minas Gerais. SBG-MG. 2001. 349p.

POSPISIL, L.; TRSKOVA, R.; ZALIS, S.; COLOMBINI, M. P.; FUOCO, R. Decomposition Products of *s*-Triazine Herbicides by Electron-Transfer in Acidic Aqueous Media. *Microchemical Journal*. v. 54. p. 367-374.1996.

PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE–PNMA II. Aperfeiçoamento do monitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Curso do Rio das Velhas: Avaliação dos Resultados 2002 a 2004. Programa Nacional do Meio Ambiente. Unidade de Coordenação Estadual. Belo Horizonte. 206. Relatório final. 212p.

PROJETO VIDA. Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental: Mapeamento Geológico da Região de Sete Lagoas, Pedro Leopoldo, Matosinhos, Lagoa Santa, Vespaziano, Capim Branco, Prudente Moraes, Confins e Funilândia – Minas Gerais. Relatório Final. Escala 1:50000. 2ª Ed. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. Belo Horizonte. 2003.54p.

PROJETO VIDA. Viabilidade Industrial e Defesa Ambiental: Caracterização geomorfológica. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais-CETEC. Relatório técnico.1994.40P

RAE, J. E.; COOPER, C. S.; PARKER, A.; PETERS, A. Pesticide sorption onto aquifer sediments. *Journal of Geochemical Exploration*. v. 64. p. 263–276.1998.

RAIJ, B. V. Solo e Meio Ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. Ribeirão Preto. 2003. Disponível em <[www.cnpma.embrapa.br/informativo/index.php3](http://www.cnpma.embrapa.br/informativo/index.php3)>. Acesso em fevereiro de 2007.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (ORG). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª Ed. Escrituras Editora. São Paulo.2006. 748p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia Base Para Distinção de Ambientes*. 5ª Ed. Editora UFLA. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2007.322p.

ROSEN, L.; LEGRAN, H. E. Systematic Making of Early Stage Hydrogeologic Conceptual Models. *Groundwater*.V.38.P. 887-893.2000.

SALATI, E.; LEMOS, H. M.; SALATI, E. C. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (ORG). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3ª Ed. Escrituras Editora. São Paulo.2006. 748p.

- SANS, L. M. A. Classificação e Morfologia dos Solos da Região de Sete Lagoas-MG. 1973. 90f. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1973.
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: Feitosa Fernando, A. C.; Filho, J. A. (Eds.). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. Fortaleza: CPRM- Serviço Geológico do Brasil. 1997. Cap. 5. p81–108.
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: Feitosa Fernando, A. C. ; Filho, J. A. Feitosa, E. C.; Demétrio, J. G. A. (Org. Coord.Científica). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. 3ª Ed. Rio de Janeiro: CPRM- Serviço Geológico do Brasil. 2008. Cap. 5.1. p325–357.
- SANTOS, G. S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B. COELHO, M. R.; LUMBREAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ªEd. Embrapa Solos. Rio de Janeiro. RJ. 2006. 306p.
- SCOLARI, D. D. G. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária–Embrapa. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. (s.d.). Disponível em: < [http://www. cpafr. embrapa. br/ publicações/documentos](http://www.cpafr.embrapa.br/publicações/documentos)>. Acesso em julho de 2008.
- SEGURA, J. E. S.; LOUREIRO, C. O. *Avaliação da Vulnerabilidade da Água Subterrânea à Contaminação com Praguicidas - Uma Proposta Metodológica*. 1997. 95f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. MG. 1997.
- SELKER, J. S.; KELLER, C. K.; MCCORD, J. T. *Vadose Zone Processes*. CRC Press LCC. Boca Raton.1999. 339p.
- SERPA, C. L. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia –SEI. Bahia: Análise e Dados.v.1, n. 4.pp.817. 2004.
- SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. Inventário da Flora Nativa de Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T.(Eds.). Mapeamento e Inventário da Flora e dos Reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2006. cap. 5, p.75-278. Disponível em: <<http://www.inventarioflorestal.mg.gov.br>>. Acesso em março de 2011.
- SIGUA, G. C.; ISENSEE, A.R. ;1., SADEGHI, A.M.; IM, G.J. Distribution and transport of atrazine as influenced by surface cultivation, earthworm population and rainfall pattern. *Chemosphere*, v.31, n10. p. 4237- 4242.1995.
- SILVA , E.; FIALHO, A. CORREIA, I.;BURNS, R.; SHAW. A. Combined Bioaugmentation and Biostimulation To Cleanup Soil Contaminated with High Concentrations of Atrazine Environmental. Science and Technology.v. 38. p. 632-637. 2004.
- SILVA, J. C. S.; *Caracterização Hidrogeológica Ambiental da Área de Influência da Mina Lapa Vermelha na Região Cárstica de Lagoa Santa, MG*. 2003. 135f. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. MG. 2003.
- SILVA, L. L. O Papel do Estado no Processo de Ocupação das Áreas de Cerrado entre as Décadas de 60 e 80. Universidade Federal de Uberlândia.Caminhos de Geografia.v.1, n.2. p. 24-36. 2000.
- SIMÕES, M. Métodos Cromatográficos, Volumétricos E Potenciométricos Para Análise Química Quantitativa De Água Subterrânea E Sua Aplicação No Aquífero Cenozóico Da Bacia Do Baixo Tejo, Portugal. *São Paulo, UNESP, Geociências*, v. 27, n. 2, p. 161-169, 2008.
- SOLOMON, K. R.; CARR, J. A.; DU PREEZ, L. H.; GIESY, J. P.; KENDALL, R. J.; SMITH, E. E; VAN DER KRAAK, G. J. Effects of Atrazine on Fish, Amphibians, and

- Aquatic Reptiles: A Critical Review. *Critical Reviews in Toxicology*. V.38, N 9, p.721-772. 2008.
- STUMM, W.; MORGAN, J. J. *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. 3ª Ed. Nova York: John Wiley & Sons. 1996. 1022p.
- SZIKSAY, M. Geoquímica das Águas. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. Boletim IG-USP. São Paulo. 1993.166p.
- TOSATTO, P. “Orville A. Derby: o Pai da Geologia do Brasil”. Departamento Nacional de Produção Mineral–DNPM. Museu de Ciência da Terra. CPRM–Serviço Geológico do Brasil. Rio de Janeiro. 2001.126p.
- TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, IVANILDO; NETTO, O. M. C. Gestão da Água no Brasil. Brasília: UNESCO, 2001.156p.<[www.unesco.br/publicações](http://www.unesco.br/publicações)>. Acesso em março 2007.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME–UNEP. Annual Report 2002. UNEP Publications. Disponível em <<http://www.unep.org/pdf/annualreport>>. Acesso em agosto de 2008.
- UETA, J. ; PEREIRA, N. L. ; SHUHAMA, I. K. ; CERDEIRA, A. L. . Biodegradação de Herbicidas e Biorremediação. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, Brasília – DF. n10, p. 10-13, 1999.
- UETA, J.; SHUHAMA, I. K.; CERDEIRA, A. L. . Biodegradação de herbicidas e biorremediação: microrganismos degradadores de atrazina provenientes de solos da Região do Aquífero Guarani. *Revista Plantio Direto*. V. 24. pp. 25-30. 2001.
- UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO. Water for People Water for Life. Executive Summary of the UN World Water Development Report. Paris. 2003.
- UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. World Population Prospects: The 2006 Revision. United Nations. New York.2007
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY– USEPA. Decision Documents for Atrazine: Interim Reregistration Eligibility Decision for Atrazine. Case No. 0062. 2006.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY–USEPA. Drinking Water Contaminants. Revisão de 2002. Disponível em <<http://www.epa.gov/safewater/contaminants>>. Acesso em agosto de 2008.
- VANLOON, G. W.; DUFFY, S. J. *Environmental Chemistry*. 1ª ed. London: Oxford University Press. 2000.492p.
- VELASQUEZ, L. N. M. ; FANTINEL, L. M. ; CASTILHO, L. ; FERREIRA, E. F. E. ; COSTA, W. D. ; UHLEIN, A. . Experiência de investigação da fluorose dentária relacionada ao consumo de água subterrânea em São Francisco, Minas Gerais aplicação de métodos da geologia médica. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - A gestão integrada e dinâmica de aquíferos: eficiência e agronegócio, 2004, Cuiabá. Anais do XII Congresso Brasileiro de Hidrogeologia. Cuiabá. ABAS, 2004.
- VIANA, J. H. M. *Distribuição Espacial de Atributos Físico-Químicos, Mineralógicos e Micromorfológicos de Latossolos, Visando o Mapeamento de Áreas Produtivas*. 2005. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa. MG. 2005.
- VIANA, V. M. F. C. *Estudo Hidrogeoquímico das Veredas do Rio do Formoso no Município de Buritizeiro, Minas Gerais*. 2006. 55f. Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica e

Aplicada). Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. MG. 2006.

VIEIRA, L. C. *A Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí) e as variações paleoambientais no final do Proterozóico*. Tese de Doutorado. 2007. 257 f. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, SP. 2007.

VON SPERLING, M. *Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios*. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-DESA. Universidade Federal de Minas Gerais. 2007. 588p.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ª Ed. V1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005. 452p.

WEINER, E. R. *Applications of Environmental Aquatic Chemistry: A Practical Guide*. 2ª Ed. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton. 2008. 436p.

WERNICK, E. *Rochas magmáticas: Conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica*. Editora Unesp. São Paulo. 2004. 655p.

WHITE, WILLIAM B. *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrains*. New York: Oxford University Press. 1988. 464p.

ZHU, C.; ANDERSON, G. *Environmental Applications of Geochemical Modeling*. Cambridge University Press. New York. 2002. 284p.

## **12 ANEXOS**

## **ANEXO A – Planos de Monitoramento**



Tabela A1. Plano de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, na área do CNPMS e entorno de maio 2008 a maio 2010.  
Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas e Prudente de Morais - MG

Semana	Dia	ID do Ponto	Caracterização do Ponto	Coordenadas (UTM)		Localização do Ponto
				Leste (m)	Norte (m)	
S1	D1	S1D1-1	Ribeirão Jequitibá	587606	7845500	Bomba do pivô 2 - divisa do CNPMS/EPAMIG
		S1D1-2	Represa	585457	7844045	Represa do Papudo
		S1D1-3	Lagoa	586622	7845771	Lagoa da Subida da Estação
		S1D1-4	Surgências	586420	7845751	Lagoa da Subida da Estação
		S1D1-5	Poço tubular (jorrante)	586535	7845747	Na lagoa da “Subida da Estação”
	D2	S1D2-1	Cisterna	584511	7845068	Na sede da fazenda Marinheiro
		S1D2-2	Córrego Marinheiro	585057	7845706	Ponte na fazenda Marinheiro (Fazenda do pomar)
		S1D2-3	Mina do Nia	584978	7846473	Surgência à esquerda da rodovia, em frente ao NIA
		S1D2-4	Represa da Baiana	585809	7846111	Vertedor
		S1D2-5	Nascente da Mata da Usina	586146	7846970	Acima da usina abandonada
S2	D1	S2D1-1	Cisterna	586881	7848687	Cisterna no escritório do Barão
		S2D1-2	Lagoa Capivara	586995	7848945	Na bomba
		S2D1-3	Lagoa	586569	7849601	Vertedor da lagoa Olhos d'Água
		S2D1-4	Poço tubular (jorrante)	586342	7849779	Poço da lagoa Olhos d'Água
		S2D1-5	Cisterna	586337	7849774	Da associação dos funcionários- lagoa Olhos d'Água
	D2	S2D2-1	Lagoa	589049	7851188	Lagoa Poço Verde
		S2D2-2	Poço tubular	587220	7849786	Cerca de 50 m a Oeste do ponto S2D2-3
		S2D2-3	Poço tubular	587301	7849798	Próximo à Ponte do Matadouro – “Campos Experimentais”
		S2D2-4	Cisterna	587311	7849482	Próxima à entrada principal do restaurante
		S2D2-5	Cisterna	587368	7849633	Ao lado da estufa no escritório dos “Campos Experimentais”
S3	D1	S3D1-2	Cisterna	587736	7847972	Vila EPAMIG – Próximo ao rego d'água
		S3D1-3	Poço	588554	7848624	Sede da Epamig
		S3D1-4	Ribeirão Jequitibá	588461	7849003	Ponte na sede/EPAMIG
		S3D1-5	Cisterna	589759	7848711	Divisa Epamig/CNPMS – próximo da lagoa da Cascata
		S3D1-6	Córrego Forquilha	588743	7848638	Na ponte próxima à sede EPAMIG.
		S3D2-1	Córrego Matadouro	588934	7854667	Ponte sobre o ribeirão na estrada Funilândia-Sete Lagoas
	D2	S3D2-2	Córrego Matadouro	585307	7849640	Ponte no bairro areias - guarita da Associação
		S3D2-3	Poço tubular	585921	7850655	Chegada na sede da fazenda Zé Soares
		S3D2-4	Canal de irrigação	586536	7846202	Antes da horta orgânica
		S3D2-5	Canal de irrigação	587760	7849977	Após a lagoa do Quiosque

Tabela A2. Plano de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, na área do CNPMS e entorno de julho 2010 a julho 2011.  
Embrapa Milho e Sorgo – Sete Lagoas e Prudente de Morais - MG

Semana	Dia	ID do Ponto	Caracterização do Ponto	Coordenadas (UTM)		Alt. (m)	Localização do Ponto	
				Leste (m)	Norte (m)			
S1	D1	PC-01	Montante1	586015	7848046	803	MNA - Montante1 – Alto dos Pinheiros	
		PC-02	Centro Pivot 1	586694	7848060	750	MNA – Centro do Pivot 1	
		PC-03	Centro Pivot 3	586385	7847599	776	MNA - Centro do Pivot 3	
		PC-04	Stress 2	586327	7849069	738	MNA – Próximo ao viaduto sobre a estrada de ferro.	
		PC-05	Capivara1	586628	7848701	729	MNA – A montante da lagoa da Capivara – Lizímetros.	
	D2	PC-06	Capivara2	587063	7848938	715	MNA – Margem da Lagoa da Capivara	
		PC-07	Capivara3 (Piezômetro)	587063	7848938	715	Piezômetro – Margem da Lagoa da Capivara	
		PC-08	Stress 3 - Olhos d'Água	586454	7849510	705	MNA – Margem da Lagoa Olhos d'Água	
		TUBE-2	Poço tubular EMBRAPA 2	586340	7849777	701	(Antigo S2D1-4) - Poço Jorrante– margens da lagoa Olhos	
		CIST-1	Cisterna EMBRAPA 1	586881	7848687	721	(Antigo S2D1-1) - Cisterna em frente ao escritório do Barão	
S2	D1	PC-10	Esg.Quim1	587636	7849437	716	MNA – Quarteirão da sede da EMBRAPA.	
		PC-11	Esg.Quim2	587659	7849432	715	MNA – Quarteirão da sede da EMBRAPA	
		PC-13	Córrego Matadouro	587223	7849794	705	MNA – Próximo da ponte sobre o córrego do Matadouro.	
		TUBE-4	Poço tubular EMBRAPA 4	587300	7849798	705	(Antigo S2D2-3) - Próximo da ponte sobre o córrego do	
		CIST-3	Cisterna EMBRAPA 3	587314	7849488	727	(Antigo S2D2-4) - Próxima à entrada do restaurante	
		D2	PC-09	Lagoa do Trevo	586699	7847137	730	MNA – Margem da Lagoa do Trevo
	PC-12		Stress 1	586243	7848538	756	MNA – Margem da estrada para o Alto dos Pinheiros.	
	PC-14		Portaria	586810	7847588	737	MNA – Próximo da portaria principal da EMBRAPA.	
	PC-15		Cascatinha1	586865	7848200	734	MNA – Entre o ponto PC-14 e o viaduto da estrada de ferro.	
	PC-16		Cascatinha2	587057	7848228	722	MNA – Margem da Lagoa Cascatinha	
	S3		D1	PC-17	Estação Meteorológica	586762	7845385	755
		PC-18		Montante2	586098	7845528	775	MNA – Área Sul, à margem da estrada para Fazenda Mauro.
PC-19		Centro Pivot 2		587155	7845648	734	MNA - Centro Pivot 2	
PC-20		Centro Pivot 4		587256	7846033	731	MNA - Centro Pivot 4	
PC-21		Norte Pivot 4		587265	7846189	725	MNA - Norte Pivot 4	
D2		PC-22	Oeste Pivot 4	587034	7846104	722	MNA - Oeste Pivot 4	
		PC-23	Lagoa Estação	586674	7845777	725	MNA - Margem da estrada da Lagoa da Subida da Estação	
		SURG-1	Surgência	586420	7845751	725	(Antigo S1D1-4) - Lagoa da Subida da Estação	
		TUBE-1	Poço tubular EMBRAPA 1	586535	7845747	724	(Antigo S1D1-5) - Lagoa da Subida da Estação	
		NASC-1	Nascente da Mata da Usina	586146	7846970	753	(Antigo S1D2-5) – a Noroeste da Usina Abandonada	

## **ANEXO B - Organização e Tratamento dos Resultados Analíticos**

## ANEXO B

### ORGANIZAÇÃO E TRATAMENTO DOS RESULTADOS ANALÍTICOS

Apresenta-se a seguir a metodologia de organização e tratamento dos dados analíticos, obtidos de análises físico-químicas e bacteriologias das amostras de águas subterrâneas e superficiais, resultantes do monitoramento na área da Embrapa Milho e Sorgo-CNPMS, em Sete Lagoas, Minas Gerais.

Esses resultados foram reportados pela Divisão de Qualidade de Águas–DVQA, para cada um dos pontos de monitoramento, através de Relatórios de Resultados de Análises–RRA, emitidos pelo Sistema de Qualidade de Água–SICQA, da Copasa.

#### **B.1 Organização dos Resultados Reportados**

Os resultados analíticos recebidos em planilhas impressas e transferidos para planilha eletrônica, no formato do original impresso, com exceção dos parâmetros coliformes totais, CT e Escherichia Coli, EC, que foram deslocados para o final da sequência de parâmetros, de acordo com a lista apresentada na Tabela B.1.

Tabela B.1 Seqüência dos Parâmetros Físicos, Físico-Químicos e Bacteriológicos

Ordem	Parâmetro	Unidade	Ordem	Parâmetro	Unidade
1)	Al	mg/L de Al	24)	Alcalinidade total	mg/L de CaCO <sub>3</sub>
2)	As	mg/L de As	25)	Cloretos	mg/L de Cl
3)	Ba	mg/L de Ba	26)	Condutividade	µS/cm
4)	Pb	mg/L de Pb	27)	Cor	UH
5)	Co	mg/L de Co	28)	DBO	mg/L de O
6)	Cu	mg/L de Cu	29)	DQO	mg/L de O
7)	Cr	mg/L de Cr	30)	Dureza total	mg/L de CaCO <sub>3</sub>
8)	Cd	mg/L de Cd	31)	Fenóis	mg/L
9)	Ca	mg/L de Ca	32)	Nitrato	mg/L de N
10)	Fe total	mg/L de Fe	33)	Nitrito	mg/L de N
11)	Mn total	mg/L de Mn	34)	Nitrogênio Amoniacal	mg/L de N
12)	Hg	mg/L de Hg	35)	Nitrogênio Total	mg/L de N
13)	Se	mg/L de Se	36)	Oxigênio Dissolvido	mg/L de O
14)	Zn	mg/L de Zn	37)	Sulfatos	mg/L de SO <sub>4</sub>
15)	Óleos e Graxas	mg/L	38)	Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L
16)	Silica	mg/L de SiO <sub>2</sub>	39)	Turbidez	UT
17)	Fosfato	mg/L de P	40)	pH	
18)	N orgânico	mg/L de N	41)	F	mg/L de F
19)	Mg	mg/L de Mg	42)	Sulfetos	mg/L de S <sup>2-</sup>
20)	K	mg/L de K	43)	Coliformes totais	NMP/100mL
21)	Na	mg/L de Na	44)	Escherichia coli	NMP/100mL
22)	Acidez total	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	45)	Atrazina	µg/L
23)	Alcalinidade bicarbonato	mg/L de CaCO <sub>3</sub>			

Os resultados reportados nos RRA, para cada mês de monitoramento e na seqüência dos parâmetros descrita na Tabela A.1 foram organizados da seguinte forma:

- uma planilha eletrônica denominada “Original”, constituída de 25 quadros, correspondentes aos 25 meses de monitoramento compreendendo, cada um, 45 linhas de parâmetros e 30 colunas de resultados de análises, correspondentes aos 30 pontos de monitoramento, na qual os resultados das análises laboratoriais de cada mês foram digitados. No cabeçalho de cada quadro, em duas linhas, estão a denominação dos pontos monitorados e a data de amostragem;
- cópia da planilha “Original” denominada “Transposta”, na qual foi feita a transposição do formato da planilha “Original”, ou seja, a primeira e segunda colunas passaram a conter os pontos de amostragem e datas de amostragem e o cabeçalho os parâmetros monitorados, mantendo-se a seqüência mensal de resultados por ponto de monitoramento;

Esta transposição foi necessária pelo fato do aplicativo computacional AcquaChem<sup>®</sup> exigir que o cabeçalho da planilha de entrada dos resultados, seja constituído de informações de processamento, tais como coordenadas do ponto de amostragem, data, litologia, parâmetros físicos e físico-químicos e outras informações que se fizerem necessárias.

- cópia da planilha “Transposta”, originando uma terceira planilha, denominada “Pontos”, na qual os resultados encontram-se agrupados, conforme a seqüência mensal de amostragem nos pontos de monitoramento. Desta forma, organizou-se o conjunto de 30 quadros de resultados, referentes a cada ponto de monitoramento, na seqüência mensal de execução da amostragem;
- cópia da planilha “Pontos” reorganizada em uma seqüência, de acordo com a natureza dos pontos de monitoramento, constituindo a planilha “Pontos Agrupados”, na qual os resultados estão na ordem canal de irrigação, córregos, lagoas, cisternas, poços tubulares e surgências; e,
- cópia da planilha “Pontos Agrupados”, na qual foram introduzidas colunas correspondentes aos resultados obtidos pela aplicação dos fatores estequiométricos apresentados na Tabela B.1, no Anexo B, resultando a planilha “Pontos Agrupados-Modificada”.

Este conjunto de cinco planilhas está organizado em um único arquivo, constituindo o “Banco Original de Dados”.

Para manter a integridade deste banco de dados, é necessário copiar a planilha desejada para utilização dos resultados.

Na elaboração do “Banco Original de Dados” evitou-se a utilização de automatismos de procedimentos, para minimizar a propagação de erros de digitação dos resultados.

A planilha “Pontos Agrupados Modificada” está reproduzida no Anexo B, na forma das tabelas de resultados de análises.

Para o tratamento inicial dos dados desdobrou-se uma cópia da planilha “Pontos Agrupados-Modificada”, em seis outras planilhas, em dois arquivos distintos, um para as águas subterrâneas, contendo as planilhas “Cisternas”, “Poços” e “Surgências” e outro para as águas superficiais, contendo as planilhas “Canal”, “Córregos” e “Lagoas”.

## ***B.2 Avaliação dos Resultados Reportados***

Inicialmente o conjunto de resultados foi avaliado considerando-se, para cada parâmetro monitorado, os seguintes indicadores: número de resultados previstos, número de resultados reportados, não reportados e que faltaram; e, número determinações, de quantificações e de não quantificações.

Foram considerados como “resultados não reportados” quando observada a completa falta de resultados laboratoriais para o ponto de monitoramento, em uma determinada data de coleta. Isto ocorreu, nos casos em que não houve coleta de amostras no ponto em questão. Foram considerados como “resultados faltantes”, quando em uma seqüência de resultados reportados, do ponto de amostragem, faltaram resultados de algum dos parâmetro.

Na execução de um plano de monitoramento, do porte do que foi realizado, as perdas de amostras, de resultados e a falta de amostragem, deveriam ser minimizadas ou mesmo não ocorrer, pois podem prejudicar as avaliações que se quer fazer, com relação à hidroquímica e à qualidade das águas.

Os resultados desta avaliação, para as amostras de águas subterrâneas e superficiais, estão apresentados nas Tabelas B.2 a B.4, como frequências absolutas. As faltas levantadas na planilha analisada foram conferidas nos RRA.

Tabela B.2 Levantamento Preliminar dos Resultados Reportados

<b>Águas Subterrâneas</b>							
	Visitas Previstas	Resultados Previstos	Visitas realizadas	Resultados estimados	Resultados não reportados	Resultados reportados	Resultados faltantes
<b>Cisternas</b>							
S1D2-1	25	1125	21	945	180	929	16
S2D1-1	25	1125	23	1035	90	1021	14
S2D1-5	25	1125	25	1125	-	1055	70
S2D2-4	25	1125	24	1080	45	1069	11
S2D2-5	25	1125	24	1080	45	1055	25
S3D1-2	25	1125	25	1125	-	1111	14
S3D1-5	25	1125	25	1125	-	1112	13
Sub total	175	7875	167	7515	360	7352	163
<b>Poços tubulares</b>							
S1D1-5	25	1125	23	1035	90	1024	11
S2D1-4	25	1125	25	1125	-	1112	13
S2D2-2	25	1125	22	990	135	974	16
S2D2-3	25	1125	24	1080	45	1062	18
S3D1-3	25	1125	25	1125	-	1094	31
S3D2-3	25	1125	24	1080	45	1043	37
Sub total	150	6750	143	6435	315	6309	126
<b>Surgências</b>							
	Visitas Previstas	Resultados Previstos	Visitas realizadas	Resultados estimados	Resultados não reportados	Resultados reportados	Resultados faltantes
S1D1-4	25	1125	23	1035	90	1025	10
S1D2-3	25	1125	24	1080	45	1061	19
S1D2-5	25	1125	18	810	315	795	15
Sub total	75	3375	65	2925	450	2881	44
<b>Águas Superficiais</b>							
<b>Córregos</b>							
S1D1-1	25	1125	24	1080	45	1068	12
S1D2-2	25	1125	24	1080	45	1059	21
S3D1-4	25	1125	25	1125	0	1108	17
S3D1-6	21	945	20	900	45	887	13
S3D2-1	25	1125	25	1125	0	1107	18
S3D2-2	25	1125	25	1125	0	1107	18
Totais	146	6570	143	6435	135	6336	99
<b>Lagoas</b>							
S1D1-2	25	1125	24	1080	45	1069	11
S1D1-3	25	1125	24	1080	45	1067	13
S1D2-4	25	1125	24	1080	45	1051	29
S2D1-2	25	1125	25	1125	0	1110	15
S2D1-3	25	1125	25	1125	0	1107	18
S2D2-1	25	1125	16	720	405	713	7
Totais	150	6750	138	6210	540	6117	93
<b>Canal de Irrigação</b>							
S3D2-4	25	1125	25	1125	0	1097	28
S3D2-5	25	1125	25	1125	0	1098	27
Totais	50	2250	50	2250	0	2195	55

As frequências percentuais de resultados perdidos, em relação à expectativa inicial, foram as seguintes: 6,6% no subconjunto cisternas; 6,5% no subconjunto poços tubulares, 14,6% no

subconjunto surgências; 3,6% no subconjunto córregos; 9,4% no subconjunto lagoas, e, 2,4% no subconjunto canal de irrigação,

Para as amostras de águas subterrâneas, a perda de resultados foi mais significativa no subconjunto das surgências, especialmente para a surgência S1D2-5. Também houve uma perda significativa de resultados nas amostras da cisterna S1D2-1. Enquanto que para as águas superficiais, a perda de resultados foi mais significativa no subconjunto das lagoas, especialmente para as amostras da lagoa S2D2-1.

Considerando o total de resultados pode-se afirmar que, em geral, o número de resultados perdidos não foi expressivo. Entretanto, isoladamente, ocorreu uma perda importante de resultados dos pontos S1D2-1 e S1D2-5, do subconjunto águas subterrâneas e do ponto S2D2-1, do subconjunto águas superficiais.

Na Tabela B.3 estão reportadas as frequências absolutas para os indicadores determinações, D, não quantificações, N, e quantificações, Q, para os parâmetros monitorados, em cada ponto de amostragem de águas subterrâneas, para os subconjuntos cisternas, poços tubulares e surgências, os respectivos totais estão dados em frequências percentuais.

Tabela B.3 Águas Subterrâneas: determinações, não quantificações e quantificações

Ponto	Cisternas												Totais (%)											
	S1D2-1			S2D1-1			S2D1-5			S2D2-4			S2D2-5			S3D1-2			S3D1-5			D	N	Q
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Al	21	3	18	23	3	20	24	10	14	24	13	11	23	9	14	25	7	18	25	13	12	94	35	65
As	21	18	3	23	22	1	24	24	0	24	23	1	23	23	0	25	25	0	25	25	0	94	97	3
Ba	20	0	20	23	5	18	24	7	16	24	8	16	23	4	19	25	7	18	25	1	24	94	20	80
Pb	20	19	1	23	20	3	24	21	3	24	17	7	23	17	6	25	24	1	24	23	1	93	87	13
Co	20	15	5	23	22	1	24	24	0	24	24	0	23	23	0	25	25	0	25	25	0	94	96	4
Cu	21	18	3	23	19	4	24	22	2	24	21	3	23	18	5	25	24	1	25	23	2	94	88	12
Cr	20	15	5	23	17	6	24	16	8	24	17	7	23	18	5	25	19	6	25	21	4	94	75	25
Cd	20	17	3	23	20	3	24	23	1	24	21	3	23	22	1	25	22	3	25	23	2	94	90	10
Ca	21	0	21	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	25	0	25	25	0	25	94	0	10
Fe	21	0	21	23	2	21	24	9	15	23	7	16	23	13	10	25	8	17	25	8	17	94	29	71
Mn	21	3	18	23	11	12	24	20	4	24	19	5	23	10	13	25	18	7	25	13	12	94	57	43
Hg	21	21	0	23	23	0	24	24	0	24	24	0	23	23	0	25	24	1	25	25	0	94	99	1
Se	21	21	0	23	23	0	24	24	0	24	24	0	23	23	0	25	25	0	25	25	0	94	100	0
Zn	21	0	21	23	7	16	25	2	22	24	1	23	23	1	22	25	13	12	25	9	16	95	20	80
Óleos-Graxas	21	11	10	23	9	14	25	12	13	24	12	12	24	12	12	23	11	12	25	15	10	94	50	50
Silica	20	0	20	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10
Fosfato	21	21	0	23	22	1	25	25	0	24	24	0	24	24	0	25	22	3	25	25	0	95	98	2
N orgânico	21	20	1	23	22	1	25	25	0	24	24	0	24	24	0	25	24	1	25	25	0	95	98	2
Mg	21	0	21	23	0	23	10	0	10	23	0	23	23	0	23	25	0	25	25	0	25	86	0	10
K	21	0	21	23	3	20	10	1	9	24	2	22	24	2	22	25	1	24	25	0	25	87	6	94
Na	21	1	20	23	11	12	11	7	4	24	10	14	24	9	15	25	1	24	25	2	23	87	27	73
Acidez total	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q



Tabela B.3 Continuação

Cisternas																											
Ponto	S1D2-1			S2D1-1			S2D1-5			S2D2-4			S2D2-5			S3D1-2			S3D1-5			Totais					
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Alc. Bicarb.	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10			
Alc. Total	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10			
Cloretos	21	3	18	23	7	16	25	7	18	24	5	19	24	5	19	25	2	23	25	1	24	95	18	82			
CE	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10			
Cor	21	0	21	23	0	23	25	3	22	24	2	22	24	2	22	25	0	25	25	0	25	95	4	96			
DBO	21	0	21	23	0	23	25	1	24	24	0	24	24	0	24	25	3	22	25	2	23	95	4	96			
DQO	21	2	19	23	6	17	25	7	18	24	5	19	24	6	18	25	5	20	25	10	15	95	25	75			
Dureza total	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10			
Fenóis	21	21	0	23	23	0	25	25	0	24	24	0	24	24	0	25	25	0	25	25	0	95	100	0			
Nitrato	21	2	19	23	5	18	25	12	13	24	6	18	24	4	20	25	10	15	25	3	22	95	25	75			
Nitrito	21	20	1	23	21	2	25	25	0	24	23	1	24	23	1	25	23	2	25	23	2	95	95	5			
N NH3	21	1	20	23	0	23	25	1	24	24	2	22	24	1	23	25	2	23	25	2	23	95	5	95			
N Total	21	2	19	23	0	23	25	3	22	24	4	20	24	1	23	25	3	22	25	3	22	95	10	90			
OD	21	0	21	23	1	22	25	0	25	24	1	23	24	1	23	25	0	25	25	0	25	95	2	98			
Sulfatos	21	5	16	23	14	9	25	22	3	24	17	7	24	16	8	25	13	12	25	18	7	95	63	37			
STD	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10			
Turbidez	21	0	21	23	0	23	25	0	23	24	0	24	24	0	24	25	1	24	25	0	25	95	1	98			
pH	21	0	21	23	0	23	25	0	25	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	95	0	10			
F	21	6	15	23	8	15	25	22	3	24	15	9	24	16	8	25	7	18	25	22	3	95	57	43			
Sulfetos	21	21	0	23	23	0	25	25	0	24	24	0	24	24	0	25	24	1	25	25	0	95	100	0			
C.Totais	20	3	17	23	0	23	25	1	25	25	1	24	24	0	24	25	1	24	25	1	24	95	4	96			
E. Coli	20	2	18	23	1	22	25	4	21	24	5	19	24	4	20	25	5	20	25	5	20	95	16	84			
Atrazina	13	12	1	10	10	0	12	12	0	14	14	0	14	14	0	13	13	0	13	13	0	51	99	1			

Poços Tubulares

Ponto	S1D1-5			S2D1-4			S2D2-2			S2D2-3			S3D1-3			S3D2-3			Totais (%)					
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Al	23	7	16	25	8	17	22	12	10	24	13	11	25	8	17	24	8	16	95	39	61			
As	23	23	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	25	0	24	24	0	95	100	0			
Ba	23	1	22	25	10	15	22	6	16	23	6	17	25	4	21	24	2	22	95	20	80			
Pb	23	16	7	25	19	6	22	17	5	24	20	4	24	24	0	24	22	2	95	83	17			
Co	23	23	0	25	24	1	22	22	0	24	24	0	25	25	0	24	24	0	95	99	1			
Cu	23	19	4	25	22	3	22	19	3	24	20	4	24	24	0	24	19	5	95	87	13			
Cr	23	16	7	25	17	8	22	18	4	24	18	6	25	19	6	24	18	6	95	74	26			
Cd	23	19	4	25	21	4	22	21	1	24	20	4	25	24	1	24	23	1	95	90	10			
Ca	23	0	23	24	0	24	22	0	22	24	0	24	24	0	24	24	0	24	95	0	99			
Fe	23	13	10	24	8	16	22	14	8	24	11	13	25	1	24	24	4	20	95	36	64			
Mn	23	18	5	25	24	1	22	16	6	24	19	5	25	14	11	24	19	5	95	77	23			
Hg	23	23	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	25	0	24	24	0	95	100	0			
Se	23	23	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	24	1	24	24	0	95	99	1			
Zn	23	6	17	25	1	24	22	7	15	24	3	21	25	6	19	24	0	24	95	16	84			
Óleos-Graxas	23	11	12	24	13	11	22	15	7	24	13	11	25	11	14	24	11	13	95	52	48			
Silica	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	25	0	25	24	0	24	95	0	100			
Fosfato	23	23	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	23	2	23	22	1	95	98	2			
N org	23	23	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	25	0	23	22	1	95	99	1			
Mg	23	1	22	25	0	25	21	0	21	23	0	23	25	1	24	23	0	23	93	1	99			
K	22	0	22	25	1	24	22	1	21	24	3	21	25	0	25	23	0	23	95	4	96			
Na	23	2	21	25	13	12	22	8	14	24	8	16	25	2	23	23	17	6	95	35	65			
Acidez total	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			
Alc. Bicarb.	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			
Alc. Total	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Tabela B.3 Continuação

Poços Tubulares																								
Ponto	S1D1-5			S2D1-4			S2D2-2			S2D2-3			S3D1-3			S3D2-3			Totais (%)					
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Cloretos	23	5	18	25	6	19	22	4	18	24	4	20	24	6	18	23	5	18	94	21	79			
CE	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			
Cor	23	3	20	25	3	22	22	3	19	24	2	22	24	0	24	23	2	21	94	9	91			
DBO	23	0	23	25	1	24	22	1	21	24	0	24	25	1	24	24	0	24	95	2	98			
DQO	23	7	16	25	7	18	22	5	17	24	3	21	25	10	15	23	5	18	95	26	74			
Dureza total	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			
Fenóis	23	23	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	25	0	23	23	0	95	100	0			
Nitrato	23	5	18	25	11	14	22	5	17	24	9	15	24	11	13	23	9	14	94	35	65			
Nitrito	23	23	0	25	23	2	22	22	0	24	21	3	24	24	0	23	22	1	94	96	4			
N-NH3	23	0	23	25	2	23	22	0	22	24	1	23	25	1	24	23	1	22	95	4	96			
N total	23	1	22	25	2	23	22	1	21	24	2	22	25	3	22	23	2	21	95	8	92			
OD	23	0	23	25	1	24	22	0	22	24	0	24	25	0	25	23	0	23	95	1	99			
Sulfatos	23	11	12	25	19	6	22	15	7	24	17	7	24	19	5	23	12	11	94	66	34			
STD	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			
Turbidez	23	0	23	25	0	25	21	0	21	23	0	23	24	0	24	22	0	22	93	1	99			
pH	23	0	23	25	0	25	22	0	22	24	0	24	24	0	24	23	0	23	94	0	100			
F	22	17	5	25	20	5	22	11	11	24	15	9	25	2	23	23	0	23	95	46	54			
Sulfetos	22	22	0	25	25	0	22	22	0	24	24	0	25	25	0	23	23	0	94	100	0			
C. Totais	23	2	21	24	1	23	19	0	19	22	2	20	22	0	22	24	0	24	90	4	96			
E. Coli	23	2	21	25	6	19	21	3	18	22	5	17	23	4	19	24	6	18	92	19	81			
Atrazina	13	13	0	12	12	0	12	12	0	13	13	0	12	12	0	11	11	0	49	100	0			

## Surgências

Ponto	S1D1-4			S1D2-3			S1D2-5			Totais (%)		
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Al	23	2	21	24	1	23	18	3	15	87	9	91
As	23	23	0	24	24	0	18	18	0	87	100	0
Ba	23	8	15	23	4	19	17	8	9	84	32	68
Pb	23	18	5	23	19	4	17	13	4	84	79	21
Co	23	23	0	23	22	1	17	17	0	84	98	2
Cu	23	19	4	24	21	3	18	17	1	87	88	12
Cr	23	17	6	23	17	6	17	12	5	84	73	27
Cd	23	18	5	23	21	2	17	13	4	84	83	17
Ca	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Fe	23	7	16	24	9	15	18	0	18	87	25	75
Mn	23	16	7	24	13	11	18	5	13	87	52	48
Hg	23	23	0	24	22	2	18	18	0	87	97	3
Se	23	23	0	24	24	0	18	18	0	87	100	0
Zn	23	4	19	24	8	16	18	2	16	87	22	78
Silica	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	45	55
Óleos-Graxas	23	12	11	24	10	14	18	7	11	87	0	100
Fosfato	23	23	0	24	24	0	18	18	0	87	100	0
N org	23	23	0	24	24	0	18	17	1	87	98	2
Mg	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
K	23	5	18	24	6	18	18	3	15	87	22	78
Na	23	8	15	24	15	9	18	9	9	87	49	51
Acidez total	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Alc. HCO3	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Alc. Total	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Cloretos	23	4	19	24	4	20	18	2	16	87	15	85
CE	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Tabela B.3 Continuação

Ponto	Surgências									Totais (%)		
	S1D1-4			S1D2-3			S1D2-5			D	N	Q
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Cor	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
DBO	23	1	22	24	0	24	18	0	18	87	2	98
DQO	23	3	20	24	3	21	18	2	16	87	12	88
Dureza total	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Fenóis	23	23	0	24	24	0	18	18	0	87	100	0
Nitrato	23	5	18	24	11	13	18	7	11	87	35	65
Nitrito	23	23	0	24	23	1	18	18	0	87	98	2
N-NH3	23	0	23	24	0	24	18	1	17	87	2	98
N Total	23	2	21	24	3	21	18	3	15	87	12	88
OD	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Sulfatos	23	15	8	24	15	9	18	11	7	87	63	37
STD	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
Turbidez	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
pH	23	0	23	24	0	24	18	0	18	87	0	100
F	23	19	4	24	24	0	18	16	2	87	91	9
Sulfetos	22	22	0	24	24	0	18	18	0	85	100	0
C. Totais	23	3	20	23	0	23	17	1	16	84	6	94
E. Coli	23	0	23	23	3	20	17	1	16	84	6	94
Atrazina	14	14	0	12	12	0	10	10	0	48	100	0

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Na Tabela B.4 são apresentados as freqüências absolutas de determinação, D, não quantificação, N, e quantificação, Q, para os parâmetros monitorados, em cada ponto de amostragem de águas superficiais, para os subconjuntos canal de irrigação, córregos e lagoas, os respectivos totais estão dados em freqüências percentuais.

Tabela B.4 Águas Superficiais: determinações, não quantificações e quantificações

Ponto	Canal de irrigação								
	S3D2-4			S3D2-5			Totais		
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Al	25	4	21	25	5	20	100	18	82
As	24	23	1	23	23	0	94	98	2
Ba	25	5	20	25	4	21	100	18	82
Pb	23	18	5	25	20	5	96	79	21
Co	24	24	0	24	24	0	96	100	0
Cu	24	21	3	25	18	7	98	80	20
Cr	25	18	7	25	21	4	100	78	22
Cd	25	19	6	25	19	6	100	76	24
Ca	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Fe	25	1	24	25	3	22	100	8	92
Mn	25	11	14	25	17	8	100	56	44
Hg	24	24	0	24	24	0	96	100	0
Se	25	25	0	25	25	0	100	100	0
Zn	25	4	21	25	5	20	100	18	82
Óleos e Graxas	25	12	13	25	13	12	100	50	50
Silica	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Fosfato	25	25	0	25	25	0	100	100	0
N org	25	24	1	25	25	0	100	98	2

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Tabela B.4 Continuação

Canal de irrigação									
Ponto	S3D2-4			S3D2-5			Totais		
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Mg	25	0	25	25	0	25	100	0	100
K	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Na	24	15	9	24	14	10	96	60	40
Acidez total	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Alc. Bicarb.	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Alc. Total	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Cloretos	25	5	20	25	5	20	100	20	80
CE	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Cor	25	1	24	25	0	25	100	2	98
DBO	24	0	24	25	0	25	98	0	100
DQO	25	6	19	25	2	23	100	16	84
Dureza total	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Fenóis	25	25	0	25	25	0	100	100	0
Nitrato	25	10	15	25	11	14	100	42	58
Nitrito	25	25	0	25	25	0	100	100	0
N-NH3	25	1	24	25	0	25	100	2	98
N Total	24	2	22	24	0	24	96	4	96
OD	25	0	25	25	0	25	100	0	100
Sulfatos	25	20	5	24	19	5	98	80	20
STD	25	0	25	24	0	24	98	0	100
Turbidez	25	0	25	25	0	25	100	0	100
pH	25	0	25	25	0	25	100	0	100
F	23	18	5	23	19	4	92	80	20
Sulfetos	25	25	0	25	25	0	100	100	0
Coliformes Totais	23	4	19	23	3	20	92	15	85
Escherichia Coli	24	0	24	24	0	24	96	0	100
Atrazina	11	11	0	11	11	0	44	100	0

Córregos

Ponto	S1D1-1			S1D2-2			S3D1-4			S3D1-6			S3D2-1			S3D2-2			Totais		
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Al	24	3	21	24	3	21	25	5	20	20	4	16	25	0	25	25	3	22	95	13	87
As	24	24	0	24	24	0	25	25	0	20	20	0	25	20	5	25	21	4	95	94	6
Ba	24	0	24	23	1	22	25	2	23	20	1	19	25	1	24	25	1	24	95	4	96
Pb	24	16	8	23	16	7	25	22	3	20	17	3	25	13	11	25	16	9	95	70	29
Co	24	23	1	23	22	1	25	25	0	20	20	0	25	23	2	25	25	0	95	97	3
Cu	24	20	4	24	20	4	25	22	3	20	17	3	25	14	11	25	15	10	95	76	24
Cr	24	17	7	23	16	7	25	20	5	20	15	5	25	15	10	25	14	11	95	68	32
Cd	24	17	7	23	18	5	25	20	5	20	15	5	25	12	13	25	16	9	95	69	31
Ca	24	0	24	24	0	24	25	0	25	19	0	19	25	0	25	25	0	25	95	0	100
Fe	24	0	24	24	1	23	25	1	24	20	1	19	25	1	24	25	1	24	95	3	97
Mn	24	5	19	24	6	18	25	5	20	20	3	17	25	1	24	25	1	24	95	15	85
Hg	24	24	0	24	24	0	25	25	0	20	20	0	25	24	0	25	25	0	95	99	0
Se	24	24	0	24	24	0	25	25	0	20	20	0	25	25	0	25	25	0	95	100	0
Zn	24	3	21	24	2	22	25	4	21	20	2	18	25	0	25	25	1	24	95	8	92
Óleos e Graxas	24	12	12	24	10	14	25	12	13	20	11	9	25	4	21	25	3	22	95	36	64
Silica	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	1	19	25	0	25	25	0	25	95	1	99
Fosfato	24	23	1	24	24	0	24	22	2	20	19	1	25	4	21	25	4	21	95	68	32
N org	24	24	0	24	24	0	24	23	1	20	20	0	25	0	25	25	1	24	95	65	35
Mg	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100
K	24	0	24	24	1	23	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	1	99

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Tabela B.4 Continuação

Córregos																								
Ponto	S1D1-1			S1D2-2			S3D1-4			S3D1-6			S3D2-1			S3D2-2			Totais					
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Na	24	3	21	24	2	22	25	1	24	20	2	18	25	0	25	25	0	25	95	6	94			
Acidez total	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
Alc. Bicarb.	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
Alc. Total	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
Cloretos	24	4	20	24	5	19	25	4	21	20	3	17	25	0	25	25	0	25	95	11	89			
CE	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
Cor	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
DBO	24	0	24	24	0	24	24	1	23	20	2	18	24	0	23	24	0	24	93	2	97			
DQO	24	2	22	23	5	18	25	5	20	19	2	17	25	0	24	25	0	25	94	10	89			
Dureza total	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
Fenóis	24	24	0	24	24	0	25	25	0	20	20	0	25	24	1	25	24	1	95	99	1			
Nitrato	24	3	21	24	4	20	25	7	18	20	8	12	25	7	18	25	7	18	95	25	75			
Nitrito	24	23	1	24	24	0	25	15	10	20	15	5	25	15	10	25	18	7	95	77	23			
N-NH3	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	1	19	25	0	25	25	0	25	95	1	99			
N Total	24	4	20	23	1	22	24	1	23	20	2	18	25	0	25	25	0	25	94	6	94			
OD	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	8	17	25	8	17	95	11	89			
Sulfatos	24	11	13	24	16	8	25	13	12	20	8	12	25	1	24	25	1	24	95	35	65			
STD	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	1	19	25	0	25	25	0	25	95	1	99			
Turbidez	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	1	19	25	0	25	25	0	25	95	1	99			
pH	24	0	24	24	0	24	25	0	25	20	0	20	25	0	25	25	0	25	95	0	100			
F	23	17	6	24	17	7	24	16	8	20	6	14	25	1	24	25	0	25	94	40	60			
Sulfetos	23	23	0	24	24	0	25	25	0	20	20	0	24	24	0	24	24	0	93	100	0			
Coliformes Totais	24	2	22	23	6	17	25	3	22	20	1	19	24	1	23	24	5	19	93	13	87			
Escherichia Coli	24	0	24	23	0	23	25	2	23	20	0	20	24	0	24	24	2	22	93	3	97			
Atrazina	14	14	0	12	12	0	13	13	0	9	9	0	11	11	0	11	11	0	47	100	0			

Lagoas

Lagoas																								
Ponto	S1D1-2			S1D1-3			S1D2-4			S2D1-2			S2D1-3			S2D2-1			Totais (%)					
Parâmetro	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Al	24	2	22	24	3	21	24	3	21	25	2	23	25	7	18	16	5	11	92	16	84			
As	24	23	1	24	23	1	24	24	0	25	23	2	25	24	1	16	16	0	92	96	4			
Ba	24	0	24	24	0	24	24	1	23	25	10	15	25	7	18	16	2	14	92	14	86			
Pb	24	15	9	24	17	7	24	21	3	25	17	8	25	15	10	16	13	3	92	71	29			
Co	24	23	1	24	24	0	24	23	1	25	23	2	25	25	0	16	15	1	92	96	4			
Cu	24	17	7	24	18	6	24	23	1	25	20	5	25	23	2	16	14	2	92	83	17			
Cr	24	17	7	24	19	5	24	16	8	25	18	7	25	15	10	16	11	5	92	70	30			
Cd	24	14	10	24	20	4	24	19	5	25	20	5	25	22	3	16	14	2	92	79	21			
Ca	24	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0	24	24	0	24	16	0	16	91	0	100			
Fe	23	0	23	24	0	24	24	0	24	25	3	22	25	1	24	16	0	16	91	3	97			
Mn	24	2	22	24	2	22	24	5	19	25	18	7	25	13	12	16	9	7	92	36	64			
Hg	24	23	1	24	24	0	24	23	1	25	23	2	25	25	0	16	16	0	92	97	3			
Se	24	23	1	24	24	0	24	24	0	25	23	2	25	25	0	16	16	0	92	98	2			
Zn	24	2	22	24	3	21	24	3	21	25	3	22	25	3	22	16	0	16	92	10	90			
Óleos e Graxas	24	13	11	24	13	11	24	11	13	25	9	16	25	12	13	16	6	10	92	46	54			
Silica	24	0	24	23	0	23	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	91	0	100			
Fosfato	24	24	0	24	24	0	23	23	0	25	23	2	25	25	0	16	16	0	91	99	1			
N org	24	24	0	24	24	0	24	24	0	25	23	2	25	25	0	16	16	0	92	99	1			
Mg	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	1	15	92	1	99			
K	24	0	24	24	1	23	24	0	24	25	1	24	25	0	25	16	0	16	92	1	99			
Na	24	1	23	24	6	18	24	4	20	25	15	10	25	11	14	16	0	16	92	27	73			

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Tabela B.4 Continuação

Ponto	Lagoas																				
	S1D1-2			S1D1-3			S1D2-4			S2D1-2			S2D1-3			S2D2-1			Totais (%)		
	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q	D	N	Q
Acidez total	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
Alc. Bicarb	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
Alc. Total	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
Cloretos	24	4	20	24	4	20	24	4	20	25	5	20	25	5	20	16	0	16	92	16	84
CE	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
Cor	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	1	15	92	1	99
DBO	24	0	24	24	1	23	24	0	24	25	0	25	25	0	25	15	1	14	91	1	99
DQO	24	1	23	24	1	23	23	4	19	24	2	22	24	7	17	16	2	14	90	13	87
Dureza total	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
Fenóis	24	24	0	24	24	0	24	24	0	25	23	2	25	25	0	16	16	0	92	99	1
Nitrato	24	6	18	24	5	19	24	9	15	25	8	17	25	9	16	16	4	12	92	30	70
Nitrito	24	24	0	24	24	0	24	24	0	25	25	0	25	22	3	16	13	3	92	96	4
N-NH3	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	1	24	25	2	23	16	0	16	92	2	98
N Total	23	0	23	23	0	23	24	0	24	25	0	25	22	2	20	16	0	16	89	2	98
OD	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	1	24	25	1	24	16	0	16	92	1	99
Sulfatos	24	15	9	24	19	5	24	15	9	25	12	13	25	20	5	16	8	8	92	64	36
STD	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
Turbidez	24	0	24	24	0	24	11	0	11	25	0	25	25	0	25	16	0	16	83	0	100
pH	24	0	24	24	0	24	24	0	24	25	0	25	25	0	25	16	0	16	92	0	100
F	24	17	7	24	21	3	24	19	5	25	16	9	25	17	8	16	0	16	92	65	35
Sulfetos	24	24	0	23	23	0	24	24	0	25	24	1	25	25	0	16	16	0	91	99	1
Coliformes Totais	24	0	24	24	1	23	23	1	22	25	1	24	25	2	23	15	0	15	91	4	96
Escherichia Coli	24	0	24	24	0	24	23	0	23	25	0	25	25	0	25	16	0	16	91	0	100
Atrazina	15	15	0	14	14	0	12	12	0	12	12	0	12	12	0	11	11	0	51	100	0

Determinações, D; Não quantificado, N; Quantificado, Q

Foi estabelecido que os parâmetros para os quais a quantificação não alcançou 10% não seriam utilizados, no estudo. De acordo com os dados tabelados, esses parâmetros, tanto para as águas subterrâneas como superficiais foram os seguintes: arsênio, cobalto, mercúrio, selênio, fósforo, nitrogênio orgânico, fenóis, nitrito, sulfeto e atrazina.

### **B.3 Avaliação dos Resultados das Análises Físico-Químicas**

Para verificação da precisão dos resultados analíticos reportados, foram calculados balanços iônicos, nos quais se incluiu a concentração do íon amônio,  $\text{NH}_4^+$ .

#### **B.3.1 Determinação dos Erros Analíticos: o balanço iônico**

Conforme exposto no Capítulo 7, para análises de rotina o erro analítico não deve ser superior a 5%, mas admite-se o limite de 10% para que a análise possa ser considerada correta.

Assim, foi estabelecido que os balanços iônicos até 5% estariam precisos, os balanços iônicos entre 5% e 10% estariam aceitáveis e os balanços iônicos acima de 10% estariam imprecisos.

A execução dos balanços iônicos foi precedida dos seguintes passos:

- conversão das concentrações das espécies maiores  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  reportadas em mg/L, para meq/L;
- conversão das concentrações de nitrogênio amoniacal em concentração de  $\text{NH}_4^+$ , em meq/L;
- conversão das alcalinidades totais reportadas em mg/L, para  $\text{HCO}_3^-$  dado em meq/L; e,
- aplicação da Equação 7.1 apresentada no capítulo 7.

Após a execução do cálculo dos balanços iônicos as concentrações das espécies maiores, na planilha “Pontos Agrupados-Modificada” foram conferidas com os valores reportados nos RRA, para eliminar dúvidas.

##### **B.3.1.1 Balanços Iônicos para as Amostras de Águas Subterrâneas**

Nas Tabelas B.5 a B.7 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras de águas das cisternas, poços tubulares e surgências, coletadas no período de maio de 2008 a maio de 2010. Nessas tabelas foram incluídos os valores da condutividade elétrica medida em laboratório.

Para a cisterna S2D1-5 não estão reportados os balanços iônicos do período de fevereiro de 2009 a maio de 2010, pois os resultados das concentrações de magnésio, potássio e sódio não foram reportados, nos RRA correspondentes, apesar da realização das amostragens.

Tabela B.5 Balanços iônicos para as amostras das cisternas

Amostras da cisterna SID2-1													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
06/05/08	3.29	0.307	0.064	0.087	0.022	3.65	0.228	0.181	0.181	3.78	4.24	-5.8	260.0
03/06/08	1.85	0.300	0.031	0.100	0.029	3.10	0.071	0.091	0.001	2.31	3.26	-17	255.0
01/07/08	4.53	0.383	0.035	0.022	0.031	2.99	0.107	0.121	0.323	5.00	3.54	17	260.0
05/08/08	3.12	0.356	0.021	0.066	0.000	2.96	0.028	0.764	0.001	3.57	3.75	-2.5	250.0
02/09/08	0.41	0.155	0.056	0.235	0.022	3.18	0.102	0.158	0.110	0.88	3.55	-60	280.0
30/09/08	2.72	0.390	0.030	0.050	0.027	3.28	0.062	0.167	0.689	3.22	4.20	-13	300.0
04/11/08	3.85	0.454	0.028	0.091	0.003	3.84	0.118	0.120	0.023	4.43	4.10	3.9	330.0
02/12/08	2.28	0.334	0.098	0.100	0.220	4.58	0.149	0.023	0.666	3.04	5.42	-28	400.0
06/01/09	2.29	0.384	0.798	0.161	0.026	3.51	0.099	0.220	0.416	3.66	4.24	-7.3	370.0
03/02/09	3.47	0.346	0.684	0.161	0.018	3.97	0.183	0.277	1.439	4.68	5.87	-11	420.0
04/03/09	3.74	0.356	0.624	0.094	0.192	5.06	0.130	0.130	0.177	5.01	5.49	-4.6	480.0
07/04/09	1.67	0.303	0.246	0.096	0.035	4.45	0.113	0.077	0.262	2.35	4.91	-35	430.0
22/05/09	3.96	0.346	0.269	0.074	0.017	4.46	0.107	0.007	0.058	4.67	4.63	0.4	455.0
03/06/09	4.09	0.325	0.156	0.072	0.050	4.39	0.102	0.007	0.001	4.70	4.50	2.2	437.0
30/06/09	2.86	0.300	0.204	0.073	0.045	4.95	0.096	0.054	0.366	3.49	5.47	-22	459.0
10/09/09	3.92	0.393	0.050	0.106	0.044	3.88	0.099	0.034	0.067	4.51	4.08	5.1	314.0
06/10/09	4.09	0.385	0.021	0.109	0.020	3.95	0.090	0.044	0.001	4.63	4.09	6.2	354.0
04/11/09	4.63	0.456	0.105	0.157	0.038	4.14	0.102	0.024	0.308	5.39	4.57	8.2	384.0
24/11/09	2.94	0.343	0.017	0.067	0.026	4.12	0.110	0.022	0.001	3.40	4.25	-11	384.0
10/03/10	3.75	0.325	0.417	0.076	0.028	4.40	0.028	0.090	0.075	4.59	4.59	0.0	413.0
05/05/10	3.54	0.337	0.060	0.100	0.034	4.06	0.028	0.063	0.164	4.07	4.32	-3.0	377.0

Amostras da cisterna SID1-1													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
12/05/08	1.40	0.035	0.025	0.043	0.400	2.23	0.076	0.081	0.001	1.90	2.39	-11	185.0
10/06/08	0.84	0.025	0.028	0.022	0.380	1.86	0.073	0.081	0.008	1.29	2.02	-22	160.0
07/07/08	1.83	0.023	0.029	0.061	0.037	1.83	0.059	0.145	0.029	1.98	2.07	-2.2	165.0
11/08/08	1.01	0.013	0.010	0.138	0.012	1.28	0.028	0.160	0.092	1.19	1.56	-14	120.0
08/09/08	1.19	0.013	0.003	0.022	0.019	0.89	0.059	0.058	0.029	1.25	1.04	9.4	86.0
06/10/08	1.26	0.037	0.041	0.022	0.024	0.99	0.099	0.150	0.096	1.38	1.34	1.6	110.0
12/01/09	1.29	0.043	0.025	0.065	0.027	0.62	0.028	0.059	0.227	1.45	0.93	22	125.0
09/02/09	1.44	0.016	0.015	0.059	0.006	1.46	0.079	0.072	0.019	1.53	1.63	-3.1	155.0
09/03/09	1.82	0.026	0.017	0.104	0.036	1.79	0.028	0.015	0.077	2.00	1.91	2.2	170.0
14/04/09	0.45	0.067	0.030	0.052	0.035	0.41	0.079	0.029	0.001	0.63	0.52	9.8	45.0
11/05/09	0.44	0.054	0.024	0.022	0.024	0.48	0.059	0.017	0.001	0.57	0.55	1.4	43.0
09/06/09	1.55	0.015	0.016	0.022	0.016	1.79	0.068	0.019	0.001	1.62	1.88	-7.3	150.0
06/07/09	1.64	0.014	0.015	0.022	0.016	1.71	0.085	0.007	0.001	1.71	1.80	-2.7	151.6
10/08/09	0.08	0.028	0.027	0.022	0.006	1.81	0.073	0.007	0.001	0.16	1.89	-84	161.0
14/09/09	0.38	0.061	0.179	0.053	0.021	0.49	0.087	0.016	0.001	0.70	0.59	8.4	40.9
10/11/09	2.34	0.003	0.028	0.044	0.041	2.29	0.085	0.007	0.001	2.46	2.38	1.5	212.2
30/11/09	1.76	0.039	0.022	0.059	0.026	2.78	0.079	0.026	0.001	1.90	2.88	-20	244.7
21/01/10	1.37	0.054	0.007	0.022	0.043	1.47	0.062	0.007	0.008	1.49	1.54	-1.7	130.0
09/02/10	1.12	0.035	0.012	0.022	0.013	1.74	0.028	0.007	0.001	1.20	1.78	-19	174.8
17/03/10	2.49	0.326	0.003	0.032	0.024	2.10	0.028	0.020	0.001	2.87	2.15	14	196.3
13/04/10	1.74	0.024	0.003	0.032	0.004	0.94	0.028	0.022	0.001	1.80	0.99	29	185.8
10/05/10	0.56	0.198	0.124	0.181	0.044	1.93	0.028	0.026	0.001	1.11	1.99	-28	183.6



Tabela B.5 Continuação

Amostras do ponto S2D1-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
12/05/08	1.61	0.279	0.007	0.022	0.020	2.64	0.085	0.075	0.001	1.94	2.80	-18	210.0
10/06/08	1.08	0.314	0.007	0.022	0.014	2.59	0.090	0.071	0.001	1.43	2.76	-32	215.0
07/07/08	1.99	0.244	0.013	0.059	0.022	2.50	0.068	0.047	0.001	2.33	2.62	-5.8	220.0
11/08/08	1.53	0.253	0.007	0.117	0.000	2.33	0.028	0.129	0.001	1.91	2.49	-13	215.0
08/09/08	2.28	0.311	0.003	0.022	0.019	2.47	0.068	0.061	0.050	2.63	2.65	-0.4	220.0
06/10/08	2.27	0.307	0.011	0.022	0.017	2.39	0.065	0.180	0.031	2.63	2.67	-0.7	230.0
10/11/08	2.25	0.248	0.009	0.022	0.016	2.67	0.068	0.007	0.001	2.54	2.74	-3.8	230.0
09/12/08	2.07	0.276	0.010	0.022	0.013	2.50	0.079	0.007	0.048	2.39	2.64	-4.8	215.0
12/01/09	2.05	0.279	0.014	0.070	0.014	2.54	0.028	0.007	0.001	2.42	2.57	-3.0	225.0
09/02/09	1.89	0.289	0.013	0.065	0.002	2.36	0.087	0.007	0.001	2.26	2.46	-4.2	230.0

Amostras do ponto S2D2-4

Amostras do ponto S2D2-4													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
13/05/08	1.15	0.029	0.010	0.022	0.000	2.22	0.079	0.098	0.001	1.21	2.40	-33	170.0
09/06/08	1.56	0.023	0.025	0.055	0.007	2.34	0.099	0.071	0.001	1.67	2.51	-20	240.0
08/07/08	2.71	0.168	0.008	0.070	0.012	2.65	0.073	0.032	0.001	2.97	2.76	3.7	215.0
12/08/08	2.52	0.217	0.014	0.045	0.010	2.67	0.068	0.396	0.012	2.80	3.15	-5.8	235.0
09/09/08	2.64	0.194	0.003	0.022	0.004	2.68	0.073	0.102	0.023	2.87	2.87	-0.1	230.0
07/10/08	2.24	0.202	0.010	0.022	0.018	2.67	0.076	0.588	0.029	2.49	3.37	-15	250.0
11/11/08	2.68	0.214	0.009	0.022	0.009	2.75	0.076	0.007	0.037	2.93	2.87	1.1	250.0
10/12/08	2.16	0.203	0.010	0.048	0.013	2.92	0.327	0.063	0.058	2.43	3.37	-16	265.0
13/01/09	2.52	0.060	0.047	0.087	0.048	2.72	0.028	0.036	0.065	2.77	2.85	-1.3	235.0
10/02/09	2.06	0.214	0.012	0.022	0.003	2.49	0.059	0.115	0.001	2.31	2.67	-7.3	250.0
12/03/09	2.28	0.195	0.009	0.022	0.012	2.80	0.090	0.091	0.001	2.52	2.99	-8.4	250.0
13/04/09	1.66	0.208	0.013	0.022	0.000	2.57	0.071	0.016	0.001	1.90	2.66	-17	245.0
12/05/09	2.92	0.189	0.011	0.062	0.006	2.89	0.065	0.007	0.001	3.19	2.96	3.7	240.0
08/06/09	2.67	0.214	0.014	0.022	0.041	2.98	0.082	0.007	0.001	2.96	3.07	-1.7	272.9
07/07/09	2.54	0.202	0.013	0.043	0.005	2.85	0.063	0.007	0.001	2.81	2.92	-1.9	256.8
11/08/09	0.13	0.219	0.022	0.022	0.013	2.99	0.059	0.007	0.001	0.41	3.06	-77	244.0
15/09/09	2.71	0.237	0.005	0.052	0.009	3.01	0.102	0.020	0.001	3.01	3.14	-2.1	231.0
15/10/09	2.54	0.247	0.009	0.070	0.008	2.79	0.028	0.031	0.001	2.87	2.85	0.4	237.4
09/11/09	2.81	0.219	0.007	0.054	0.003	3.00	0.068	0.007	0.017	3.09	3.09	-0.1	254.8
01/12/09	3.53	0.197	0.036	0.070	0.007	3.03	0.056	0.019	0.001	3.84	3.11	11	275.3
25/01/10	2.82	0.311	0.009	0.048	0.011	3.01	0.028	0.031	0.001	3.20	3.07	2.1	240.0
10/02/10	2.68	0.216	0.025	0.106	0.011	2.96	0.085	0.018	0.001	3.04	3.07	-0.5	272.2
14/04/10	1.77	0.250	0.007	0.032	0.008	3.01	0.028	0.027	0.001	2.07	3.07	-19	259.9
11/05/10	2.85	0.217	0.003	0.032	0.011	3.11	0.028	0.033	0.001	3.12	3.18	-0.9	274.7
13/05/08	1.80	0.055	0.009	0.137	0.005	2.93	0.116	0.110	0.001	2.00	3.16	-22	230.0
09/06/08	1.79	0.122	0.003	0.049	0.065	2.89	0.071	0.094	0.001	2.03	3.05	-20	240.0
08/07/08	2.65	0.144	0.011	0.022	0.024	2.62	0.099	0.098	0.017	2.85	2.83	0.2	220.0
12/08/08	2.74	0.008	0.065	0.023	0.005	2.65	0.028	0.383	0.025	2.84	3.08	-4.1	230.0
09/09/08	2.62	0.191	0.003	0.022	0.021	2.65	0.056	0.098	0.042	2.86	2.84	0.4	225.0
07/10/08	2.25	0.221	0.010	0.022	0.011	2.62	0.076	0.633	0.025	2.52	3.36	-14	250.0
11/11/08	2.61	0.221	0.008	0.022	0.023	2.82	0.076	0.007	0.035	2.89	2.93	-0.8	245.0
10/12/08	2.10	0.212	0.009	0.048	0.019	2.86	0.118	0.052	0.029	2.39	3.06	-12	255.0
13/01/09	2.12	0.160	0.014	0.139	0.008	2.46	0.028	0.031	0.040	2.44	2.56	-2.4	205.0
10/02/09	2.07	0.225	0.011	0.051	0.004	2.47	0.073	0.085	0.001	2.36	2.63	-5.4	250.0

Tabela B.5 Balanços Iônicos para as Amostras das Cisternas - continuação

Amostras do ponto S2D2-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
12/03/09	2.18	0.198	0.011	0.022	0.038	2.75	0.090	0.094	0.001	2.45	2.93	-9.0	255.0
12/05/09	2.92	0.230	0.009	0.058	0.008	2.90	0.065	0.007	0.001	3.23	2.98	4.1	235.0
08/06/09	2.52	0.180	0.012	0.022	0.012	3.12	0.059	0.007	0.001	2.75	3.19	-7.4	279.0
07/07/09	2.64	0.197	0.013	0.043	0.001	2.57	0.056	0.007	0.001	2.89	2.63	4.7	259.8
11/08/09	0.12	0.217	0.016	0.022	0.022	2.92	0.071	0.015	0.001	0.40	3.01	-77	245.0
15/09/09	2.73	0.244	0.005	0.054	0.035	2.57	0.085	0.021	0.001	3.06	2.68	6.7	226.0
15/10/09	2.48	0.247	0.009	0.070	0.011	2.81	0.087	0.053	0.001	2.81	2.95	-2.4	237.8
09/11/09	2.82	0.219	0.007	0.052	0.010	2.93	0.076	0.020	0.023	3.11	3.05	1.0	253.4
01/12/09	3.30	0.197	0.030	0.048	0.020	2.86	0.065	0.019	0.001	3.59	2.94	9.9	269.4
25/01/10	2.75	0.296	0.009	0.022	0.010	2.93	0.062	0.031	0.001	3.09	3.02	1.0	245.0
10/02/10	3.31	0.267	0.006	0.098	0.032	3.00	0.028	0.031	0.001	3.72	3.06	9.7	269.7
14/04/10	1.85	0.255	0.007	0.032	0.016	2.97	0.028	0.031	0.001	2.16	3.03	-17	259.8
11/05/10	2.88	0.218	0.006	0.032	0.011	3.08	0.028	0.033	0.001	3.15	3.14	0.1	273.5

Amostras do ponto S3D1-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
19/05/08	0.10	0.009	0.005	0.078	0.012	0.21	0.113	0.166	0.001	0.20	0.49	-41	26.0
16/06/08	0.37	0.013	0.009	0.060	0.004	0.31	0.102	0.079	0.001	0.46	0.49	-3.5	34.0
14/07/08	0.14	0.005	0.003	0.080	0.022	0.37	0.110	0.341	0.100	0.25	0.92	-57	32.0
18/08/08	0.41	0.004	0.010	0.053	0.033	0.51	0.068	0.019	0.040	0.51	0.63	-11	52.0
15/09/08	0.51	0.138	0.292	0.116	2.687	0.89	0.344	1.064	1.926	3.74	4.22	-6.0	230.0
13/10/08	1.01	0.125	0.052	0.213	0.019	2.42	0.082	0.507	0.025	1.42	3.04	-36	220.0
17/11/08	1.00	0.130	0.052	0.213	0.013	1.31	0.062	0.007	0.040	1.41	1.42	-0.4	110.0
16/12/08	0.93	0.127	0.047	0.148	0.010	1.25	0.090	0.059	0.475	1.26	1.87	-19	115.0
19/01/09	2.19	0.031	0.013	0.087	0.000	1.23	0.085	0.007	1.453	2.32	2.77	-8.9	120.0
17/02/09	0.76	0.134	0.093	0.209	0.003	1.28	0.164	0.143	0.073	1.20	1.66	-16	130.0
16/03/09	1.03	0.137	0.075	0.217	0.004	1.19	0.076	0.056	0.237	1.46	1.56	-3.5	130.0
22/04/09	0.79	0.100	0.018	0.126	0.015	1.26	0.113	0.007	0.001	1.05	1.38	-14	125.0
18/05/09	1.10	0.151	0.052	0.187	0.013	1.45	0.169	0.019	0.001	1.51	1.64	-4.2	165.1
16/06/09	1.22	0.163	0.049	0.193	0.001	1.68	0.028	0.007	0.067	1.63	1.78	-4.5	135.0
14/07/09	1.24	0.200	0.047	0.194	0.033	1.59	0.099	0.007	0.001	1.71	1.70	0.4	151.0
24/08/09	1.05	0.200	0.064	0.221	0.043	1.43	0.113	0.016	0.001	1.58	1.56	0.5	129.0
22/09/09	2.54	0.034	0.008	0.110	0.005	1.49	0.113	0.007	0.001	2.70	1.61	25	141.0
19/10/09	0.51	0.060	0.033	0.070	0.016	0.63	0.099	0.038	0.094	0.69	0.86	-11	63.6
16/11/09	2.21	0.020	0.010	0.089	0.006	2.02	0.118	0.007	0.001	2.33	2.15	4.0	191.6
09/12/09	1.30	0.181	0.033	0.213	0.015	1.68	0.071	0.028	0.001	1.74	1.78	-1.2	168.6
18/01/10	1.24	0.214	0.028	0.231	0.020	1.57	0.099	0.007	0.001	1.73	1.68	1.6	150.0
04/03/10	2.40	0.024	0.009	0.078	0.000	1.66	0.056	0.029	0.001	2.51	1.74	18	174.5
22/03/10	1.46	0.211	0.063	0.216	0.017	1.83	0.028	0.022	0.001	1.97	1.88	2.3	177.5

Amostras do ponto S3D1-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
19/05/08	1.30	0.225	0.021	0.044	0.013	2.12	0.068	0.106	0.001	1.60	2.29	-18	175.0
16/06/08	2.09	0.671	0.103	0.355	0.007	2.13	1.100	0.416	0.060	3.23	3.70	-6.8	350.0
14/07/08	1.56	0.182	0.016	0.059	0.029	2.03	0.071	0.231	0.104	1.85	2.43	-14	165.0
18/08/08	1.06	0.131	0.018	0.088	0.014	1.25	0.080	0.028	0.044	1.31	1.40	-3.2	120.0

Tabela B.5 Continuação

Amostras do ponto S3D1-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ(i <sup>+</sup> )	Σ(i <sup>-</sup> )		
15/09/08	0.98	0.119	0.010	0.092	0.014	1.12	0.104	0.120	0.035	1.22	1.38	-6.2	115.0
13/10/08	2.31	0.149	0.019	0.022	0.016	2.51	0.076	0.450	0.192	2.51	3.22	-12	220.0
17/11/08	0.79	0.126	0.017	0.135	0.013	1.34	0.085	0.007	0.001	1.08	1.43	-14	125.0
16/12/08	1.20	0.155	0.019	0.126	0.019	1.39	0.149	0.113	0.006	1.52	1.66	-4.1	135.0
19/01/09	1.14	0.163	0.043	0.130	0.020	1.40	0.102	0.007	0.002	1.50	1.52	-0.5	140.0
17/02/09	0.72	0.114	0.016	0.117	0.006	0.79	0.296	0.143	0.001	0.98	1.23	-11	110.0
16/03/09	0.85	0.099	0.015	0.080	0.001	0.71	0.310	0.086	0.001	1.04	1.11	-3.1	115.0
22/04/09	0.83	0.090	0.020	0.122	0.018	0.65	0.259	0.160	0.001	1.08	1.07	0.5	100.0
18/05/09	0.72	0.085	0.012	0.095	0.009	0.76	0.265	0.134	0.001	0.92	1.16	-11	105.0
16/06/09	0.65	0.084	0.009	0.098	0.011	0.75	0.158	0.073	0.001	0.85	0.98	-6.9	82.0
14/07/09	0.57	0.089	0.014	0.080	0.011	0.66	0.141	0.049	0.001	0.76	0.85	-5.1	78.7
24/08/09	0.61	0.084	0.021	0.133	0.050	0.74	0.155	0.041	0.001	0.90	0.94	-2.2	75.1
22/09/09	0.60	0.087	0.010	0.100	0.000	0.87	0.172	0.022	0.001	0.80	1.07	-14	86.0
19/10/09	0.94	0.150	0.021	0.113	0.022	0.36	0.141	0.024	0.001	1.24	0.53	41	105.9
04/03/10	2.45	0.024	0.009	0.079	0.000	2.44	0.028	0.024	0.001	2.56	2.50	1.3	226.7
22/03/10	0.94	0.115	0.017	0.108	0.017	0.83	0.141	0.100	0.001	1.20	1.08	5.3	113.6
16/11/09	0.84	0.105	0.016	0.237	0.021	1.06	0.333	0.062	0.001	1.22	1.45	-8.7	102.9
09/12/09	0.90	0.101	0.010	0.093	0.010	1.14	0.102	0.206	0.001	1.11	1.44	-13	117.7
18/01/10	0.93	0.115	0.014	0.113	0.018	0.81	0.291	0.007	0.001	1.19	1.11	3.4	115.0

Na Tabela B.6 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras dos seis poços tubulares, monitorados na área de estudo.

Tabela B.6 Balanços Iônicos para as amostras dos poços tubulares

Amostras do ponto S1D1-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ(i <sup>+</sup> )	Σ(i <sup>-</sup> )		
05/05/08	3.09	0.634	0.012	0.070	0.041	3.79	0.127	0.208	0.035	4.25	4.16	1.0	265.0
02/06/08	2.44	0.535	0.012	0.103	0.045	3.82	0.319	0.148	0.046	3.33	4.34	-13	310.0
30/06/08	2.34	1.037	0.013	0.057	0.036	3.59	0.056	0.140	0.002	3.49	3.79	-4.1	300.0
04/08/08	3.19	0.634	0.008	0.073	0.035	3.30	0.028	0.470	0.001	3.95	3.80	2.0	290.0
01/09/08	1.41	0.593	0.008	0.057	0.032	3.47	0.059	0.034	0.046	2.29	3.61	-22	300.0
02/10/09	3.16	0.627	0.008	0.022	0.026	3.36	0.071	0.254	0.023	3.87	3.71	2.1	320.0
03/11/08	3.27	0.624	0.014	0.022	0.001	3.65	0.071	0.067	0.062	4.32	3.85	5.7	310.0
01/12/08	3.13	0.690	0.012	0.078	0.016	3.70	0.141	0.175	0.090	4.07	4.11	-0.5	340.0
05/01/09	1.26	0.177	0.096	0.126	0.012	1.43	0.068	0.037	0.023	1.71	1.56	4.8	110.0
02/02/09	3.08	0.632	0.003	0.081	0.015	3.45	0.113	0.044	0.001	3.82	3.60	2.9	320.0
03/03/09	2.33	0.633	0.015	0.071	0.041	3.53	0.090	0.114	0.001	3.27	3.74	-6.7	330.0
06/04/09	0.40	0.064	0.003	0.089	0.064	0.39	0.113	0.104	0.001	0.66	0.60	4.4	49.0
04/05/09	2.37	0.626	0.018	0.062	0.001	3.83	0.090	0.007	0.010	3.15	3.93	-11	300.0
29/06/09	3.12	0.679	0.052	0.065	0.033	3.85	0.062	0.007	0.146	3.97	4.07	-1.2	350.0
09/09/09	3.70	0.636	0.009	0.104	0.031	3.28	0.076	0.007	0.001	4.61	3.37	16	298.0
05/10/09	3.14	0.660	0.011	0.093	0.010	3.86	0.079	0.020	0.001	3.93	3.96	-0.4	334.0
03/11/09	4.90	0.708	0.012	0.109	0.027	3.81	0.056	0.033	0.001	5.77	3.90	19	325.0
23/11/09	3.30	0.649	0.013	0.083	0.012	3.91	0.133	0.023	0.001	4.44	4.07	4.4	369.0

Tabela B.6 Continuação

Amostras do ponto S1D1-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ(i <sup>+</sup> )	Σ(i <sup>-</sup> )		
11/03/10	3.38	0.658	0.016	0.090	0.023	4.04	0.028	0.021	0.001	4.64	4.09	6.3	355.0
01/02/10	2.99	0.823	0.010	0.066	0.032	4.10	0.028	0.025	0.001	3.99	4.15	-2.1	300.0
05/04/10	3.28	0.649	0.013	0.081	0.057	2.39	0.028	0.007	0.001	4.24	2.43	27	226.0
04/05/10	3.09	0.649	0.017	0.082	0.025	3.89	0.028	0.026	0.090	4.12	4.03	1.0	347.0

Amostras do ponto S2D2-4													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ(i <sup>+</sup> )	Σ(i <sup>-</sup> )		
12/05/08	1.70	0.286	0.013	0.022	0.027	2.69	0.073	0.076	0.001	2.21	2.84	-13	210.0
10/06/08	1.00	0.292	0.010	0.065	0.016	2.50	0.056	0.079	0.001	1.46	2.64	-29	210.0
07/07/08	2.05	0.237	0.019	0.077	0.023	2.42	0.065	0.124	0.015	2.58	2.63	-0.8	220.0
11/08/08	1.68	0.256	0.010	0.064	0.069	1.79	0.028	0.136	0.046	2.28	2.00	6.4	225.0
08/09/08	2.29	0.308	0.008	0.022	0.015	2.50	0.110	0.088	0.060	2.74	2.75	-0.3	230.0
06/10/08	2.06	0.290	0.025	0.022	0.026	2.31	0.130	0.199	0.129	2.86	2.77	1.6	250.0
10/11/08	2.38	0.296	0.013	0.022	0.015	2.53	0.056	0.007	0.035	2.98	2.63	6.2	230.0
09/12/08	2.06	0.263	0.013	0.043	0.011	2.75	0.090	0.007	0.067	2.50	2.91	-7.7	235.0
12/01/09	2.19	0.287	0.016	0.078	0.009	2.36	0.056	0.040	0.001	2.84	2.46	7.1	230.0
09/02/09	1.87	0.289	0.015	0.061	0.011	3.01	0.073	0.007	0.001	2.47	3.09	-11	230.0
09/03/09	2.07	0.290	0.013	0.022	0.000	2.52	0.059	0.143	0.001	2.46	2.73	-5.2	230.0
14/04/09	2.01	0.251	0.014	0.022	0.000	2.29	0.071	0.007	0.001	2.45	2.37	1.6	225.0
11/05/09	2.40	0.281	0.012	0.071	0.013	2.68	0.076	0.007	0.001	3.16	2.76	6.7	220.0
09/06/09	2.21	0.263	0.012	0.022	0.027	2.87	0.056	0.007	0.001	2.57	2.94	-6.6	210.0
06/07/09	2.35	0.275	0.018	0.069	0.025	2.73	0.071	0.007	0.001	2.85	2.81	0.7	240.5
10/08/09	0.11	0.333	0.029	0.045	0.018	2.70	0.056	0.007	0.001	0.77	2.76	-56	224.0
14/09/09	2.51	0.331	0.250	0.084	0.028	2.59	0.071	0.030	0.001	3.27	2.70	9.6	198.0
10/11/09	2.50	0.327	0.011	0.022	0.029	2.61	0.068	0.023	0.001	3.02	2.71	5.5	233.9
30/11/09	1.80	0.308	0.010	0.022	0.014	2.79	0.028	0.007	0.001	2.29	2.83	-11	247.6
21/01/10	2.43	0.436	0.003	0.022	0.009	2.73	0.028	0.007	0.001	2.98	2.77	3.6	240.0
09/02/10	2.26	0.333	0.009	0.047	0.017	2.84	0.028	0.007	0.001	2.67	2.88	-3.7	267.3
17/03/10	0.47	0.056	0.021	0.032	0.018	2.84	0.028	0.018	0.001	1.12	2.88	-44	252.6
13/04/10	1.67	0.336	0.007	0.032	0.017	2.79	0.028	0.021	0.001	2.10	2.84	-15	237.6
10/05/10	2.28	0.315	0.007	0.032	0.021	2.75	0.028	0.016	0.001	2.81	2.79	0.3	243.2

Amostras do ponto S2D2-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ(i <sup>+</sup> )	Σ(i <sup>-</sup> )		
13/05/08	1.85	0.210	0.016	0.022	0.015	2.84	0.071	0.140	0.001	2.51	3.05	-9.7	220.0
09/06/08	1.81	0.107	0.007	0.022	0.009	2.86	0.073	0.102	0.001	2.00	3.04	-21	240.0
08/07/08	2.21	0.161	0.009	0.022	0.022	2.92	0.062	0.107	0.001	2.45	3.09	-12	220.0
12/08/08	2.66	0.008	0.062	0.017	0.002	2.64	0.056	0.346	0.001	2.78	3.04	-4.5	235.0
09/09/08	2.62	0.188	0.003	0.022	0.010	2.57	0.065	0.102	0.033	2.85	2.77	1.5	230.0
07/10/08	2.45	0.205	0.012	0.022	0.029	2.58	0.056	0.398	0.029	2.73	3.06	-5.7	245.0
11/11/08	2.62	0.207	0.010	0.022	0.004	2.75	0.093	0.007	0.035	2.89	2.88	0.1	245.0
10/12/08	2.66	0.219	0.014	0.052	0.011	2.75	0.079	0.109	0.021	3.21	2.96	4.1	255.0

Tabela B.6 Continuação

Amostras do ponto S2D2-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\Sigma(i^+)$	$\Sigma(i^-)$		
13/01/09	2.15	0.195	0.012	0.048	0.008	2.75	0.028	0.058	1.480	2.43	4.31	-28	230.0
10/02/09	2.22	0.217	0.020	0.073	0.012	2.50	0.102	0.101	0.001	2.57	2.70	-2.5	245.0
13/04/09	1.67	0.194	0.012	0.043	0.014	2.41	0.071	0.007	0.298	1.96	2.78	-17.4	240.0
12/05/09	2.80	0.176	0.009	0.073	0.040	2.86	0.076	0.007	0.001	3.11	2.95	2.7	240.0
08/06/09	2.42	0.180	0.012	0.022	0.016	2.95	0.085	0.007	0.001	2.65	3.04	-6.9	275.2
07/07/09	2.55	0.193	0.013	0.022	0.015	2.84	0.056	0.014	0.001	2.80	2.92	-1.9	255.1
11/08/09	0.11	0.244	0.017	0.022	0.018	3.01	0.059	0.007	0.001	0.44	3.07	-75	243.0
15/09/09	2.73	0.230	0.005	0.043	0.015	3.07	0.085	0.016	0.001	3.04	3.17	-2.1	232.0
15/10/09	2.56	0.237	0.009	0.070	0.011	2.81	0.056	0.034	0.001	2.90	2.90	-0.1	239.0
09/11/09	2.80	0.224	0.034	0.080	0.013	2.88	0.093	0.007	0.010	3.21	2.99	3.5	253.3
01/12/09	2.05	0.230	0.050	0.067	0.006	3.00	0.071	0.019	0.001	2.92	3.09	-2.8	271.1
25/01/10	2.81	0.288	0.008	0.046	0.011	2.95	0.028	0.044	0.001	3.21	3.03	2.9	240.0
10/02/10	2.85	0.215	0.006	0.107	0.019	2.80	0.212	0.387	0.001	3.21	3.40	-2.9	277.1
14/04/10	1.78	0.248	0.007	0.032	0.016	2.62	0.028	0.021	0.001	2.10	2.67	-12	261.9
11/05/10	2.84	0.216	0.007	0.032	0.009	3.05	0.028	0.038	0.001	3.12	3.11	0.1	273.0

Amostras do ponto S2D2-3

Amostras do ponto S2D2-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\Sigma(i^+)$	$\Sigma(i^-)$		
13/05/08	2.20	0.208	0.006	0.043	0.011	2.92	0.073	0.133	0.001	2.47	3.13	-12	220.0
09/06/08	1.94	0.114	0.003	0.070	0.006	2.98	0.099	0.100	0.001	2.17	3.18	-19	250.0
08/07/08	2.33	0.168	0.013	0.055	0.036	2.66	0.082	0.057	0.108	2.73	2.90	-3.1	225.0
12/08/08	2.71	0.008	0.062	0.062	0.009	2.62	0.062	0.450	0.001	3.13	3.14	-0.1	235.0
09/09/08	2.59	0.188	0.003	0.022	0.010	2.72	0.090	0.149	0.029	3.06	2.99	1.1	235.0
07/10/08	2.00	0.205	0.009	0.022	0.013	2.56	0.079	0.472	0.023	2.26	3.13	-16	245.0
11/11/08	2.42	0.152	0.009	0.022	0.015	2.77	0.071	0.007	0.031	2.70	2.87	-3.1	250.0
10/12/08	2.45	0.225	0.017	0.065	0.008	2.86	0.059	0.086	0.001	3.29	3.01	4.5	255.0
13/01/09	2.58	0.192	0.013	0.070	0.011	2.82	0.028	0.077	0.589	2.89	3.51	-9.8	230.0
10/02/09	1.88	0.211	0.011	0.073	0.025	2.70	0.102	0.125	0.001	2.22	2.92	-13.6	250.0
12/03/09	2.45	0.190	0.019	0.022	0.024	2.67	0.093	0.084	0.183	2.88	3.03	-2.6	250.0
13/04/09	1.67	0.200	0.013	0.043	0.000	2.51	0.062	0.007	0.001	1.95	2.58	-14	240.0
12/05/09	2.91	0.192	0.014	0.082	0.060	2.85	0.073	0.007	0.001	3.28	2.93	5.7	235.0
08/06/09	2.42	0.180	0.012	0.022	0.016	2.95	0.085	0.007	0.001	3.83	3.04	11	275.2
07/07/09	2.51	0.192	0.016	0.057	0.016	2.96	0.071	0.007	0.001	2.87	3.04	-3.0	254.0
11/08/09	0.10	0.245	0.021	0.022	0.018	2.98	0.068	0.007	0.001	0.93	3.05	-53.1	239.0
15/09/09	2.63	0.224	0.005	0.057	0.019	2.96	0.085	0.021	0.001	2.95	3.07	-2.0	231.0
15/10/09	2.53	0.230	0.009	0.070	0.009	2.81	0.071	0.031	0.001	2.88	2.91	-0.6	237.8
09/11/09	2.82	0.218	0.006	0.045	0.009	2.85	0.076	0.007	0.017	3.13	2.95	2.9	251.8
01/12/09	2.10	0.199	0.026	0.064	0.003	3.06	0.056	0.019	0.001	2.42	3.13	-13	274.1
25/01/10	2.72	0.290	0.008	0.022	0.011	2.96	0.056	0.031	0.001	4.41	3.05	18	240.0
10/02/10	2.60	0.253	0.004	0.105	0.041	3.05	0.028	0.007	0.001	3.04	3.09	-0.8	273.8
14/04/10	2.71	0.247	0.007	0.032	0.016	2.91	0.028	0.020	0.001	3.06	2.96	1.6	258.3
11/05/10	2.88	0.217	0.007	0.032	0.014	3.05	0.028	0.007	0.001	3.16	3.09	1.1	275.1

Tabela B.6 Continuação

Amostras do ponto S3D1-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\Sigma$ (i <sup>+</sup> )	$\Sigma$ (i <sup>-</sup> )		
19/05/08	1.64	0.039	0.010	0.049	0.010	2.79	0.085	0.137	0.001	1.76	3.01	-26	235.0
16/06/08	2.05	0.039	0.010	0.053	0.005	2.60	0.076	0.059	0.001	2.17	2.74	-11	240.0
14/07/08	2.62	0.027	0.009	0.074	0.022	2.48	0.071	0.309	0.079	2.78	2.94	-2.8	210.0
18/08/08	0.97	0.026	0.013	0.057	0.002	2.45	0.028	0.027	0.037	1.11	2.55	-39	220.0
15/09/08	2.61	0.034	0.005	0.058	0.005	2.61	0.059	0.182	0.033	2.75	2.89	-2.5	240.0
17/11/08	4.57	0.034	0.011	0.074	0.011	2.68	0.028	0.007	0.001	4.74	2.72	27	220.0
16/12/08	1.98	0.035	0.012	0.096	0.004	2.16	0.121	0.079	0.060	2.14	2.42	-6.0	185.0
19/01/09	2.19	0.155	0.023	0.070	0.012	2.38	0.118	0.007	0.110	2.57	2.61	-0.9	230.0
17/02/09	2.01	0.035	0.012	0.065	0.010	2.43	0.082	0.141	0.001	2.21	2.65	-9.2	235.0
16/03/09	2.76	0.035	0.012	0.022	0.008	2.46	0.090	0.054	0.001	2.88	2.60	5.2	235.0
22/04/09	2.67	0.000	0.038	1.074	0.006	2.62	0.104	0.007	0.001	4.65	2.74	26	230.0
18/05/09	2.82	0.033	0.011	0.052	0.006	2.73	0.099	0.007	0.001	2.97	2.83	2.3	258.0
16/06/09	2.59	0.033	0.007	0.052	0.013	2.77	0.028	0.007	0.001	2.72	2.80	-1.5	215.0
14/07/09	0.60	0.086	0.012	0.080	0.005	2.39	0.085	0.015	0.001	0.80	2.49	-51	211.0
24/08/09	3.36	0.036	0.013	0.090	0.013	2.95	0.078	0.007	0.001	3.56	3.03	8.0	226.0
22/09/09	2.42	0.035	0.007	0.097	0.003	2.55	0.090	0.007	0.001	2.57	2.65	-1.5	217.0
16/11/09	2.18	0.018	0.010	0.090	0.033	2.38	0.107	0.007	0.001	2.35	2.49	-2.9	191.1
09/12/09	2.15	0.039	0.005	0.076	0.001	2.52	0.076	0.023	0.001	2.31	2.62	-6.3	223.4
18/01/10	2.27	0.027	0.007	0.081	0.007	2.42	0.068	0.007	0.001	2.45	2.50	-1.0	205.0
04/03/10	1.41	0.203	0.064	0.201	0.000	2.40	0.028	0.023	0.001	1.89	2.45	-13	219.9
22/03/10	2.32	0.022	0.009	0.089	0.010	2.36	0.028	0.018	0.001	2.46	2.41	1.0	218.2
19/04/10	2.68	0.031	0.009	0.078	0.016	2.81	0.087	0.007	0.001	2.84	2.90	-1.0	262.0
19/05/10	2.49	0.027	0.011	0.032	0.005	2.50	0.028	0.007	0.001	2.58	2.54	0.8	228.8

Amostras do ponto S3D2-3

Amostras do ponto S3D2-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\Sigma$ (i <sup>+</sup> )	$\Sigma$ (i <sup>-</sup> )		
20/05/08	3.53	0.053	0.012	0.087	0.003	3.90	0.144	0.153	0.001	3.72	4.20	-6.0	320.0
17/06/08	5.31	0.075	0.014	0.022	0.009	3.84	0.085	0.119	0.094	5.50	4.14	14	310.0
15/07/08	3.59	0.066	0.013	0.004	0.000	3.43	0.056	0.423	0.094	3.75	4.01	-3.3	280.0
19/08/08	2.30	0.049	0.013	0.022	0.008	3.09	0.028	0.024	0.133	2.43	3.28	-15	300.0
16/09/08	3.92	0.071	0.008	0.022	0.007	3.64	0.138	0.255	0.102	4.07	4.13	-0.8	310.0
18/11/08	4.55	0.070	0.014	0.022	0.010	3.78	0.056	0.007	0.087	4.73	3.93	9.2	290.0
20/01/09	2.19	0.061	0.015	0.022	0.006	3.97	0.102	0.083	0.001	2.39	4.16	-27	340.0
18/02/09	3.08	0.057	0.017	0.022	0.013	3.92	0.087	0.143	0.008	3.28	4.16	-12	350.0
17/03/09	4.15	0.061	0.015	0.022	0.013	3.77	0.118	0.079	0.052	4.64	4.02	7.2	350.0
23/04/09	4.47	0.063	0.018	0.022	0.025	3.97	0.090	0.007	0.001	4.78	4.07	8.0	340.0
17/06/09	3.27	0.064	0.018	0.022	0.005	3.80	0.073	0.007	0.015	3.40	3.90	-6.8	295.0
13/07/09	3.81	0.067	0.013	0.047	0.002	3.28	0.071	0.007	0.002	4.01	3.36	8.8	346.0
25/08/09	4.86	0.077	0.025	0.044	0.013	3.87	0.078	0.007	0.001	5.10	3.96	13	301.0
21/09/09	3.09	0.095	0.019	0.112	0.009	3.58	0.056	0.007	0.001	4.40	3.65	9.4	314.0
20/10/09	3.58	0.090	0.013	0.022	0.016	3.80	0.065	0.026	0.001	3.78	3.90	-1.5	315.0
19/05/09	4.59	0.058	0.010	0.022	0.011	3.97	0.056	0.007	0.001	4.87	4.03	9.4	366.0

Tabela B.6 Continuação

Amostras do ponto S3D2-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\Sigma(i^+)$	$\Sigma(i^-)$		
10/12/09	3.67	0.063	0.007	0.022	0.007	4.13	0.102	0.031	0.046	3.87	4.31	-5.4	372.0
19/01/10	2.74	0.242	0.006	0.043	0.016	2.99	0.071	0.007	0.001	3.15	3.07	1.4	250.0
03/03/10	4.25	0.061	0.012	0.032	0.009	4.30	0.028	0.034	0.001	4.42	4.36	0.7	387.0
24/03/10	4.16	0.055	0.013	0.032	0.011	4.06	0.028	0.020	0.001	4.33	4.11	2.6	383.0
27/04/10	4.20	0.058	0.012	0.032	0.015	4.22	0.028	0.007	0.001	4.38	4.26	1.4	383.0
18/05/10	4.36	0.065	0.017	0.032	0.015	4.05	0.028	0.020	0.092	4.95	4.19	8.3	389.0

Na Tabela B.7 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras das surgências. Para a surgência, S1D2-5, não estão reportados os balanços iônicos correspondentes ao período de janeiro a março de 2009 e de fevereiro a maio de 2010, pois as campanhas de amostragem não foram realizadas, por falta de acesso ao ponto de amostragem.

Os resultados reportados com data de 2 de fevereiro de 2010 correspondem à campanha de amostragem do mês de janeiro do mesmo ano.

Tabela B.7 Balanços Iônicos para as Amostras das Surgências

Amostras do ponto S1D1-4													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	$\Sigma(i^+)$	$\Sigma(i^-)$		
05/05/08	0.399	0.077	0.010	0.087	0.0017	0.55	0.155	0.165	0.001	0.57	0.87	-20	46.0
02/06/08	0.346	0.058	0.006	0.070	0.0077	0.56	0.127	0.126	0.001	0.49	0.81	-25	50.0
30/06/08	0.481	0.073	0.014	0.043	0.0168	0.52	0.068	0.114	0.001	0.63	0.70	-5.7	45.0
04/08/08	0.205	0.068	0.003	0.050	0.0391	0.52	0.071	0.514	0.001	0.37	1.10	-50	46.0
01/09/08	0.316	0.071	0.005	0.022	0.0059	0.51	0.073	0.015	0.090	0.42	0.69	-24	48.0
29/09/08	0.539	0.086	0.006	0.022	0.0156	0.50	0.056	0.415	0.033	0.67	1.00	-20	46.0
03/11/08	0.420	0.073	0.003	0.022	0.0020	1.66	0.071	0.061	0.062	0.52	1.86	-56	150
01/12/08	0.454	0.082	0.007	0.074	0.0089	0.57	0.073	0.007	0.046	0.63	0.70	-5.4	58.0
05/01/09	1.617	0.209	0.030	0.070	0.0297	1.66	0.268	0.031	0.027	1.96	1.98	-0.8	160
02/02/09	3.194	0.638	0.021	0.085	0.0342	3.38	0.144	0.039	0.012	3.97	3.57	5.3	310
03/03/09	0.334	0.067	0.009	0.022	0.0276	0.45	0.087	0.051	0.001	0.46	0.59	-13	48.0
06/04/09	2.373	0.616	0.006	0.124	0.0139	3.20	0.085	0.127	0.001	3.13	3.41	-4.2	310
02/06/09	0.331	0.067	0.008	0.052	0.0084	0.50	0.079	0.007	0.001	0.47	0.58	-11	71.3
29/06/09	0.358	0.067	0.030	0.045	0.0016	0.49	0.059	0.007	0.001	0.50	0.56	-5.3	48.4
03/08/09	0.349	0.077	0.023	0.050	0.0232	0.59	0.127	0.015	0.001	0.52	0.74	-17	55.2
09/09/09	0.368	0.058	0.005	0.051	0.0143	0.54	0.073	0.007	0.001	0.50	0.62	-11	44.8
05/10/09	2.328	0.335	0.016	0.101	0.0255	2.76	0.118	0.019	0.001	2.81	2.90	-1.7	247
03/11/09	0.325	0.095	0.007	0.047	0.0146	0.49	0.082	0.020	0.001	0.49	0.59	-9.2	44.7
23/11/09	0.411	0.080	0.003	0.022	0.0080	0.54	0.096	0.016	0.001	0.52	0.65	-11	55.2
01/02/10	2.695	0.664	0.013	0.078	0.0156	3.24	0.028	0.021	0.001	3.47	3.29	2.6	250
11/03/10	0.418	0.081	0.003	0.032	0.0188	0.57	0.028	0.017	0.001	0.55	0.62	-5.8	54.6
05/04/10	2.188	0.306	0.017	0.032	0.0492	2.39	0.028	0.007	0.001	2.59	2.42	3.4	225
04/05/10	0.459	0.088	0.003	0.032	0.0213	0.54	0.028	0.020	0.029	0.60	0.61	-0.83	51.0

Tabela B.7 Continuação

Amostras do ponto S1D2-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
06/05/08	0.057	0.023	0.008	0.022	0.0025	0.20	0.073	0.064	0.001	0.11	0.34	-50	16.0
03/06/08	0.065	0.012	0.003	0.022	0.0017	0.20	0.071	0.049	0.001	0.10	0.32	-51	16.0
01/07/08	0.160	0.019	0.003	0.022	0.0313	0.19	0.085	0.057	0.042	0.23	0.37	-23	18.0
05/08/08	2.625	0.314	0.012	0.077	0.0293	2.63	0.113	0.614	0.001	3.06	3.36	-4.6	235
02/09/08	0.085	0.016	0.017	0.022	0.0094	0.15	0.226	0.158	0.044	0.15	0.58	-58	35.0
30/09/08	0.093	0.017	0.003	0.022	0.0104	0.18	0.152	0.123	0.035	0.15	0.49	-54	31.0
04/11/08	0.148	0.021	0.049	0.022	0.0035	0.25	0.068	0.051	0.035	0.24	0.41	-25	16.0
02/12/08	0.098	0.024	0.017	0.043	0.0105	0.18	0.096	0.007	0.027	0.19	0.31	-23	22.0
06/01/09	1.033	0.160	0.067	0.087	0.0196	2.30	0.155	0.007	0.566	1.37	3.03	-38	125
03/02/09	0.107	0.017	0.003	0.022	0.0179	0.16	0.079	0.007	0.019	0.17	0.26	-22	16.5
04/03/09	0.103	0.019	0.010	0.022	0.0119	0.18	0.079	0.026	0.001	0.17	0.28	-26	18.0
07/04/09	0.110	0.182	0.012	0.022	0.0127	0.13	0.071	0.007	0.001	0.34	0.21	23	15.0
05/05/09	0.107	0.022	0.012	0.043	0.0019	0.17	0.076	0.007	0.001	0.19	0.26	-16	17.0
03/06/09	0.090	0.010	0.008	0.043	0.0074	0.19	0.059	0.007	0.001	0.16	0.26	-24	16.7
30/06/09	0.099	0.025	0.074	0.043	0.0149	0.20	0.133	0.007	0.001	0.26	0.34	-14	16.9
04/08/09	0.117	0.030	0.017	0.022	0.0274	0.18	0.096	0.007	0.277	0.21	0.56	-14	17.8
10/09/09	0.125	0.019	0.041	0.072	0.0487	0.13	0.079	0.007	0.273	0.31	0.49	-23	31.3
06/10/09	0.043	0.010	0.013	0.064	0.0094	0.17	0.099	0.026	0.001	0.14	0.29	-36	15.2
04/11/09	0.071	0.015	0.008	0.022	0.0144	0.21	0.085	0.027	0.001	0.13	0.32	-43	17.0
24/11/09	2.718	0.337	0.019	0.061	0.0047	2.23	0.062	0.007	0.001	3.14	0.30	82	16.6
02/02/10	0.103	0.016	0.008	0.022	0.0157	0.26	0.028	0.019	0.001	0.17	0.30	-29	22.0
10/03/10	0.110	0.009	0.003	0.032	0.0072	0.16	0.028	0.021	0.001	0.16	0.21	-13	14.7
07/04/10	0.125	0.012	0.003	0.032	0.0162	1.87	0.028	0.007	0.001	0.19	1.91	-82	226
05/05/10	0.115	0.012	0.010	0.032	0.0110	0.20	0.028	0.020	0.001	0.18	0.25	-16	15.3

Amostras do ponto S1D2-5

Amostras do ponto S1D2-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
06/05/08	0.314	0.022	0.022	0.057	0.0563	0.36	0.099	0.075	0.001	0.47	0.54	-6.5	24.0
03/06/08	0.160	0.016	0.008	0.022	0.0250	0.34	0.099	0.041	0.001	0.23	0.48	-35	28.0
01/07/08	0.251	0.021	0.003	0.022	0.0113	0.29	0.062	0.029	0.027	0.31	0.40	-14	25.0
05/08/08	2.570	0.306	0.008	0.066	0.0215	2.54	0.028	0.622	0.001	2.97	3.19	-3.5	230
02/09/08	0.183	0.021	0.006	0.022	0.0096	0.27	0.076	0.117	0.021	0.24	0.49	-34	26.0
30/09/08	0.268	0.030	0.003	0.022	0.0100	0.33	0.059	0.126	0.037	0.33	0.55	-25	34.0
04/11/08	0.257	0.025	0.092	0.022	0.0019	0.29	0.062	0.061	0.033	0.40	0.45	-6.0	31.0
02/12/08	0.180	0.029	0.012	0.057	0.0382	0.32	0.073	0.007	0.023	0.32	0.43	-15	27.0
04/03/09	0.172	0.024	0.009	0.022	0.2078	0.25	0.071	0.026	0.001	0.43	0.35	11	23.0
05/05/09	0.198	0.023	0.009	0.022	0.0203	0.29	0.059	0.007	0.001	0.27	0.35	-13	25.0
03/06/09	0.122	0.015	0.009	0.022	0.0127	0.28	0.071	0.007	0.001	0.18	0.36	-33	23.1
30/06/09	0.208	0.021	0.005	0.043	0.0059	0.29	0.071	0.007	0.001	0.28	0.36	-12	25.8
04/08/09	0.247	0.037	0.017	0.022	0.0330	0.21	0.109	0.007	0.001	0.36	0.33	3.9	26.9
10/09/09	0.268	0.024	0.007	0.056	0.0164	0.33	0.065	0.007	0.002	0.37	0.40	-4.0	28.6
06/10/09	0.207	0.014	0.011	0.057	0.0031	0.23	0.068	0.039	0.001	0.29	0.34	-7.7	25.5
04/11/09	0.255	0.021	0.003	0.069	0.0106	0.22	0.118	0.044	0.119	0.36	0.50	-16	31.3
24/11/09	0.277	0.172	0.095	0.193	0.0004	0.26	0.076	0.007	0.001	0.74	0.35	36	24.7
02/02/10	3.019	0.806	0.011	0.051	0.0319	3.98	0.028	0.025	0.001	3.92	4.03	-1.4	370



### B.3.1.2 Balanços Iônicos para as Amostras dos Poços de Monitoramento

Na Tabela B.8 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras dos 23 poços de monitoramento, durante o período de julho de 2007 a julho de 2010. Nessas tabelas foram incluídos os valores da condutividade elétrica medida em laboratório.

Tabela B.8 Balanços Iônicos para as Amostras dos Poços de Monitoramento

Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
Amostras do ponto PC-01													
12/07/10	2.666	0.427	0.029	0.108	0.051	3.781	0.028	0.088	0.292	3.29	4.19	-12.0	148
04/08/10	1.773	0.254	0.023	0.079	0.045	3.815	0.028	0.095	0.167	2.18	4.10	-30.6	90.2
01/09/10	1.913	0.230	0.026	0.083	0.044	3.571	0.183	0.049	0.288	2.31	4.09	-27.9	148
05/10/10	1.373	0.250	0.018	0.032	0.013	3.285	0.183	0.013	0.194	1.70	3.67	-36.8	61.5
05/11/10	0.854	0.113	0.016	0.161	0.034	3.454	0.042	0.018	0.262	1.18	3.78	-52.4	62.1
07/12/10	0.150	0.016	0.003	0.032	0.048	3.352	0.056	0.069	0.133	0.25	3.61	-87.1	40.3
Amostras do ponto PC-02													
12/07/10	0.050	0.000	0.003	0.032	0.021	3.693	0.014	0.014	0.031	0.11	3.75	-94.5	8.32
04/08/10	0.110	0.009	0.008	0.032	0.011	1.424	0.014	0.016	0.031	0.17	1.49	-79.5	8.40
05/10/10	0.015	0.001	0.003	0.032	0.019	3.517	0.113	0.007	0.009	0.07	3.65	-96.2	6.80
05/11/10	0.010	0.000	0.003	0.032	0.028	0.386	0.056	0.009	0.013	0.07	0.46	-72.8	5.25
07/12/10	0.046	0.002	0.003	0.032	0.026	3.815	0.056	0.024	0.030	0.11	3.92	-94.6	7.08
Amostras do ponto PC-03													
12/07/10	0.171	0.000	0.003	0.032	0.007	3.833	0.014	0.005	0.045	0.21	3.90	-89.6	12.2
04/08/10	0.090	0.001	0.003	0.032	0.007	2.398	0.014	0.006	0.012	0.13	2.43	-89.6	11.3
01/09/10	0.299	0.021	0.006	0.032	0.048	3.268	0.071	0.012	0.182	0.41	3.53	-79.4	27.3
05/10/10	0.139	0.026	0.003	0.032	0.043	3.835	0.056	0.009	0.060	0.24	3.96	-88.4	12.2
05/11/10	0.023	0.003	0.003	0.032	0.044	3.795	0.028	0.005	0.049	0.10	3.88	-94.8	7.08
07/12/10	0.162	0.011	0.003	0.032	0.010	3.902	0.056	0.019	0.038	0.22	4.02	-89.7	6.06
Amostras do ponto PC-04													
12/07/10	1.102	0.146	0.025	0.032	0.053	2.398	0.028	0.015	0.032	1.37	2.47	-28.7	63.4
04/08/10	1.285	0.169	0.027	0.032	0.009	4.007	0.028	0.030	0.017	1.54	4.08	-45.3	34.3
01/09/10	0.660	0.083	0.020	0.032	0.049	2.383	0.099	0.010	0.072	0.85	2.56	-50.3	41.6
05/10/10	1.305	0.298	0.023	0.032	0.037	3.882	0.028	0.017	0.004	1.71	3.93	-39.4	22.2
05/11/10	0.395	0.026	0.012	0.032	0.036	2.669	0.155	0.027	0.051	0.50	2.90	-70.6	19.9
07/12/10	0.308	0.037	0.011	0.032	0.019	2.499	0.056	0.047	0.038	0.41	2.64	-73.2	25.2
Amostras do ponto PC-05													
12/07/10	0.222	0.011	0.003	0.032	0.018	1.790	0.028	0.047	0.035	0.29	1.90	-73.9	26.0
04/08/10	0.219	0.014	0.003	0.032	0.044	2.486	0.014	0.044	0.013	0.31	2.56	-78.3	17.8
01/09/10	0.270	0.018	0.008	0.032	0.027	2.308	0.113	0.010	0.070	0.36	2.50	-75.1	30.5
05/10/10	0.209	0.026	0.003	0.032	0.047	2.519	0.028	0.002	0.032	0.32	2.58	-78.1	15.9
05/11/10	0.134	0.016	0.003	0.032	0.022	2.736	0.028	0.015	0.029	0.21	2.81	-86.2	26.4
Amostras do ponto PC-06													
13/07/10	0.731	0.280	0.017	0.853	0.026	2.508	0.056	0.105	0.510	1.91	3.18	-25.0	136
03/08/10	0.542	0.182	0.019	0.478	0.020	2.280	0.085	0.026	0.184	1.24	2.57	-34.9	76.6
30/08/10	0.563	0.185	0.011	0.285	0.048	2.662	0.045	0.037	0.143	1.09	2.89	-45.0	53.8

Tabela B.8 Continuação

Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
Amostras do ponto PC-06													
06/10/10	0.208	0.073	0.003	0.115	0.050	2.853	0.183	0.028	0.173	0.45	3.24	-75.6	34.3
05/11/10	0.171	0.055	0.009	0.200	0.004	2.711	0.240	0.037	0.069	0.44	3.06	-74.9	
09/12/10	0.188	0.058	0.007	0.211	0.020	2.681	0.155	0.023	0.091	0.49	2.95	-71.7	
Amostras do ponto PC-07													
03/08/10	0.227	0.089	0.560	0.312	0.024	2.601	0.042	0.023	0.025	1.21	2.69	-37.8	119
30/08/10	0.201	0.059	0.622	0.305	0.052	2.780	0.068	0.045	0.096	1.24	2.99	-41.3	443
06/10/10	3.130	0.005	1.566	0.415	0.045	2.718	0.141	0.053	0.135	5.17	3.05	25.8	515
05/11/10	3.165	0.002	1.485	0.422	0.030	3.017	0.141	0.037	0.083	5.11	3.28	21.8	307
09/12/10	3.243	0.000	1.388	0.370	0.006	2.823	0.000	0.002	0.099	5.01	2.92	26.3	45.6
Amostras do ponto PC-07													
03/08/10	0.227	0.089	0.560	0.312	0.024	2.601	0.042	0.023	0.025	1.21	2.69	-37.8	119
30/08/10	0.201	0.059	0.622	0.305	0.052	2.780	0.068	0.045	0.096	1.24	2.99	-41.3	443
06/10/10	3.130	0.005	1.566	0.415	0.045	2.718	0.141	0.053	0.135	5.17	3.05	25.8	515
05/11/10	3.165	0.002	1.485	0.422	0.030	3.017	0.141	0.037	0.083	5.11	3.28	21.8	307
09/12/10	3.243	0.000	1.388	0.370	0.006	2.823	0.000	0.002	0.099	5.01	2.92	26.3	45.6
Amostras do ponto PC-08													
13/07/10	3.548	0.410	0.015	0.032	0.022	2.738	0.056	0.081	0.296	4.03	3.17	11.9	296
03/08/10	3.208	0.361	0.017	0.083	0.032	2.825	0.056	0.028	0.061	3.70	2.97	10.9	255
30/08/10	3.816	0.443	0.021	0.032	0.025	2.845	0.039	0.015	0.031	4.34	2.93	19.4	286
06/10/10	3.950	0.487	0.017	0.032	0.031	2.910	0.141	0.030	0.004	4.52	3.08	18.9	264
05/11/10	2.839	0.311	0.012	0.032	0.018	2.627	0.028	0.027	0.066	3.21	2.75	7.8	273
09/12/10	3.224	0.346	0.014	0.032	0.002	2.555	0.000	0.031	0.048	3.62	2.63	15.7	281
Amostras do ponto PC-09													
11/08/10	1.888	0.231	0.003	0.032	0.008	2.728	0.042	0.009	0.058	2.16	2.84	-13.5	168
09/09/10	1.547	0.218	0.003	0.022	0.017	2.715	0.282	0.002	0.075	1.81	3.07	-26.0	178
21/10/10	1.941	0.242	0.011	0.032	0.054	2.726	0.028	0.030	0.004	2.28	2.79	-10.0	198
13/10/10	2.072	0.251	0.003	0.032	0.041	2.490	0.071	0.009	0.021	2.40	2.59	-3.8	173
09/11/10	1.940	0.270	0.010	0.074	0.038	3.490	0.056	0.019	0.383	2.33	3.95	-25.7	192
14/12/201	1.024	0.115	0.003	0.032	0.016	2.398	0.071	0.034	0.034	1.19	2.54	-36.1	186
Amostras do ponto PC-10													
09/08/10	0.027	0.032	0.014	0.032	0.031	2.398	0.056	0.006	0.037	0.14	2.50	-89.7	9.60
20/10/10	0.034	0.018	0.008	0.032	0.049	2.827	0.028	0.002	0.004	0.14	2.86	-90.6	13.1
08/09/10	0.032	0.017	0.017	0.032	0.025	2.988	0.042	0.006	0.004	0.12	3.04	-92.2	13.6
14/10/10	0.052	0.012	0.007	0.032	0.023	3.055	0.282	0.008	0.029	0.13	3.37	-92.7	11.2
10/11/10	0.156	0.017	0.003	0.032	0.042	2.794	0.987	0.007	0.098	0.25	3.89	-87.9	35.8
15/12/10	0.023	0.004	0.003	0.032	0.021	2.872	0.085	0.023	0.032	0.08	3.01	-94.6	11.6
Amostras do ponto PC-11													
09/08/10	0.052	0.028	0.025	0.032	0.043	2.935	0.042	0.016	0.212	0.18	3.20	-89.3	32.5
08/09/10	0.022	0.019	0.008	0.032	0.021	2.788	0.141	0.008	0.036	0.10	2.97	-93.3	10.9
20/10/10	0.036	0.019	0.008	0.032	0.016	3.788	0.028	0.011	0.004	0.11	3.83	-94.4	11.1
14/10/10	0.035	0.025	0.008	0.032	0.035	2.596	0.028	0.010	0.021	0.14	2.66	-90.2	12.1
10/11/10	0.038	0.015	0.003	0.032	0.029	2.912	0.099	0.011	0.074	0.12	3.10	-92.8	11.6
Amostras do ponto PC-12													
11/08/10	1.327	0.087	0.015	0.032	0.015	2.607	0.042	0.033	0.076	1.48	2.76	-30.1	90.3
09/09/10	0.599	0.123	0.006	0.032	0.016	2.709	0.212	0.002	0.093	0.78	3.02	-58.8	25.0

Tabela B.8 Continuação

Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
Amostras do ponto PC-12													
21/10/10	2.026	0.474	0.024	0.032	0.056	2.550	0.028	0.002	0.004	2.62	2.58	0.6	29.2
13/10/10	1.625	0.074	0.013	0.032	0.030	2.748	0.056	0.014	0.015	1.78	2.83	-22.9	56.8
09/11/10	0.149	0.010	0.003	0.032	0.034	2.826	0.071	0.009	0.100	0.23	3.01	-85.9	22.0
14/12/10	0.102	0.003	0.003	0.032	0.011	2.790	0.085	0.031	0.034	0.15	2.94	-90.2	16.9
Amostras do ponto PC-13													
09/08/10	0.635	0.099	0.032	0.032	0.011	2.661	0.056	0.075	0.044	0.81	2.84	-55.6	58.9
08/09/10	0.584	0.077	0.014	0.032	0.014	2.506	0.141	0.045	0.106	0.72	2.80	-59.0	67.8
20/10/10	0.653	0.082	0.011	0.032	0.015	2.831	0.028	0.081	0.021	0.79	2.96	-57.8	73.0
14/10/10	0.605	0.089	0.010	0.032	0.010	2.942	0.056	0.063	0.027	0.75	3.09	-61.1	80.0
10/11/10	0.477	0.059	0.074	0.032	0.017	2.950	0.085	0.035	0.150	0.66	3.22	-66.0	66.6
15/12/10	0.585	0.071	0.011	0.032	0.011	2.972	0.085	0.093	0.041	0.71	3.19	-63.6	84.0
Amostras do ponto PC-14													
11/08/10	1.624	0.897	0.051	0.032	0.031	2.801	0.028	0.015	0.139	2.64	2.98	-6.1	245
09/09/10	2.445	0.251	0.005	0.022	0.016	2.836	0.282	0.007	0.137	2.74	3.26	-8.7	114
21/10/10	1.514	0.215	0.018	0.032	0.057	2.941	0.028	0.057	0.074	1.84	3.10	-25.6	134
14/12/10	0.398	0.031	0.007	0.032	0.029	2.398	0.155	0.002	0.298	0.50	2.85	-70.3	66.0
Amostras do ponto PC-15													
11/08/10	0.149	0.029	0.003	0.032	0.036	2.774	0.028	0.147	0.145	0.25	3.09	-85.1	169
09/09/10	0.080	0.053	0.003	0.032	0.020	2.574	0.113	0.002	0.131	0.19	2.82	-87.5	12.1
21/10/10	0.055	0.037	0.008	0.032	0.047	2.480	0.014	0.015	0.043	0.18	2.55	-86.9	14.1
13/10/10	0.133	0.067	0.078	0.032	0.035	2.444	0.056	0.010	0.092	0.35	2.60	-76.5	5154.0
09/11/10	0.060	0.008	0.003	0.032	0.020	2.607	0.042	0.006	0.129	0.12	2.79	-91.5	18.5
14/12/10	0.050	0.000	0.025	0.032	0.007	3.607	0.183	0.002	0.103	0.11	3.90	-94.3	23.4
Amostras do ponto PC-16													
11/08/10	0.029	0.008	0.003	0.032	0.001	2.157	0.028	0.006	0.031	0.07	2.22	-93.6	10.9
09/09/10	0.045	0.016	0.003	0.032	0.018	2.364	0.071	0.002	0.004	0.11	2.44	-91.0	11.1
21/10/10	0.123	0.011	0.008	0.032	0.007	2.424	0.014	0.009	0.004	0.18	2.45	-86.3	11.1
13/10/10	0.023	0.005	0.003	0.032	0.014	2.452	0.056	0.011	0.021	0.08	2.54	-94.1	58.3
09/11/10	0.055	0.011	0.003	0.032	0.017	2.618	0.028	0.006	0.042	0.12	2.70	-91.6	14.9
14/12/10	0.037	0.000	0.019	0.032	0.021	2.722	0.071	0.002	0.031	0.11	2.83	-92.6	9.50
Amostras do ponto PC-17													
17/08/10	1.606	0.176	0.021	0.071	0.048	2.379	0.183	0.018	0.252	1.92	2.83	-19.1	131
14/09/10	0.944	0.179	0.026	0.032	0.059	2.937	0.212	0.031	0.203	1.24	3.38	-46.2	120
27/10/10	2.214	0.181	0.018	0.092	0.012	2.542	0.141	0.037	0.055	2.52	2.77	-4.8	110
20/10/10	0.843	0.116	0.017	0.082	0.032	3.542	0.071	0.024	0.267	1.09	3.90	-56.2	68.2
17/11/10	0.738	0.088	0.008	0.032	0.013	2.370	0.085	0.024	0.380	0.88	2.86	-52.9	84.2
20/12/10	0.518	0.081	0.008	0.032	0.033	2.515	0.127	0.041	0.375	0.67	3.06	-64.0	78.0
Amostras do ponto PC-18													
17/08/10	0.163	0.036	0.013	0.032	0.038	2.393	0.071	0.006	0.062	0.28	2.53	-79.9	14.5
27/10/10	0.131	0.013	0.007	0.032	0.027	2.360	0.028	0.019	0.083	0.21	2.49	-84.4	20.5
14/09/10	0.062	0.013	0.009	0.032	0.014	2.800	0.141	0.012	0.118	0.13	3.07	-91.8	22.2
20/10/10	0.064	0.020	0.009	0.032	0.025	2.500	0.056	0.229	0.096	0.15	2.88	-90.1	68.2
17/11/10	0.416	0.025	0.008	0.032	0.009	3.886	0.085	0.023	0.059	0.49	4.05	-78.5	13.7
20/12/10	0.047	0.004	0.003	0.032	0.047	3.820	0.113	0.002	0.092	0.13	4.03	-93.6	27.3

Tabela B.8 Continuação

Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
Amostras do ponto PC-19													
17/08/10	0.125	0.069	0.008	0.032	0.044	3.063	0.099	0.033	0.246	0.28	3.44	-85.0	13.3
27/10/10	0.214	0.019	0.003	0.032	0.050	3.621	0.028	0.041	0.081	0.32	3.77	-84.4	21.4
14/09/10	0.128	0.118	0.021	0.032	0.046	4.621	0.183	0.032	0.213	0.35	5.05	-87.2	10.4
20/10/10	0.418	0.095	0.011	0.032	0.053	5.621	0.056	0.032	0.083	0.61	5.79	-81.0	17.0
17/11/10	0.216	0.020	0.018	0.032	0.019	6.621	0.071	0.047	0.070	0.30	6.81	-91.4	25.4
20/12/10	0.093	0.009	0.009	0.032	0.033	7.621	0.099	0.002	0.087	0.18	7.81	-95.6	16.9
Amostras do ponto PC-20													
17/08/10	1.734	0.094	0.012	0.032	0.056	3.752	0.212	0.015	0.375	1.93	4.35	-38.6	145
27/10/10	1.615	0.091	0.017	0.032	0.003	3.949	0.028	0.016	0.285	1.76	4.28	-41.6	187
14/09/10	1.867	0.174	0.021	0.032	0.025	3.949	0.282	0.015	0.286	2.12	4.53	-36.2	121
20/10/10	1.368	0.146	0.018	0.032	0.021	3.777	0.085	0.015	0.314	1.59	4.19	-45.0	105
17/11/10	0.059	0.005	0.003	0.032	0.051	3.262	0.099	0.046	0.024	0.15	3.43	-91.6	7.95
20/12/10	0.332	0.021	0.003	0.032	0.030	3.850	0.056	0.002	0.336	0.42	4.24	-82.0	69.7
Amostras do ponto PC-21													
17/08/10	0.173	0.014	0.003	0.032	0.036	3.778	0.099	0.027	0.060	0.26	3.96	-87.7	10.3
27/10/10	0.068	0.008	0.003	0.032	0.007	3.827	0.028	0.041	0.044	0.12	3.94	-94.2	13.9
14/09/10	0.045	0.016	0.003	0.032	0.045	4.116	0.085	0.027	0.084	0.14	4.31	-93.7	11.6
20/10/10	0.024	0.018	0.003	0.032	0.054	2.971	0.042	0.031	0.054	0.13	3.10	-91.9	10.0
17/11/10	0.529	0.036	0.007	0.032	0.014	4.281	0.071	0.026	0.462	0.62	4.84	-77.3	85.8
20/12/10	0.335	0.021	0.003	0.032	0.051	4.026	0.071	0.002	0.046	0.44	4.15	-80.7	8.28
Amostras do ponto PC-22													
28/07/10	0.192	0.015	0.009	0.065	0.010	3.778	0.056	0.094	0.004	0.29	3.93	-86.2	29.9
18/08/10	0.300	0.031	0.010	0.032	0.010	3.827	0.141	0.103	0.104	0.38	4.18	-83.2	87.1
15/09/10	0.142	0.016	0.007	0.032	0.042	4.116	0.085	0.103	0.066	0.24	4.37	-89.7	27.7
18/10/10	0.227	0.069	0.003	0.032	0.017	2.971	0.014	0.022	0.038	0.35	3.04	-79.4	20.5
18/11/10	0.119	0.012	0.003	0.032	0.026	4.281	0.056	0.131	0.079	0.19	4.55	-91.9	28.3
22/12/10	0.154	0.016	0.010	0.032	0.007	4.026	0.141	0.101	0.078	0.22	4.35	-90.4	48.2
Amostras do ponto PC-23													
28/07/10	0.342	0.669	0.013	0.088	0.023	3.778	0.042	0.013	0.065	1.13	3.90	-54.9	336
18/08/10	0.314	0.099	0.009	0.032	0.030	3.827	0.141	0.014	0.345	0.48	4.33	-79.9	85.4
15/09/10	0.241	0.067	0.008	0.032	0.062	4.116	0.141	0.026	0.123	0.41	4.40	-83.0	30.6
18/10/10	0.171	0.024	0.007	0.032	0.040	2.971	0.028	0.098	0.118	0.27	3.21	-84.3	33.0
18/11/10	0.160	0.025	0.003	0.032	0.022	4.281	0.113	0.093	0.040	0.24	4.53	-89.9	20.6
22/12/10	0.142	0.020	0.003	0.032	0.0311	4.03	0.0564	0.0271	0.0304	0.23	4.14	-89.6	39.3

### B.3.1.3 Balanços Iônicos para as Amostras das Águas Superficiais

Nas Tabelas B.9 a B.11 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras de águas superficiais, dos pontos de monitoramento no canal de irrigação, córregos e lagoas, coletadas no período de maio de 2008 a maio de 2010. Nessas tabelas foram incluídos os valores da condutividade elétrica medida em laboratório.

Tabela B.9 Balanços Iônicos para as amostras do canal de irrigação

Amostras do ponto S3D2-4													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
20/05/08	1.64	0.283	0.011	0.045	0.034	2.87	0.130	0.116	0.001	2.01	3.11	-21	220
17/06/08	2.30	0.284	0.019	0.022	0.015	2.68	0.059	0.099	0.001	2.64	2.83	-3.6	215
15/07/08	2.35	0.282	0.020	0.043	0.016	2.55	0.079	0.026	0.129	2.71	2.78	-1.3	235
19/08/08	2.35	0.282	0.020	0.022	0.096	2.55	0.079	0.026	0.001	2.77	2.66	2.1	225
16/09/08	0.202	0.317	0.010	0.022	0.014	2.77	0.085	0.056	0.001	0.56	2.91	-68	215
14/10/08	2.46	0.276	0.013	0.022	0.018	2.81	0.065	0.225	0.133	2.79	3.24	-7.5	240
18/11/08	3.08	0.246	0.009	0.043	0.020	2.55	0.028	0.007	0.001	3.40	2.58	14	210
17/12/08	1.90	0.225	0.340	0.043	0.020	2.50	0.056	0.069	0.001	2.53	2.62	-1.8	205
20/01/09	2.19	0.241	0.014	0.048	0.013	2.76	0.085	0.025	0.252	2.50	3.12	-11	225
18/02/09	1.82	0.206	0.008	0.022	0.002	2.11	0.085	0.141	0.001	2.06	2.34	-6.4	195
17/03/09	1.76	0.245	0.012	0.022	0.035	2.45	0.079	0.066	0.001	2.08	2.60	-11	230
23/04/09	2.33	0.235	0.015	0.022	0.003	2.37	0.076	0.007	0.001	2.60	2.46	2.8	215
19/05/09	2.49	0.241	0.007	0.022	0.017	2.59	0.056	0.007	0.001	2.78	2.66	2.2	252
17/06/09	2.13	0.253	0.010	0.022	0.006	2.83	0.056	0.007	0.002	2.42	2.90	-9.0	215
13/07/09	2.19	0.217	0.014	0.060	0.063	2.69	0.059	0.007	0.002	2.55	2.76	-4.1	243
25/08/09	3.49	0.314	0.023	0.093	0.048	2.79	0.079	0.007	0.001	3.97	2.88	16	221
21/09/09	2.56	0.244	0.010	0.077	0.021	2.82	0.076	0.007	0.001	2.92	2.90	0.2	225
20/10/09	2.33	0.318	0.011	0.022	0.016	2.75	0.071	0.026	0.001	2.70	2.85	-2.7	226
17/11/09	2.58	0.295	0.007	0.022	0.021	2.72	0.090	0.018	0.001	2.93	2.83	1.7	233
10/12/09	1.55	0.211	0.011	0.058	0.008	2.36	0.082	0.021	0.001	1.84	2.47	-14.7	216
19/01/10	2.36	0.290	0.014	0.022	0.019	2.63	0.212	0.007	0.001	2.71	2.85	-2.6	245
03/03/10	2.60	0.286	0.008	0.032	0.045	2.82	0.028	0.026	0.001	2.97	2.88	1.7	262
24/03/10	2.37	0.276	0.017	0.032	0.009	2.70	0.028	0.019	0.001	2.70	2.75	-0.9	247
27/04/10	2.52	0.292	0.011	0.032	0.000	2.80	0.028	0.007	0.001	2.85	2.84	0.3	254
18/05/10	2.63	0.296	0.009	0.032	0.016	2.94	0.028	0.007	0.001	2.98	2.98	0.1	255

Amostras do ponto S3D2-5

Amostras do ponto S3D2-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
20/05/08	1.64	0.286	0.018	0.061	0.024	2.71	0.116	0.114	0.001	2.03	2.94	-18	215
17/06/08	2.03	0.283	0.021	0.044	0.016	2.55	0.087	0.083	0.001	2.39	2.72	-6.4	210
15/07/08	2.30	0.284	0.019	0.043	0.026	2.68	0.059	0.099	0.104	2.67	2.94	-4.8	200
19/08/08	2.47	0.291	0.025	0.022	0.020	2.40	0.124	0.020	0.152	2.83	2.69	2.4	225
16/09/08	2.54	0.314	0.013	0.022	0.024	2.58	0.076	0.043	0.001	2.91	2.70	3.7	200
14/10/08	2.16	0.276	0.012	0.022	0.001	2.43	0.065	0.265	0.001	2.47	2.76	-5.6	210
18/11/08	3.53	0.247	0.008	0.022	0.018	2.55	0.028	0.007	0.001	3.83	2.58	19	195
17/12/08	1.68	0.209	0.344	0.052	0.018	2.39	0.071	0.158	0.001	2.30	2.62	-6.5	195
20/01/09	2.13	0.213	0.014	0.043	0.018	2.32	0.059	0.007	0.570	2.41	2.96	-10	200
18/02/09	2.05	0.202	0.009	0.022	0.018	2.12	0.079	0.142	0.001	2.30	2.34	-1.0	195

Tabela B.9 Continuação

Amostras do ponto S3D2-5													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
17/03/09	0.956	0.237	0.012	0.022	0.029	2.39	0.076	0.057	0.001	1.26	2.52	-34	215
23/04/09	2.24	0.222	0.017	0.022	0.006	2.22	0.071	0.007	0.001	2.50	2.30	4.2	205
19/05/09	2.42	0.245	0.006	0.022	0.037	2.63	0.056	0.007	0.001	2.73	2.69	0.7	234
17/06/09	1.97	0.257	0.008	0.049	0.013	2.66	0.068	0.007	0.002	2.29	2.74	-8.8	210
13/07/09	2.22	0.218	0.013	0.060	0.047	2.68	0.096	0.007	0.002	2.56	2.78	-4.2	231
25/08/09	2.74	0.311	0.029	0.089	0.021	2.59	0.093	0.007	0.001	3.19	2.69	8.5	208
21/09/09	2.30	0.311	0.014	0.078	0.037	2.42	0.056	0.007	0.001	2.74	2.49	4.7	195
20/10/09	2.15	0.317	0.019	0.022	0.016	2.52	0.090	0.017	0.001	2.53	2.63	-2.0	209
17/11/09	2.36	0.286	0.009	0.022	0.021	2.57	0.104	0.016	0.001	2.70	2.69	0.1	219
10/12/09	1.55	0.235	0.007	0.047	0.021	2.42	0.090	0.021	0.001	1.86	2.53	-15	224
19/01/10	2.36	0.286	0.008	0.022	0.037	2.70	0.085	0.007	0.001	2.72	2.79	-1.4	230
03/03/10	2.39	0.267	0.024	0.032	0.029	2.61	0.028	0.025	0.001	2.75	2.66	1.6	242
24/03/10	2.47	0.282	0.023	0.032	0.018	2.69	0.028	0.019	0.001	2.83	2.74	1.6	247
27/04/10	2.40	0.289	0.012	0.032	0.010	2.80	0.028	0.007	0.001	2.74	2.83	-1.7	246
18/05/10	2.60	0.300	0.011	0.032	0.017	2.83	0.028	0.007	0.001	2.96	2.87	1.6	257

Na Tabela B.10 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras dos pontos de monitoramento localizados nos córregos na área de estudo.

Tabela B.10 Balanços Iônicos para as Amostras dos Córregos

Amostras do ponto S1D1-1													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
05/05/08	0.308	0.128	0.051	0.213	0.007	0.855	0.127	0.102	0.004	0.709	1.09	-21	63.0
02/06/08	0.366	0.092	0.045	0.190	0.002	0.765	0.113	0.182	0.804	0.696	1.86	-46	75.0
30/06/08	0.563	0.128	0.040	0.183	0.017	0.661	0.104	0.168	0.012	0.932	0.946	-0.7	73.0
04/08/08	1.40	0.186	0.027	0.113	0.001	1.32	0.085	0.530	0.008	1.73	1.94	-5.7	120
01/09/08	0.649	0.171	0.041	0.212	0.032	0.927	0.096	4.326	0.189	1.11	5.54	-67	85.0
29/09/08	1.83	0.303	0.031	0.078	0.030	2.25	0.147	0.479	0.001	2.27	2.88	-12	200
03/11/08	2.34	0.344	0.031	0.022	0.003	2.45	0.056	0.081	0.691	2.74	3.28	-9.0	215
01/12/08	1.71	0.278	0.018	0.057	0.030	2.43	0.073	0.032	0.379	2.10	2.91	-16	220
05/01/09	1.76	0.221	0.033	0.074	0.011	1.69	0.056	0.067	0.044	2.10	1.86	6.0	155
02/02/09	0.899	0.126	0.037	0.089	0.029	1.05	0.090	0.074	0.001	1.18	1.21	-1.2	110
03/03/09	1.47	0.196	0.022	0.061	0.038	1.64	0.085	0.081	0.001	1.78	1.81	-0.6	160
06/04/09	1.93	0.228	0.014	0.083	0.037	1.17	0.104	0.397	0.001	2.29	1.68	16	210
04/05/09	0.81	0.103	0.023	0.064	0.001	0.911	0.110	0.007	0.001	1.00	1.03	-1.5	82.0
02/06/09	1.35	0.179	0.014	0.061	0.049	1.72	0.056	0.016	0.314	1.65	2.11	-12	128
29/06/09	1.55	0.187	0.017	0.054	0.001	1.80	0.056	0.007	0.002	1.81	1.87	-1.5	152
03/08/09	1.41	0.225	0.035	0.057	0.048	1.71	0.079	0.007	0.142	1.77	1.94	-4.6	154
09/09/09	1.18	0.111	0.041	0.060	0.026	0.577	0.183	0.461	0.135	1.47	1.36	4.1	96.6
05/10/09	2.18	0.312	0.016	0.081	0.003	2.53	0.206	0.021	0.001	2.59	2.75	-3.0	239
03/11/09	2.35	0.295	0.020	0.067	0.030	2.07	0.109	0.027	0.001	2.76	2.20	11	189
23/11/09	2.14	0.308	0.019	0.057	0.015	2.37	0.076	0.026	0.001	2.54	2.48	1.2	223
01/02/10	1.55	0.247	0.014	0.057	0.009	1.86	0.028	0.029	0.001	1.87	1.92	-1.1	155
11/03/10	1.77	0.246	0.025	0.032	0.052	1.97	0.028	0.017	0.048	2.12	2.07	1.4	184
05/04/10	1.97	0.286	0.016	0.032	0.026	2.12	0.028	0.015	0.001	2.33	2.16	3.7	211
04/05/10	1.91	0.295	0.015	0.066	0.025	2.57	0.028	0.021	0.001	2.31	2.62	-6.4	205

Tabela B.10 Continuação

Data de coleta	Amostras do ponto S1D2-2											Erro (%)	CE (µS/cm)
	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)												
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
03/06/08	1.85	0.239	0.017	0.094	0.019	2.99	0.102	0.076	0.001	2.22	3.17	-18	240
01/07/08	2.14	0.343	0.017	0.061	0.020	2.74	0.056	0.093	0.110	2.58	3.00	-7.5	240
05/08/08	2.38	0.309	0.008	0.062	0.024	2.77	0.028	0.655	0.001	2.78	3.46	-11	245
02/09/08	1.36	0.328	0.008	0.048	0.042	2.86	0.068	0.161	0.023	1.79	3.11	-27	255
30/09/08	0.744	0.135	0.032	0.145	0.024	2.99	0.110	0.139	0.110	1.08	3.35	-51	280
04/11/08	2.83	0.335	0.023	0.072	0.009	3.11	0.090	0.099	0.015	3.27	3.32	-0.6	270
02/12/08	2.18	0.313	0.012	0.061	0.012	3.23	0.076	0.018	0.015	2.58	3.34	-13	275
06/01/09	1.67	0.217	0.094	0.109	0.021	1.40	0.705	0.014	0.304	2.11	2.42	-6.9	185
03/02/09	2.21	0.251	0.037	0.078	0.015	2.33	0.102	0.051	0.001	2.59	2.48	2.2	225
04/03/09	2.05	0.252	0.017	0.060	0.003	2.55	0.113	0.080	0.001	2.38	2.74	-7.1	240
07/04/09	1.67	0.250	0.031	0.087	0.025	1.84	0.085	0.007	0.001	2.07	1.93	3.4	215
05/05/09	2.37	0.270	0.020	0.060	0.019	2.59	0.107	0.007	0.001	2.74	2.71	0.6	225
03/06/09	2.57	0.274	0.020	0.081	0.029	3.02	0.085	0.007	0.001	2.98	3.12	-2.2	269
30/06/09	2.52	0.255	0.079	0.043	0.017	2.63	0.096	0.031	0.021	2.92	2.78	2.4	269
04/08/09	2.80	0.344	0.018	0.054	0.022	3.02	0.113	0.020	0.001	3.24	3.16	1.3	263
10/09/09	2.91	0.398	0.026	0.088	0.026	3.20	0.082	0.007	0.001	3.45	3.29	2.4	257
06/10/09	2.00	0.304	0.015	0.075	0.017	3.06	0.073	0.044	0.001	2.41	3.18	-14	279
04/11/09	2.53	0.353	0.026	0.108	0.039	2.80	0.065	0.044	0.001	3.06	2.91	2.4	245
24/11/09	0.117	0.009	0.003	0.022	0.003	3.23	0.186	0.018	0.001	0.154	3.44	-91	299
02/02/10	2.49	0.341	0.015	0.142	0.021	2.89	0.028	0.021	0.001	3.00	2.94	1.1	290
10/03/10	2.49	0.295	0.028	0.074	0.015	2.81	0.028	0.032	0.001	2.90	2.87	0.6	251
07/04/10	2.49	0.299	0.030	0.080	0.026	2.90	0.028	0.023	0.001	2.93	2.96	-0.5	241
05/05/10	2.57	0.313	0.013	0.032	0.025	3.04	0.028	0.030	0.017	2.95	3.11	-2.7	269

Amostras do ponto S3D1-4

Data de coleta	Amostras do ponto S3D1-4											Erro (%)	CE (µS/cm)
	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)												
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
19/05/08	1.51	0.377	0.011	0.047	0.002	2.25	0.073	0.109	0.175	1.94	2.61	-15	195
16/06/08	1.30	0.160	0.032	0.249	0.027	1.47	0.113	0.093	0.001	1.77	1.68	2.7	140
14/07/08	1.12	0.123	0.033	0.218	0.048	1.28	0.102	0.365	0.069	1.55	1.82	-8.2	130
18/08/08	1.19	0.163	0.044	0.209	0.026	1.31	0.099	0.068	0.010	1.64	1.49	4.6	135
15/09/08	1.01	0.123	0.011	0.103	0.024	1.36	0.107	0.184	0.098	1.27	1.75	-16	145
13/10/08	1.10	0.155	0.038	0.232	0.024	1.48	0.085	0.559	0.001	1.55	2.13	-16	140
16/12/08	0.823	0.136	0.174	0.126	0.026	1.27	0.085	0.128	0.235	1.29	1.72	-14	115
19/11/08	0.931	0.169	0.053	0.204	0.035	1.66	0.071	0.007	0.001	1.39	1.74	-11	155
19/01/09	0.903	0.105	0.017	0.104	0.007	0.861	0.243	0.007	0.001	1.14	1.11	1.1	110
17/02/09	0.827	0.146	0.038	0.143	0.007	1.38	0.118	0.142	0.033	1.16	1.67	-18	225
16/03/09	1.18	0.153	0.025	0.106	0.024	1.35	0.099	0.061	0.001	1.49	1.52	-0.8	135
22/04/09	0.040	0.160	0.039	0.139	0.001	1.31	0.099	0.007	0.001	0.379	1.42	-58	125
18/05/09	1.03	0.140	0.019	0.182	0.022	0.156	0.093	0.007	0.001	1.40	0.257	69	129
16/06/09	1.04	0.155	0.018	0.130	0.018	1.44	0.076	0.007	0.001	1.36	1.53	-5.6	120
14/07/09	1.03	0.193	0.023	0.192	0.064	1.39	0.169	0.041	0.001	1.51	1.60	-3.1	144
24/08/09	1.12	0.194	0.049	0.208	0.044	1.41	0.141	0.055	0.001	1.62	1.61	0.3	136
22/09/09	1.24	0.192	0.030	0.191	0.104	1.58	0.178	0.030	0.017	1.75	1.80	-1.4	159
19/10/09	0.514	0.061	0.030	0.074	0.024	0.617	0.099	0.035	0.098	0.703	0.849	-9.4	63
16/11/09	1.42	0.228	0.060	0.180	0.030	1.73	0.121	0.007	0.001	1.92	1.86	1.8	148
09/12/09	1.10	0.156	0.026	0.181	0.036	1.54	0.087	0.027	0.012	1.50	1.67	-5.4	146

Tabela B.10 Continuação

Amostras do ponto S3D1-4													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
18/01/10	1.17	0.197	0.018	0.148	0.049	1.51	0.085	0.007	0.008	1.58	1.61	-1.0	140
04/03/10	1.02	0.152	0.056	0.105	0.004	1.22	0.028	0.026	0.098	1.33	1.37	-1.5	123
22/03/10	1.42	0.198	0.039	0.159	0.036	0.159	0.028	0.024	0.001	1.85	0.212	79	154
19/04/10	1.06	0.174	0.029	0.161	0.024	1.37	0.028	0.016	0.001	1.45	1.42	1.2	131
19/05/10	1.22	0.186	0.028	0.032	0.024	1.45	0.028	0.027	0.004	1.49	1.51	-0.7	139

Amostras do ponto S3D1-6													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
15/09/08	2.67	0.034	0.041	0.054	0.027	1.37	0.144	0.158	0.071	2.83	1.75	24	145
13/10/08	1.07	0.128	0.015	0.092	0.018	1.24	0.087	0.563	0.040	1.32	1.93	-19	120
21/11/08	1.56	0.128	0.022	0.117	0.015	2.42	0.068	0.007	0.004	1.85	2.50	-15	200
16/12/08	2.07	0.136	0.016	0.074	0.011	2.43	0.079	0.161	0.001	2.31	2.67	-7.3	200
19/01/09	1.15	0.161	0.041	0.130	0.020	1.32	0.104	0.007	0.031	1.50	1.46	1.4	130
17/02/09	2.23	0.130	0.022	0.055	0.002	1.81	0.206	0.141	0.366	2.44	2.52	-1.6	200
16/03/09	2.08	0.116	0.016	0.022	0.022	2.19	0.099	0.074	0.302	2.25	2.66	-8.3	220
22/04/09	2.28	0.121	0.019	0.070	0.000	2.10	0.254	0.007	0.258	2.49	2.62	-2.5	210
18/05/09	2.38	0.114	0.011	0.056	0.023	2.35	0.104	0.014	0.266	2.58	2.73	-2.8	226
16/06/09	2.12	0.120	0.008	0.061	0.022	2.35	0.073	0.007	0.210	2.33	2.64	-6.3	195
14/07/09	2.22	0.136	0.014	0.057	0.014	2.32	0.113	0.007	0.204	2.44	2.65	-4.0	218
24/08/09	2.77	0.147	0.012	0.116	0.005	2.48	0.085	0.014	0.015	3.05	2.59	8.1	203
22/09/09	2.13	0.136	0.009	0.072	0.012	0.873	0.068	0.007	0.001	2.36	0.95	43	217
16/11/09	2.20	0.145	0.035	0.077	0.020	2.11	0.096	0.007	0.001	2.48	2.21	5.7	197
09/12/09	1.60	0.115	0.016	0.059	0.014	1.89	0.104	0.029	0.001	1.80	2.03	-5.8	190
18/01/10	2.33	0.134	0.014	0.059	0.042	2.29	0.068	0.007	0.001	2.57	2.36	4.3	215
22/03/10	2.43	0.140	0.020	0.077	0.020	2.43	0.028	0.021	0.001	2.69	2.48	4.0	232
19/04/10	2.35	0.138	0.022	0.077	0.027	0.875	0.028	0.017	0.079	2.62	1.00	44.7	164
19/05/10	2.44	0.140	0.014	0.032	0.017	2.50	0.028	0.015	0.001	2.64	2.54	2.0	236

Amostras do ponto S3D2-1													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
20/05/08	1.42	0.231	0.106	2.858	0.680	4.49	0.942	0.112	0.570	5.30	6.11	-7.1	450
17/06/08	2.53	0.263	0.103	3.810	0.595	4.95	1.083	0.152	1.212	7.30	7.40	-0.7	500
15/07/08	2.27	0.174	0.214	4.959	0.684	5.67	0.846	0.346	2.221	8.31	9.09	-4.5	620
19/08/08	3.20	0.532	0.548	9.004	1.475	9.45	2.821	21.989	3.612	14.8	37.9	-44	1230
16/09/08	2.84	0.328	0.258	3.199	1.020	6.02	1.309	0.389	0.716	7.65	8.44	-4.9	640
14/10/08	2.00	0.510	0.524	9.726	1.735	10.1	3.077	5.767	2.971	14.5	21.9	-20	1300
18/11/08	4.05	0.252	0.130	0.057	0.724	3.00	0.587	0.007	0.598	5.22	4.19	11	380
17/12/08	1.30	0.136	0.379	0.196	0.320	1.70	0.536	0.158	0.712	2.34	3.11	-14	190
20/01/09	2.18	0.263	0.261	0.174	0.555	4.43	0.773	0.070	0.001	3.43	5.28	-21	480
18/02/09	1.96	0.184	0.078	0.573	0.240	2.26	0.353	0.159	0.591	3.03	3.36	-5.1	245
17/03/09	1.69	0.159	0.071	0.497	0.428	1.97	0.285	0.104	0.377	2.85	2.74	1.9	240
23/04/09	2.08	0.213	0.116	0.139	0.608	2.16	0.931	0.007	0.539	3.16	3.63	-7.0	370
19/05/09	2.20	0.211	0.099	1.105	0.840	3.35	0.835	0.007	0.250	4.45	4.44	0.1	384
17/06/09	2.03	0.226	0.192	2.647	0.752	4.88	1.343	0.007	0.412	5.84	6.64	-6.4	480
13/07/09	2.11	0.194	0.174	1.696	0.664	3.99	0.519	0.007	0.325	4.84	4.84	0.1	426
25/08/09	2.46	0.256	0.157	0.759	0.675	3.06	0.451	0.025	0.535	4.31	4.07	2.9	298



Tabela B.10 Continuação

Amostras do ponto S3D2-1													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
21/09/09	2.62	0.244	0.334	2.917	0.732	4.61	2.068	0.023	0.366	6.85	7.07	-1.6	559
20/10/09	1.74	0.216	0.135	0.819	0.284	2.30	0.412	0.030	0.485	3.19	3.22	-0.5	255
17/11/09	2.28	0.277	0.188	1.441	0.767	3.93	0.527	0.023	0.040	4.95	4.52	4.6	407
10/12/09	1.28	0.160	0.049	0.452	0.176	2.05	0.214	0.056	0.423	2.12	2.74	-13	236
19/01/10	2.11	0.247	0.061	1.205	0.312	3.10	0.477	0.007	0.119	3.94	3.70	3.1	340
03/03/10	1.32	0.140	0.098	0.319	0.124	1.49	0.158	0.049	0.181	2.00	1.88	3.1	166
24/03/10	1.95	0.249	0.190	1.706	0.216	3.26	1.045	0.057	0.429	4.31	4.79	-5.3	463
27/04/10	2.12	0.236	0.173	1.785	0.500	4.72	0.598	0.007	0.314	4.81	5.64	-8.0	488
18/05/10	2.13	0.314	0.420	4.097	0.752	6.95	1.509	0.029	1.489	7.71	9.97	-13	877

Amostras do ponto S3D2-2

Amostras do ponto S3D2-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
20/05/08	1.64	0.376	0.143	3.014	1.175	7.22	2.378	1.035	0.393	6.35	11.0	-26.9	800
17/06/08	1.91	0.476	0.103	3.810	1.175	8.46	2.237	0.661	1.586	7.48	12.9	-26.8	950
15/07/08	2.76	0.318	0.361	9.087	1.519	7.92	2.778	4.819	3.623	14.0	19.1	-15.3	1000
19/08/08	2.10	0.462	0.453	7.553	0.724	6.01	0.076	0.525	1.882	11.3	8.49	14.2	660
16/09/08	3.34	0.628	0.591	8.691	1.759	11.2	3.500	4.012	2.132	15.0	20.8	-16.2	1300
14/10/08	2.21	0.502	0.563	9.330	1.607	9.96	3.213	5.529	2.944	14.2	21.6	-20.7	1300
18/11/08	1.87	0.157	0.130	0.052	0.508	2.54	0.691	0.007	0.885	2.72	4.12	-20.5	310
17/12/08	1.76	0.152	0.381	0.196	0.312	1.46	0.733	0.144	0.573	2.80	2.91	-1.9	205
20/01/09	1.91	0.191	0.120	0.174	0.468	2.69	0.403	0.081	0.001	2.87	3.18	-5.2	290
18/02/09	1.84	0.220	0.121	1.079	0.292	2.76	0.468	0.153	0.339	3.56	3.72	-2.3	310
17/03/09	2.22	0.272	0.193	2.121	0.412	3.22	1.518	0.258	0.443	5.22	5.44	-2.1	480
23/04/09	1.87	0.271	0.177	0.139	0.615	6.90	1.283	0.007	0.872	3.07	9.06	-49.3	630
19/05/09	2.62	0.315	0.245	3.312	0.784	4.52	2.279	0.007	0.529	7.28	7.34	-0.4	630
17/06/09	2.14	0.359	0.402	4.959	0.867	7.07	2.130	0.007	0.981	8.72	10.2	-7.7	760
13/07/09	2.23	0.247	0.284	2.345	0.980	4.16	0.905	0.007	0.352	6.08	5.43	5.7	522
25/08/09	2.96	0.392	0.383	3.247	1.004	5.59	1.326	0.018	0.543	7.98	7.48	3.3	599
21/09/09	2.78	0.405	0.537	4.224	1.404	6.84	2.155	0.024	0.604	9.35	9.62	-1.4	749
20/10/09	1.46	0.203	0.155	0.689	0.340	1.89	0.482	0.038	0.639	2.85	3.05	-3.3	222
17/11/09	1.87	0.249	0.265	2.134	0.535	4.11	0.440	0.027	0.050	5.05	4.62	4.4	421
10/12/09	1.30	0.222	0.128	1.340	1.187	3.46	0.494	0.061	0.150	4.18	4.16	0.2	371
19/01/10	2.09	0.314	0.243	4.189	0.344	4.78	1.227	0.007	0.485	7.18	6.50	5.0	570
03/03/10	1.57	0.170	0.134	0.716	0.156	2.16	0.324	0.042	0.331	2.75	2.86	-2.0	249
24/03/10	1.95	0.253	0.188	1.738	0.212	3.29	0.987	0.052	0.454	4.35	4.78	-4.7	465
27/04/10	2.49	0.323	0.374	3.442	0.632	6.69	1.821	0.007	1.399	7.26	9.92	-15.5	867
18/05/10	2.14	0.316	0.425	4.127	0.784	7.13	1.399	0.029	1.487	7.79	10.0	-12.6	866

Na Tabela B.11 são apresentados os balanços iônicos para os resultados analíticos, das amostras dos pontos de monitoramento localizados nas lagoas, da área de estudo.

Tabela B.11 Balanços iônicos para as amostras das lagoas

Amostras do ponto S1D1-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
05/05/08	0.669	0.142	0.026	0.087	0.007	0.88	0.096	0.106	0.001	1.80	1.96	-4.1	64.0
02/06/08	0.509	0.100	0.028	0.122	0.013	0.90	0.073	0.114	0.073	1.66	1.99	-9.1	77.0
30/06/08	0.581	0.110	0.048	0.058	0.012	0.78	0.076	0.117	0.010	1.57	1.74	-5.1	72.0
04/08/08	0.630	0.122	0.017	0.127	0.010	0.76	0.085	0.520	0.021	1.66	2.13	-12	76.0
01/09/08	0.301	0.107	0.016	0.096	0.023	0.89	0.118	0.024	0.001	1.41	1.92	-15	83.0
29/09/08	0.731	0.133	0.034	0.163	0.019	0.93	0.093	0.443	0.001	1.99	2.39	-9.1	81.0
03/11/08	0.670	0.135	0.041	0.078	0.005	1.20	0.056	0.028	0.269	2.13	2.49	-7.8	105
01/12/08	0.534	0.138	0.089	0.152	0.016	0.95	0.085	0.024	0.001	1.87	2.01	-3.6	86.0
05/01/09	1.652	0.219	0.032	0.070	0.007	1.68	0.056	0.041	0.044	3.66	3.47	2.7	150
02/02/09	1.810	0.211	0.040	0.054	0.036	1.81	0.093	0.035	0.050	3.93	3.75	2.3	180
03/03/09	0.669	0.137	0.031	0.022	0.020	1.29	0.071	0.056	0.001	2.15	2.70	-11	125
06/04/09	0.755	0.128	0.028	0.139	0.020	0.83	0.169	0.186	0.001	1.88	2.01	-3.4	100
04/05/09	0.745	0.139	0.038	0.100	0.001	0.95	0.090	0.007	0.001	1.98	2.00	-0.6	84.0
02/06/09	0.729	0.146	0.041	0.113	0.007	1.06	0.068	0.007	0.001	2.09	2.20	-2.5	115
29/06/09	0.709	0.132	0.021	0.080	0.001	1.00	0.056	0.007	0.001	1.95	2.07	-3.1	95.2
03/08/09	0.756	0.183	0.041	0.094	0.061	1.15	0.085	0.007	0.001	2.23	2.40	-3.7	97.2
09/09/09	0.641	0.135	0.029	0.224	0.040	0.94	0.118	0.007	0.135	1.97	2.00	-0.8	84.4
05/10/09	0.527	0.158	0.031	0.166	0.022	1.18	0.079	0.021	0.001	2.06	2.45	-8.7	105
03/11/09	0.505	0.160	0.054	0.092	0.033	0.92	0.085	0.032	0.001	1.73	1.95	-6.0	83.7
23/11/09	0.772	0.164	0.064	0.099	0.012	1.02	0.102	0.019	0.001	2.12	2.15	-0.8	104
01/02/10	0.689	0.157	0.026	0.097	0.014	0.78	0.028	0.023	0.139	1.75	1.61	4.1	89.0
11/03/10	0.633	0.126	0.052	0.074	0.037	0.87	0.028	0.017	0.006	1.76	1.79	-0.8	83.5
05/04/10	0.808	0.153	0.050	0.094	0.026	0.94	0.028	0.007	0.001	2.04	1.91	3.4	99.4
04/05/10	0.756	0.160	0.036	0.096	0.016	1.03	0.028	0.016	0.001	2.08	2.11	-0.6	95.5

Amostras do ponto S1D1-3

Amostras do ponto S1D1-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
05/05/08	1.198	0.292	0.010	0.074	0.013	2.14	0.144	0.141	0.001	1.59	2.43	-21	150
02/06/08	1.362	0.245	0.021	0.093	0.026	2.25	0.071	0.124	0.001	1.75	2.45	-17	180
30/06/08	1.986	0.301	0.017	0.065	0.065	1.92	0.062	0.142	0.123	2.44	2.25	4.0	170
04/08/08	1.372	0.221	0.008	0.094	0.039	1.58	0.099	0.514	0.001	1.74	2.20	-12	140
01/09/08	1.823	0.332	0.008	0.270	0.007	2.29	0.099	0.039	0.001	2.44	2.43	0.4	190
29/09/08	1.460	0.325	0.013	0.049	0.014	1.51	0.121	0.443	0.001	1.86	2.08	-5.5	135
03/11/08	2.427	0.364	0.018	0.022	0.015	2.47	0.071	0.035	0.052	2.85	2.63	4.0	225
01/12/08	1.796	0.288	0.019	0.078	0.009	2.63	0.090	0.033	0.001	2.19	2.76	-11	240
05/01/09	1.562	0.216	0.033	0.057	0.010	1.73	0.065	0.025	0.019	1.88	1.84	1.1	150
02/02/09	1.902	0.225	0.030	0.074	0.021	1.88	0.116	0.030	0.042	2.25	2.07	4.2	175
03/03/09	1.750	0.244	0.018	0.067	0.031	2.07	0.104	0.079	0.001	2.11	2.26	-3.4	200
06/04/09	1.837	0.230	0.014	0.112	0.033	1.50	0.212	0.153	0.001	2.23	1.86	8.8	170
04/05/09	1.382	0.204	0.016	0.022	0.001	1.76	0.116	0.007	0.001	1.63	1.89	-7.5	145
02/06/09	2.049	0.269	0.012	0.054	0.035	2.44	0.068	0.007	0.001	2.42	2.52	-2.0	222
29/06/09	2.133	0.249	0.020	0.060	0.010	2.45	0.071	0.007	0.001	2.47	2.53	-1.1	227
03/08/09	0.973	0.372	0.018	0.043	0.035	2.72	0.099	0.007	0.001	1.44	2.83	-32	230
09/09/09	2.815	0.244	0.016	0.099	0.063	2.81	0.068	0.018	0.001	3.24	2.89	5.6	223
05/10/09	2.291	0.287	0.014	0.099	0.029	2.70	0.152	0.019	0.001	2.72	2.88	-2.8	250
03/11/09	2.868	0.331	0.029	0.022	0.026	2.33	0.087	0.032	0.001	3.28	2.45	14	205
23/11/09	2.241	0.330	0.018	0.059	0.016	2.53	0.107	0.021	0.001	2.66	2.66	0.1	235
01/02/10	1.846	0.314	0.013	0.082	0.024	2.41	0.028	0.024	0.001	2.28	2.47	-3.9	190

Tabela B.11 Continuação

Amostras do ponto S1D1-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
11/03/10	1.971	0.276	0.021	0.032	0.024	2.24	0.028	0.016	0.001	2.32	2.29	0.9	205
05/04/10	2.137	0.307	0.015	0.032	0.023	2.43	0.028	0.007	0.001	2.51	2.47	1.0	223
04/05/10	2.173	0.088	0.003	0.032	0.030	0.25	0.028	0.020	0.110	2.33	0.41	70	240

Amostras do ponto S1D2-4													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
19/05/08	1.642	0.276	0.018	0.048	0.019	2.73	0.090	0.120	0.001	2.00	2.94	-19	230
16/06/08	1.896	0.304	0.039	0.077	0.021	2.75	0.079	0.058	0.001	2.34	2.89	-11	240
14/07/08	2.567	0.252	0.018	0.096	0.021	2.63	0.099	0.286	0.079	2.95	3.09	-2.3	220
18/08/08	2.720	0.322	0.020	0.052	0.023	2.59	0.071	0.007	0.160	3.14	2.83	5.2	235
02/09/08	2.785	0.336	0.026	0.046	0.026	2.77	0.087	0.272	0.001	3.22	3.13	1.4	255
30/09/08	2.640	0.321	0.020	0.022	0.033	2.69	0.085	0.168	0.001	3.04	2.95	1.5	260
04/11/08	2.815	0.321	0.088	0.078	0.005	2.83	0.099	0.068	0.001	3.31	3.00	4.9	250
02/12/08	1.841	0.281	0.016	0.057	0.022	2.92	0.113	0.020	0.001	2.22	3.06	-16	245
06/01/09	1.053	0.141	0.099	0.096	0.021	1.15	0.089	0.007	0.595	1.41	1.84	-13	115
03/02/09	1.837	0.226	0.034	0.057	0.019	1.83	0.093	0.029	0.001	2.17	1.96	5.2	190
04/03/09	1.906	0.251	0.019	0.063	0.037	2.36	0.087	0.074	0.001	2.28	2.52	-5.0	225
07/04/09	1.672	0.227	0.027	0.065	0.025	2.11	0.071	0.007	0.004	2.02	2.19	-4.1	205
05/05/09	2.122	0.252	0.021	0.022	0.024	2.36	0.102	0.007	0.001	2.44	2.47	-0.5	200
03/06/09	2.350	0.246	0.014	0.062	0.010	2.79	0.090	0.007	0.001	2.68	2.88	-3.6	229
30/06/09	2.420	0.262	0.056	0.059	0.040	2.80	0.141	0.007	0.001	2.84	2.95	-1.9	252
04/08/09	2.558	0.329	0.018	0.047	0.045	2.91	0.110	0.007	0.031	3.00	3.06	-1.0	242
10/09/09	2.942	0.342	0.043	0.090	0.021	2.95	0.079	0.007	0.010	3.44	3.05	6.0	242
06/10/09	1.502	0.271	0.011	0.102	0.024	2.94	0.090	0.036	0.001	1.91	3.07	-23	265
04/11/09	2.493	0.325	0.020	0.088	0.032	2.41	0.121	0.023	0.319	2.96	2.87	1.5	234
24/11/09	0.241	0.021	0.007	0.022	0.018	2.95	0.104	0.016	0.001	0.31	3.07	-82	281
02/02/10	2.273	0.314	0.015	0.065	0.022	2.88	0.028	0.022	0.010	2.69	2.94	-4.5	270
10/03/10	2.274	0.277	0.026	0.032	0.018	2.60	0.028	0.019	0.012	2.63	2.66	-0.7	235
07/04/10	2.315	0.279	0.025	0.067	0.045	0.99	0.028	0.007	0.001	2.73	1.03	45	84.1
05/05/10	2.450	0.313	0.019	0.069	0.030	2.99	0.028	0.020	0.001	2.88	3.04	-2.7	254

Amostras do ponto S2D1-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
12/05/08	0.324	0.058	0.028	0.022	0.023	0.57	0.059	0.063	0.001	0.46	0.69	-21	47.0
10/06/08	0.167	0.068	0.015	0.022	0.015	0.56	0.082	0.064	0.001	0.29	0.71	-42	50.0
07/07/08	0.481	0.053	0.025	0.060	0.034	0.49	0.113	0.193	0.048	0.65	0.85	-13	55.0
11/08/08	0.354	0.051	0.020	0.117	0.004	0.53	0.028	0.115	0.004	0.55	0.67	-11	46.0
08/09/08	0.411	0.050	0.012	0.022	0.025	0.47	0.073	0.032	0.037	0.52	0.62	-8.5	44.0
06/10/08	0.353	0.060	0.020	0.022	0.011	0.41	0.231	0.168	0.090	0.47	0.89	-31	70.0
10/11/08	0.356	0.052	0.025	0.062	0.025	0.47	0.073	0.007	0.697	0.52	1.25	-41	48.0
09/12/08	0.384	0.065	0.020	0.022	0.026	0.53	0.076	0.007	0.329	0.52	0.94	-29	51.0
12/01/09	0.374	0.056	0.021	0.043	0.011	0.43	0.056	0.007	0.001	0.51	0.50	0.7	47.0
09/02/09	0.311	0.049	0.019	0.022	0.007	0.48	0.099	0.007	0.002	0.41	0.58	-18	46.0
09/03/09	0.350	0.056	0.023	0.022	0.024	0.43	0.068	0.069	0.065	0.48	0.64	-14	46.0
14/04/09	3.154	0.218	0.021	0.057	0.024	2.24	0.056	0.016	0.001	3.47	2.32	20	215
11/05/09	1.623	0.016	0.033	0.022	0.012	1.63	0.065	0.007	0.033	1.71	1.73	-0.7	140

Tabela B.11 Continuação

Amostras do ponto S2D1-2													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
09/06/09	0.359	0.050	0.023	0.022	0.019	0.49	0.062	0.018	0.001	0.47	0.57	-9.2	42.0
06/07/09	0.384	0.052	0.022	0.043	0.024	0.53	0.099	0.014	0.002	0.53	0.65	-10	50.8
10/08/09	0.015	0.062	0.041	0.043	0.022	0.50	0.079	0.014	0.001	0.18	0.60	-53	46.9
14/09/09	1.818	0.028	0.222	0.056	0.033	1.91	0.056	0.014	0.001	2.16	1.99	4.1	152.0
13/10/09	0.000	0.077	0.015	0.052	0.029	0.68	0.059	0.014	0.001	0.17	0.75	-62	51.0
10/11/09	0.526	0.060	0.027	0.022	0.014	0.55	0.093	0.007	0.001	0.65	0.65	0.0	54.1
30/11/09	0.308	0.053	0.013	0.022	0.004	0.61	0.073	0.015	0.004	0.40	0.70	-28	53.1
21/01/10	0.419	0.072	0.012	0.022	0.035	0.51	0.099	0.007	0.004	0.56	0.62	-5.3	52.0
09/02/10	0.448	0.058	0.020	0.074	0.029	0.56	0.028	0.007	0.001	0.63	0.60	2.8	55.1
17/03/10	2.481	0.329	0.003	0.032	0.000	0.53	0.028	0.021	0.001	2.84	0.58	66	55.6
13/04/10	0.390	0.056	0.025	0.032	0.015	0.48	0.028	0.020	0.001	0.52	0.53	-1.4	49.0
10/05/10	0.463	0.058	0.021	0.032	0.053	0.56	0.028	0.019	0.142	0.63	0.75	-8.7	54.8

Amostras do ponto S2D1-3													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
12/05/08	1.796	0.274	0.013	0.022	0.017	2.71	0.079	0.069	0.001	2.12	2.85	-15	210
10/06/08	1.098	0.277	0.011	0.064	0.017	2.61	0.155	0.076	0.001	1.47	2.84	-32	220
07/07/08	2.029	0.244	0.013	0.059	0.003	2.44	0.113	0.100	0.002	2.35	2.66	-6.2	220
11/08/08	1.058	0.253	0.010	0.093	0.020	2.46	0.028	0.123	0.001	1.43	2.62	-29	215
08/09/08	2.535	0.308	0.032	0.022	0.040	2.75	0.099	0.064	0.115	2.94	3.02	-1.5	245
06/10/08	2.081	0.294	0.020	0.022	0.023	2.17	0.282	0.289	0.094	2.44	2.83	-7.4	270
10/11/08	2.495	0.275	0.008	0.050	0.023	2.73	0.099	0.007	0.073	2.85	2.91	-1.0	240
09/12/08	2.011	0.243	0.010	0.043	0.000	2.72	0.093	0.020	0.001	2.31	2.83	-10	240
12/01/09	1.826	0.215	0.017	0.091	0.013	2.09	0.282	0.007	0.001	2.16	2.38	-4.8	215
09/02/09	1.721	0.201	0.010	0.060	0.003	1.98	0.079	0.016	0.001	1.99	2.08	-2.1	195
09/03/09	1.846	0.232	0.017	0.022	0.025	2.34	0.183	0.146	0.001	2.14	2.67	-11	230
14/04/09	2.041	0.254	0.014	0.022	0.000	2.34	0.068	0.007	0.001	2.33	2.41	-1.7	225
11/05/09	2.392	0.239	0.016	0.022	0.018	2.72	0.082	0.007	0.001	2.69	2.81	-2.3	215
09/06/09	2.320	0.246	0.015	0.022	0.026	2.65	0.073	0.007	0.001	2.63	2.74	-2.0	210
06/07/09	2.427	0.253	0.023	0.055	0.031	2.58	0.085	0.007	0.001	2.79	2.67	2.2	247
10/08/09	0.114	0.303	0.029	0.043	0.016	2.81	0.073	0.007	0.001	0.51	2.89	-70	236
14/09/09	2.682	0.315	0.245	0.071	0.013	2.63	0.079	0.081	0.108	3.33	2.89	6.9	223
13/10/09	0.000	0.346	0.013	0.061	0.023	2.63	0.056	0.037	0.001	0.44	2.72	-72	236
10/11/09	2.509	0.313	0.017	0.053	0.019	2.66	0.079	0.021	0.001	2.91	2.76	2.7	232
30/11/09	1.877	0.272	0.009	0.022	0.001	2.75	0.028	0.016	0.001	2.18	2.80	-12	257
21/01/10	2.320	0.302	0.009	0.052	0.031	2.71	0.093	0.007	0.001	2.72	2.81	-1.8	230
09/02/10	2.445	0.297	0.008	0.084	0.017	2.72	0.028	0.007	0.001	2.85	2.75	1.8	259
17/03/10	2.417	0.272	0.017	0.032	0.029	2.66	0.028	0.026	0.001	2.77	2.71	1.0	245
13/04/10	1.792	0.291	0.013	0.032	0.010	2.59	0.237	0.024	0.001	2.14	2.86	-14	250
10/05/10	2.451	0.294	0.013	0.032	0.031	2.75	0.028	0.021	0.001	2.82	2.80	0.4	254

Amostras do ponto S2D2-1													
Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
09/06/08	2.805	0.066	0.015	0.085	0.033	3.33	0.116	0.106	0.001	3.00	3.56	-8.4	280
08/07/08	2.957	0.104	0.013	0.095	0.016	2.98	0.082	0.095	0.042	3.18	3.20	-0.2	250
12/08/08	2.405	0.008	0.041	0.022	0.005	2.78	0.141	0.360	0.125	2.48	3.40	-16	270

Tabela B.11 Continuação

Amostras do ponto S2D2-1

Data de coleta	Espécies iônicas, i, (miliequivalente/L)											Erro (%)	CE (μS/cm)
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Σ (i <sup>+</sup> )	Σ (i <sup>-</sup> )		
09/09/08	3.393	0.138	0.041	0.074	0.012	3.03	0.071	0.111	0.154	3.66	3.36	4.2	270
07/10/08	2.587	0.140	0.020	0.064	0.026	2.84	0.118	0.360	0.001	2.84	3.32	-7.8	300
11/11/08	2.820	0.125	0.012	0.047	0.020	3.16	0.144	0.007	0.110	3.02	3.42	-6.2	300
10/12/08	3.523	0.129	0.013	0.070	0.041	3.13	0.102	0.094	0.152	3.78	3.48	4.2	295
12/05/09	3.418	0.130	0.015	0.074	0.017	3.28	0.144	0.007	0.001	3.65	3.43	3.1	285.0
08/06/09	3.084	0.132	0.035	0.082	0.015	3.44	0.096	0.007	0.279	3.35	3.82	-6.6	315.0
07/07/09	3.174	0.134	0.013	0.070	0.014	3.31	0.056	0.014	0.001	3.41	3.38	0.3	299.0
11/08/09	0.188	0.149	0.022	0.053	0.024	3.43	0.090	0.019	0.412	0.44	3.95	-80	284.0
15/09/09	3.888	0.170	0.005	0.076	0.049	3.33	0.099	0.019	0.001	4.19	3.44	9.8	273.0
15/10/09	3.144	0.165	0.012	0.104	0.042	3.83	0.113	0.038	0.001	3.47	3.99	-7.0	282.9
09/11/09	3.291	0.153	0.010	0.081	0.017	3.20	0.189	0.007	0.001	3.55	3.40	2.2	298.0
01/12/09	3.992	0.134	0.028	0.064	0.019	3.30	0.085	0.019	0.001	4.24	3.41	11	302.0

### B.3.3 Qualidade dos Resultados das Análises Físico-Químicas

A qualidade dos resultados analíticos, das amostras de água, pode ser estabelecida através do erro analítico,  $\Delta E$ , resultante do balanço iônico, que define a precisão desses resultados, conforme os critérios apontados na Tabela B.11.

**Tabela B.11 Classificação dos Resultados das Análises**

Precisão	Intervalos de resultados (%)
Impreciso	$\Delta E < -10$ $\Delta E > 10$
Aceitável	$-10 \leq \Delta E < -5$ $5 < \Delta E \leq 10$
Preciso	$-5 \leq \Delta E \leq 5$

Na Tabela B.12 são apresentados as frequências absolutas e relativas da distribuição de qualidade dos resultados analíticos, de acordo com os valores de  $\Delta E$ , estabelecidos através dos balanços iônicos reportados nas Tabelas B.5 a B.10.

**Tabela B.12 Distribuição da Qualidade dos Resultados das Análises**

<b>Águas Subterrâneas</b>						
Qualidade do resultado	Frequências para $\Delta E$ negativo					
	Cisternas		Poços		Surgências	
	absoluta	%	absoluta	%	absoluta	%
Preciso	39	26	42	27.1	8	12.3
Aceitável	19	12.7	16	11.4	8	12.3
Imprecisos	47	31.3	34	24,5	41	63
Frequências para $\Delta E$ positivo						
Preciso	27	18	33	26.4	3	4.6
Aceitável	10	6.7	7	5	1	1.5
Imprecisos	8	5.4	7	5	4	6.1
Total	150	100	139	100	65	100
<b>Águas Superficiais</b>						
Qualidade do resultado	Frequências para $\Delta E$ negativo					
	Canal		Córregos		Lagoas	
	absoluta	%	absoluta	%	absoluta	%
Preciso	12	26	35	25.9	31	26.8
Aceitável	7	14	22	14	20	13.8
Imprecisos	9	18	38	27.3	43	28.3
Frequências para $\Delta E$ positivo						
Preciso	18	34	35	23.8	30	21.7
Aceitável	1	2	4	2.8	8	5.1
Imprecisos	3	6	9	6.3	6	4.4
Total	50	100	143	100	138	100

Conforme exposto no Capítulo 7, foi definido um procedimento para verificar se os resultados analíticos imprecisos ocorreram devido a concentrações subestimadas das espécies iônicas,  $i$ , no somatório das concentrações de cátions,  $i^+$ , ou, à concentrações superestimadas no

somatório das concentrações de anions,  $i^-$ , e vice-versa. Este procedimento consistiu dos seguintes passos:

- cálculo da razão  $R = \frac{\sum(i^+) - \sum(i^-)}{\text{Alcalinidade}}$  a partir das concentrações das espécies maiores e da alcalinidade dadas em meq/L;
- avaliação qualitativa da razão R, por meio da dispersão de R em função da alcalinidade;
- organização dos resultados analíticos usados nos balanços iônicos em ordem crescente de valores de R;
- separação dos resultados analíticos, por ponto de monitoramento, nas três classes de precisão definidas na Tabela G.11; e,
- avaliação do indicador  $r = \frac{CE}{100}$ , conforme descrito no Capítulo 7.

Neste indicador, a condutividade elétrica, CE, em  $\mu\text{S/cm}$ , é a medida em laboratório e o fator 100 é um valor empírico, válido para águas com alcalinidade devida ao bicarbonato e condutividade elétrica até 1500  $\mu\text{S/cm}$ .

Observada essas condições, o valor de r deve estar próximo do somatório das concentrações dos cátions ou dos anions, das espécies maiores, ou seja,  $r \approx \sum(i^+) = \sum(i^-)$ .

Assim, o indicador r apresenta-se como uma alternativa para avaliação dos somatórios das concentrações das espécies iônicas maiores.

Esta proximidade entre os valores do indicador r e dos somatórios das concentrações iônicas utilizadas, não se verificou.

Devido à discrepância observada, foi derivado outro indicador,  $r_1$ , a partir dos balanços iônicos que se apresentaram precisos, de acordo com a Equação G.1.

$$r_1 = \frac{CE}{FA}, \text{ tal que } r_1 > r \quad (\text{B.1})$$

Em que, FA é um fator de ajuste calculado usando-se a média das somas das concentrações de cátions e de anions maiores.

De modo semelhante, a proximidade entre  $r_1$  e a soma das concentrações das espécies iônicas, positivas e negativas, ou seja,  $r_1 \approx \Sigma(i^+) \approx \Sigma(i^-)$ , identificaria se as concentrações dessas espécies estariam subestimadas ou superestimadas.

Para os balanços iônicos imprecisos duas situações se apresentaram, a saber: situação (I), na qual  $\Sigma(i^+)$  é maior que  $\Sigma(i^-)$ ; e, situação (II), quando  $\Sigma(i^+)$  é menor que  $\Sigma(i^-)$ .

A avaliação da tendência do indicador  $r_1$ , para  $\Sigma(i^+)$  ou para  $\Sigma(i^-)$ , foi facilitada pelo procedimento representado no fluxograma da Figura A.1.

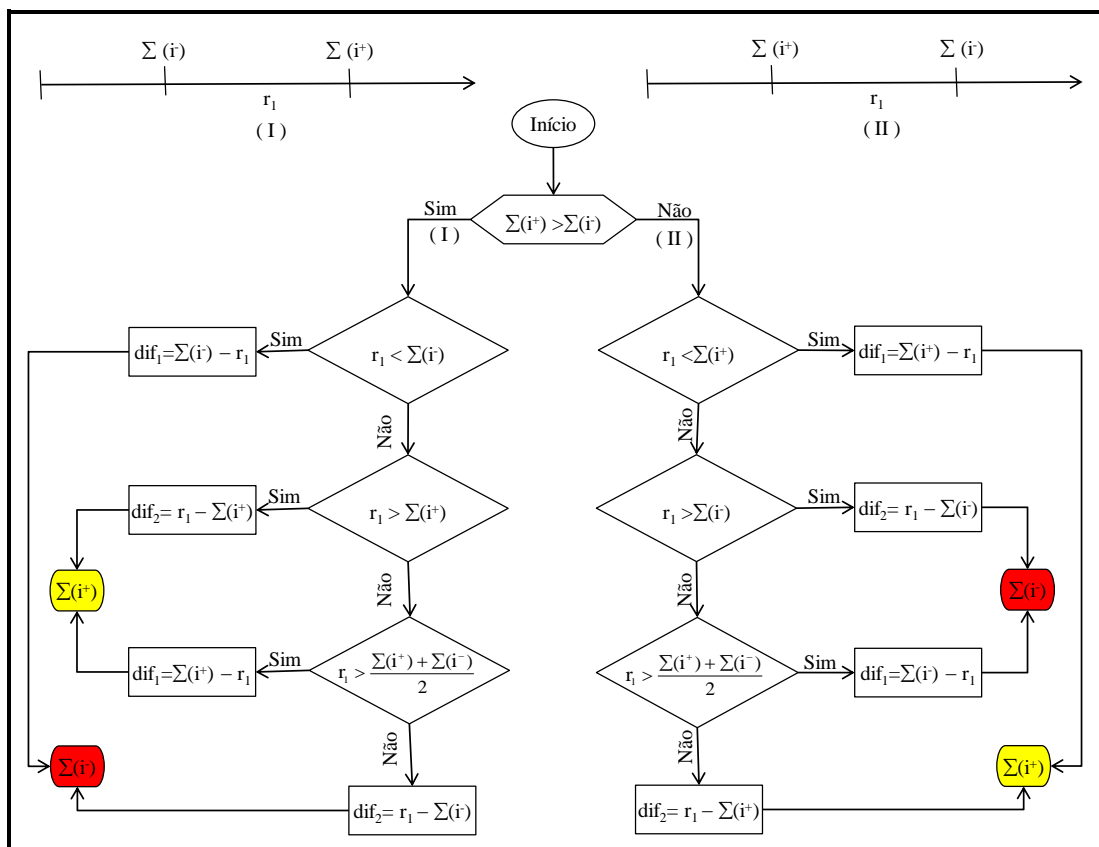


Figura A.1 Fluxograma para Análise da Razão  $r_1$

Para o caso (I), o resultado final A indicaria concentrações subestimadas de espécies aniônicas,  $i^-$ , enquanto o resultado B indicaria concentrações superestimadas de espécies catiônicas,  $i^+$ , enquanto que para o caso(II) o resultado final C indica concentrações de cátions subestimadas e o resultado D indica concentrações de anions superestimadas

As tendências indicadas pela aplicação do procedimento, definido no fluxograma apresentado na Figura A.1, aos resultados imprecisos, dos balanços iônicos, estão sumarizados na Tabela B.13.



Tabela B.13 Resultados da Análise do Indicador  $r_1$ 

Amostras	Águas subterrâneas						Águas superficiais					
	Cisternas		Poços		Surgências		Canal		Córregos		Lagoas	
Tendência indicada	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Situação (I): $\sum(i^+) > \sum(i^-)$	3	5	0	7	0	4	0	3	5	4	1	5
Tendência indicada	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Situação (II): $\sum(i^+) < \sum(i^-)$	10	37	4	31	23	18	2	7	15	23	14	29

Verifica-se na Tabela B.13 que ocorreu predominância de erros analíticos com indicação B e D, com exceção para as amostras das surgências.

No caso das amostras das cisternas e dos córregos, para a situação I, em que inicialmente,  $\sum(i^+) > \sum(i^-)$  ocorreu um número muito próximo de indicações A e B.

Do total de resultados dos balanços iônicos avaliados, por meio do procedimento sintetizado no fluxograma da Figura G.1, ou seja, 685 erros analíticos, 36% resultaram imprecisos. Para 25% desses erros a imprecisão está relacionada às concentrações reportadas dos cátions, enquanto que para 9% a imprecisão está relacionada às concentrações reportadas dos ânions e para os 2% restantes a avaliação mostrou-se inconclusiva.

Para os 25% de resultados, cuja imprecisão foi localizada nas determinações de cátions, um total de 4% corresponde àqueles com concentrações de cátions superestimadas, enquanto que 21% correspondem a concentrações de cátions subestimadas.

Por outro lado, para os 9% de resultados, cuja imprecisão foi localizada nas determinações de ânions, cerca de 1% correspondem aos casos com concentrações de ânions subestimadas, enquanto que 8% correspondem a concentrações de ânions superestimadas.

Para definir os possíveis cátions, associado aos resultados imprecisos foi definido o indicador,  $\beta$ , descrito pela Equação G.2, como um

$$\beta = \frac{\text{Dureza total}}{(\text{Ca}^{2+}) + (\text{Mg}^{2+})} \approx 1 \quad (\text{B.2})$$

Em que as grandezas são concentrações, dadas em meq/litro.

Para os casos em que concentrações de cátions apresentaram-se superestimadas, a distribuição de valores do indicador  $\beta$ , está sumarizada na Tabela B.15.

**Tabela B.15 Distribuição de Valores do Indicador  $\beta$ : Cátions Superestimados**

Valores de $\beta$	$\beta > 1,2$	$1,2 \geq \beta > 1,0$	$1,0 \geq \beta > 0,8$	$0,8 \geq \beta > 0,5$	$\beta < 0,5$
Cisternas			2	3	
Poços		2		5	
Surgências	1			2	1
Canal	2	1			
Córregos		1	1	2	
Lagoas			1	3	1

De acordo com os dados na Tabela B.15, para os 4% de resultados imprecisos devido às concentrações de cátions superestimadas, verifica-se a seguinte distribuição do indicador  $\beta$ :

- 17 indicações de concentrações superestimadas de cálcio e magnésio, que correspondem a 2,2 % desses casos; e,
- 8 indicações de concentrações superestimadas de sódio e potássio, que correspondem a 1,2% desses casos.

Para o restante dos casos, ou seja, 0,6% dos resultados imprecisos, o indicador  $\beta$  mostrou-se inconclusivo.

Para os casos em que as concentrações de cátions apresentaram-se subestimadas, a distribuição de valores do indicador  $\beta$ , está sumarizada na Tabela B.16.

**Tabela B.16 Distribuição de Valores do Indicador  $\beta$ : Cátions Subestimados**

Valores de $\beta$	$\beta > 2,0$	$2,0 \geq \beta < 1,5$	$1,5 \geq \beta > 1,2$	$1,2 \geq \beta > 1,0$	$\beta < 1,0$
Cisternas	10	13	12	2	
Poços	8	7	13	1	1
Surgências	9	4	3	1	1
Canal	7				
Córregos	7	5	6	4	1
Lagoas	11	10	7	0	1

De acordo com os dados na Tabela B.16, para os 21% de resultados imprecisos correspondentes às concentrações de cátions subestimadas, verifica-se a seguinte distribuição do indicador  $\beta$ :

- 132 indicações de concentrações subestimadas de cálcio e magnésio, que correspondem a 19,3 % desses casos; e,
- 12 indicações de concentrações subestimadas de sódio e potássio, que correspondem a 1,7% desses casos.

Para os 11% de resultados imprecisos, devido às concentrações de anions subestimadas e superestimadas o indicador  $\beta$  não se aplica, já que relaciona concentrações catiônicas.

Nesta avaliação verificou-se que do total de resultados analisados, 66% apresentaram-se adequados para utilização na modelagem, de acordo com os critérios de precisão estabelecidos. Enquanto que 34% dos resultados dos balanços iônicos apresentaram-se imprecisos.

Como a utilização de resultados imprecisos pode conduzir a erros na modelagem e na interpretação dos resultados, optou-se pela utilização apenas dos resultados precisos.

Uma discussão sobre a questão das espécies, para as quais se verificou imprecisões nas concentrações reportadas, está apresentada no Capítulo 7. Entretanto, esta discussão não foi estendida às amostras dos poços de monitoramento, devido à magnitude dos erros analíticos calculados.

#### ***B.4 Modelagem Hidroquímica e Hidrogeoquímica***

O aplicativo computacional AcquaChem<sup>®</sup> requer a preparação de uma matriz de dados, que inclua todos os parâmetros utilizados no processamento. O banco de dados deste aplicativo, é constituído por 10 grupos de parâmetros que incluem os parâmetros de processamento, dentre os quais o usuário deve selecionar os desejados.

A entrada de dados, por meio de planilha eletrônica, com informações e resultados analíticos, para processamento, requer que esta tenha sua linha de cabeçalho estruturada em conformidade com os parâmetros selecionados, no banco de dados do aplicativo computacional.

Para este mister, a estrutura de parâmetros selecionados e a linha de cabeçalho da planilha eletrônica, utilizada para armazenar as informações e resultados analíticos estão sumarizadas na Tabela B.17.

Tabela B.17 Estrutura dos Dados de Entrada para Processamento

Informações de Cabeçalho	Default	Observações	Unidade
Identificação das amostras	SampleID	Ponto de monitoramento	
Data	Date	Data da amostragem	
Parâmetros físicos			
Coordenadas do ponto de	X	UTM E	m
	Y	UTM N	m
	Z	altitude	m
Condutividade elétrica	Cond		µS
Demanda bioquímica de	BOD		mg O <sub>2</sub> /L
Demanda química de oxigênio	COD		mg O <sub>2</sub> /L
Dureza total	HARD		mg/L
Sólidos totais dissolvidos	TDS		mg/L
Turbidez	TURB		
Potencial hidrogenionico	pHlab		
Cátions			
Ba <sup>2+</sup>	Ba		mg/L
Cu <sup>2+</sup>	Cu		mg/L
Ca <sup>2+</sup>	Ca		mg/L
Mn <sup>2+</sup>	Mn		mg/L
Zn <sup>2+</sup>	Zn		mg/L
Mg <sup>2+</sup>	Mg		mg/L
K <sup>+</sup>	K		mg/L
Na <sup>+</sup>	Na		mg/L
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH4		mg/L
Anions			
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO3		mg/L
Cl <sup>-</sup>	Cl		mg/L
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO3		mg/L
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO4		mg/L
F <sup>-</sup>	F		mg/L
Compostos não carregados			
Al	Al		mg/L
Pb (II)	Pb		mg/L
Cd	Cd		mg/L
Cr (III)	Cr		mg/L
Fe (III)	Fe		mg/L
SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>		mg/L
Oxigênio dissolvido	O2		mg O <sub>2</sub> /L
Acidez	CO2	Acidez total como CaCO <sub>3</sub>	mg /L
Variáveis			
Coliformes totais	COLI_ORG		NMP/100 mL
Escherichia coli	COLI_FEC		NMP/100 mL

Adaptado de: *AquaChem User Manual*. Waterloo Hydrogeologic, 1999.186p.

Dentro de cada grupo de parâmetros e variáveis, destacados na primeira coluna da Tabela B.17, encontram-se outras possibilidades além dos listados, como *default* do aplicativo.

No grupo informações de cabeçalho e como *default* do aplicativo, estão incluídos os parâmetros alfanuméricos listados na Tabela B.18, que possibilitam a caracterização mais detalhada do ponto de monitoramento ou de amostragem focalizado, tendo como restrição apenas o comprimento da sequência alfanumérica.

Tabela B.18 Parâmetros Alfanuméricos do Aplicativo

Informações de cabeçalho	<i>Default</i>	Observações	Comprimento
Comentários	Comment	Comentários adicionais	40
Data	Date	Data de coleta ou análise	8
Identificação das amostras	SampleID	Identificação	15
Geologia	Geology	Nome da formação aquífera	15
Litologia	Lithology	Litologia do aquífero	20
Localização	Location	Localização do sítio de amostragem	30
Projeto	Project	Nome do projeto	10
Referência	Reference	Referência laboratorial ou bibliográfica	30
Sítio	Site	Nome do ponto de amostragem	30

Fonte: *AquaChem User Manual*. Waterloo Hydrogeologic, 1999. 186p.

O aplicativo também permite a inclusão de parâmetros não contidos em seu banco de dados, desde que atenda aos requisitos de formato do aplicativo.

Para a modelagem hidrogeoquímica foram utilizados os dados processados com o aplicativo AquaChem<sup>®</sup> para gerar os arquivos de entrada no aplicativo PHREEQC versão 2 (Parkhurst, D. L, 1999).

## **ANEXO C- Resultados das Análises de Água**

## ANEXO C

### RESULTADOS REPORTADOS DE ANÁLISES DE ÁGUAS

Estão apresentados, a seguir, os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras de águas, para os parâmetros e espécies apresentados nas Tabelas C.1, de acordo com os Relatórios de Resultados de Análises–RRA (DVQA-Copasa, 2008; 2009; 2010), distribuídas em dois conjuntos, a saber: águas subterrâneas e águas superficiais.

Os cabeçalhos das tabelas C.4 a C.10 estão apresentados em conformidade com a representação descrita na Tabela C.1, conforme usado no aplicativo computacional AcquaChem<sup>®</sup>.

Tabela C.1 Parâmetros monitorados

Parâmetro reportado	Representação	Unidade
Acidez		mg CaCO <sub>3</sub> /L
Alcalinidade bicarbonato	Alk	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Alcalinidade total	Alk tot	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Atrazina		µg/L
Cloretos	Cl	mg/L
Coliformes totais	CT	NMP/100mL
Condutividade elétrica	CE	µS/cm
Cor		mg Pt/L
Demanda bioquímica de oxigênio	DBO	mg O/L
Demanda química de oxigênio	DQO	mg O/L
Dureza total	Hard	mg CaCO <sub>3</sub> /L
Escherichia coli	EC	NMP/100mL
Fenóis		mg/L
Fluoreto	F	mg/L
Fosfato	PO <sub>4</sub>	mg/L
Metais	símbolo do metal	mg/L
Nitrato	NO <sub>3</sub>	mg N/L
Nitrito	NO <sub>2</sub>	mg N/L
N amoniacal	N-NH <sub>3</sub>	mg N/L
N orgânico	Norg	mg N/L
Ntotal	Ntot	mg N/L
Óleos e Graxas	OG	mg/L
Oxigênio dissolvido	OD	mg/L
Silica	SiO <sub>2</sub>	mg/L
Sólidos totais dissolvidos	STD	mg/L
Sulfatos	SiO <sub>2</sub>	mg/L
S2	STD	mg/L
Turbidez	Turb	NTU

Na Tabela C.2 sumariza-se os parâmetros modificados para realização das avaliações hidroquímicas e hidrogeoquímicas, conforme foram reportados, originalmente, e a transformação aplicada.

Tabela C2 Fatores estequiométricos de conversão

Parâmetro		Concentração	
Reportado	Utilizado	Reportada	Utilizada
Alcalinidade total	<sup>(1)</sup> HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	mg/L CaCO <sub>3</sub> x 1,22
Ortofosfatos	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L de P	mg/L P x 3,0987
Nitrato	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L de N	mg/L N x 4,4266
Nitrito	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L de N	mg/L N x 3,2844
Nitrogênio amoniacal	<sup>(2)</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L de N	mg/L N x 1,2878

(1) para água com pH menor ou igual a 8,3; (2) para água com pH menor ou igual a 9

Na Tabela C.3 estão sumarizados os parâmetros modificados pela aplicação dos fatores estequiométricos de conversão e a a forma como foram representados nas planilhas de resultados.

Tabela C.3 Parâmetros obtidos com a aplicação de fatores estequiométricos de conversão

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub>	mg/L	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub>	mg/L
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub>	mg/L	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub>	mg/L
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub>	mg/L			



## 2.1 Águas Subterrâneas

### 2.1.1 Cisternas

Tabela C.4 - Resultados das Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas das Amostras das Cisternas

Ponto S1D2-1 Cisterna sede da fazenda Marinheiro																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
06/05/2008	0.1300	<0.0030	0.3600	<0.0070	0.01	<0.010	<0.0006	<0.00006	66.00	0.2800	0.300	<0.00020	<0.0003	0.120	<2.00	13.31	<0.020
03/06/2008	0.0390	<0.0030	0.0480	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	37.13	0.2000	0.060	<0.00020	<0.0003	0.099	4.00	8.350	<0.020
01/07/2008	<0.0020	<0.0030	PADA	PADA	PADA	<0.010	PADA	PADA	90.85	0.1700	0.040	<0.00020	<0.0003	0.101	<2.00	12.49	<0.020
05/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.1400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	62.50	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.070	<2.00	11.03	<0.020
02/09/2008	0.2400	<0.0030	0.1800	<0.0070	<0.0020	0.01	<0.0006	<0.00006	8.30	1.240	0.180	<0.00020	<0.0003	0.036	<2.00	11.76	<0.010
30/09/2008	0.1100	<0.0030	0.4100	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	54.5	0.2000	0.020	<0.00020	<0.0003	0.070	10.00	9.984	<0.010
04/11/2008	0.1400	<0.0030	0.0900	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	77.20	0.2900	0.110	<0.00020	<0.0003	0.070	4.80	14.17	<0.010
02/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.8600	<0.0070	0.0080	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.70	0.0750	0.910	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	13.76	<0.010
06/01/2009	0.5800	<0.0030	0.3300	<0.0070	<0.0020	0.130	0.055	<0.00006	45.90	0.100	0.050	<0.00020	<0.0003	0.560	<2.00	3.900	<0.010
03/02/2009	1.500	<0.0030	0.1000	0.0160	<0.0020	<0.010	0.0030	0.01000	69.60	0.2500	0.100	<0.00020	<0.0003	0.510	<2.00	18.76	<0.010
04/03/2009	0.3300	<0.0030	0.1500	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0010	<0.00006	74.90	0.3000	0.200	<0.00020	<0.0003	0.279	10.40	7.890	<0.010
07/04/2009	0.2200	0.0066	0.1300	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	33.50	0.1800	0.110	<0.00020	<0.0003	0.110	6.00	9.390	<0.010
22/05/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/06/2009	0.0430	<0.0030	0.0800	<0.0070	0.0040	<0.010	<0.0006	<0.00006	82.00	0.0800	0.030	<0.00020	<0.0003	0.118	6.40	9.430	<0.010
30/06/2009	0.4400	0.0091	0.1300	<0.0070	0.0020	<0.010	0.0050	<0.00006	57.40	1.150	0.080	<0.00020	<0.0003	0.040	2.00	16.02	<0.010
data																	
10/09/2009	0.2200	<0.0030	0.0770	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0090	<0.00006	78.54	0.1900	0.050	<0.00020	<0.0003	0.235	8.20	16.22	<0.010
06/10/2009	0.1800	<0.0030	0.1000	<0.0070	0.0030	<0.010	<0.0006	<0.00006	82.00	0.6600	0.100	<0.00020	<0.0003	0.076	<2.00	10.60	<0.010
04/11/2009	0.3800	0.00400	0.0720	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	92.86	0.2900	0.110	<0.00020	<0.00030	0.880	49.00	6.097	<0.010
24/11/2009	0.3800	<0.00300	0.0570	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00200	58.99	0.2440	0.0310	<0.00020	<0.00030	0.127	<2.00	6.360	<0.010
data																	
data																	
10/03/2010	0.5800	<0.00300	0.0698	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	75.07	0.2200	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.55	<2.00	1.38	<0.010
data																	
05/05/2010	0.1160	<0.00300	0.0446	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	70.88	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.8209	<2.00	9.450	<0.010

PADA – perda da amostra durante a análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S1D2-1 Cisterna sede da fazenda Marinheiro

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
06/05/2008	<0.062	<0.20	3.730	2.500	2.000	24.0	182.80	182.80	223.02	8.10	260.0	30	3.98	<5.00	214.6	<0.018	2.54
03/06/2008	<0.062	<0.20	3.650	1.230	2.300	13.0	154.90	154.90	188.98	2.50	255.0	5	5.50	18.50	167.4	<0.018	1.27
01/07/2008	<0.062	<0.20	4.650	1.350	<1.000	25.0	149.60	149.60	182.51	3.80	260.0	5.0	3.10	10.50	181.5	<0.018	1.70
05/08/2008	<0.062	<0.20	4.330	0.840	1.520	13.0	147.90	147.90	180.44	<2.00	250.0	20	5.1	16.50	175.9	<0.018	10.70
02/09/2008	<0.031	<0.20	1.880	2.190	5.400	24.0	159.30	159.30	194.35	3.60	280.0	15.0	4.60	8.80	187.0	<0.018	2.22
30/09/2008	<0.031	<0.20	4.74	1.180	1.140	22.0	164.20	164.20	200.32	2.20	300.0	20	0.80	5.60	191.0	<0.018	2.34
04/11/2008	<0.031	<0.20	5.520	1.100	2.100	54.0	192.0	192.00	234.24	4.20	330.0	30	2.70	28.00	220.4	<0.018	1.68
02/12/2008	<0.031	<0.20	4.058	3.830	2.300	48.0	229.40	229.40	279.87	5.30	400.0	30	4.90	16.00	237.0	<0.018	0.32
06/01/2009	<0.031	<0.20	4.67	31.2	3.700	43.0	175.50	175.50	214.11	3.50	370.0	150	4.10	8.20	191.5	<0.018	3.08
03/02/2009	<0.031	<0.20	4.210	26.730	3.700	49.0	198.60	198.60	242.29	6.50	420.0	20	5.00	21.60	220.0	<0.018	3.88
04/03/2009	<0.031	0.22	4.330	24.400	2.160	52.0	253.10	253.10	308.78	4.60	480.0	5.0	10.40	36.70	224.8	<0.018	1.82
07/04/2009	<0.031	<0.20	3.680	9.630	2.200	46.0	222.90	222.90	271.94	4.00	430.0	200.0	2.70	11.00	235.0	<0.018	1.08
22/05/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/06/2009	<0.031	<0.20	3.950	6.110	1.650	66.0	219.50	219.50	267.79	3.60	437.00	2.5	1.80	12.20	234.7	<0.018	<0.20
30/06/2009	<0.031	<0.20	3.650	7.970	1.670	29.0	247.80	247.80	302.32	3.40	459.00	5.0	0.60	5.00	185.0	<0.018	0.75
data									0.00								
10/09/2009	<0.031	<0.20	4.780	1.950	2.430	32.0	194.10	194.10	236.80	3.50	314	5.0	2.71	9.36	199.5	<0.018	0.48
06/10/2009	<0.031	<0.20	4.680	0.840	2.510	17.0	197.80	197.80	241.32	3.20	354.00	2.5	2.19	66.11	213.4	<0.018	0.62
04/11/2009	<0.031	<0.20	5.540	4.090	3.610	40.0	207.20	207.20	252.78	3.60	384.0	40	4.65	<5.00	210.5	<0.018	0.34
24/11/2009	<0.031	<0.20	4.171	0.650	1.529	22.0	206.20	206.20	251.56	3.90	384.0	25	6.86	12.24	215.0	<0.018	0.31
data																	
data																	
10/03/2010	<0.031	<0.20	3.946	16.29	1.736	52.0	220.2	220.20	268.64	<2.00	413	200	9.45	18.37	198	<0.018	1.260
data																	
05/05/2010	<0.031	<0.20	4.096	2.330	2.296	25.0	203.21	203.21	247.92	<2.00	377.00	20	3.72	22.55	212.8	<0.018	0.887

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S1D2-1 Cisterna sede da fazenda Marinheiro

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
06/05/2008	11.24	<0.017	<0.056	0.302	0.389	0.30	5.20	8.7	234.0	163.0	6.90	0.250	<0.02	1.3E+05	100	ND
03/06/2008	5.62	<0.017	<0.056	0.409	0.527	0.41	5.60	<0.1	188.0	35.50	7.10	<0.100	<0.02	3.8E+00	23.1	ND
01/07/2008	7.53	<0.017	<0.056	0.436	0.561	0.44	5.10	15.5	208.0	6.40	7.10	<0.100	<0.02	1.5E+05	307.6	ND
05/08/2008	47.36	<0.017	<0.056	<0.011	<0.014	<0.05	8.30	<0.1	178.0	16.50	7.40	<0.100	<0.02	7980.0	118.7	ND
02/09/2008	9.83	<0.017	<0.056	0.309	0.398	0.31	4.80	5.3	196.0	24.20	7.00	<0.100	<0.02	1.3E+05	56.5	ND
30/09/2008	10.36	<0.017	<0.056	0.377	0.486	0.38	4.90	33.1	242.0	17.50	7.20	0.110	<0.02	1.50E+05	137.4	0.110
04/11/2008	7.44	<0.007	<0.02	0.047	0.061	<0.05	4.60	1.1	164.0	7.30	7.00	0.13	<0.02	5.30E+05	1.79E+02	ND
02/12/2008	1.42	<0.007	<0.02	3.08	3.966	3.08	5.40	32.0	228.0	69.40	7.00	0.14	<0.02	9.3E+04	3448.0	ND
06/01/2009	13.63	<0.007	<0.02	0.358	0.461	0.36	5.80	20	250	169.0	6.80	<0.100	<0.02	1.3E+05	5.1E+03	ND
03/02/2009	17.18	<0.007	<0.02	0.251	0.323	0.25	5.10	69.1	294.0	21.80	6.80	0.160	<0.02	>240000	2.40E+05	ND
04/03/2009	8.06	<0.007	<0.02	2.69	3.464	2.91	4.3	8.5	312.0	16.40	6.90	0.130	<0.02	-	-	-
07/04/2009	4.78	<0.007	<0.02	0.490	0.631	0.490	4.20	12.6	318.0	156.0	6.90	0.150	<0.02	2419.6	1203.3	-
22/05/2009																
03/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.695	0.895	0.695	5.40	<0.1	274.0	9.26	7.10	0.150	<0.02	2.6E+04	310.0	DEQA
30/06/2009	3.32	<0.007	<0.02	0.636	0.819	0.636	5.00	17.6	292.0	203.0	7.64	0.180	<0.02	8390.0	100.0	ND
data																
10/09/2009	2.12	<0.007	<0.02	0.614	0.791	0.614	4.40	3.2	232.0	15.60	7.17	0.190	<0.02	75.4	1.0	ND
06/10/2009	2.74	<0.007	<0.02	0.282	0.363	0.282	5.90	<0.1	344.0	13.40	7.06	0.160	<0.02	8860.0	686.7	ND
04/11/2009	1.51	0.04	0.13	0.536	0.690	0.536	5.00	14.8	344.0	21.00	6.99	0.230	<0.02	4.0E+05	4350.0	DEQA
24/11/2009	1.37	<0.007	<0.02	0.370	0.476	0.370	5.40	<0.1	240.0	5.50	7.18	0.290	<0.02	9.1E+01	<1.0	DEQA
data																
data																
10/03/2010	5.58	<0.007	<0.02	0.399	0.514	0.399	4.90	3.6	246.0	316.0	6.93	0.26	<0.02	>2.4E+05	>2.4E+05	DEQA
data	0.00		<0.02													
05/05/2010	3.93	<0.007	<0.02	0.474	0.610	0.474	5.10	7.9	216.0	11.70	6.92	<0.13	<0.02	3.7E+04	38.8	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D1-1 Cisterna do escritório do Barão

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
12/05/2008	0.0150	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	28.00	0.8800	0.390	<0.00020	<0.0003	<0.008	3.20	8.900	0.056
10/06/2008	0.0860	<0.0030	0.0420	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	16.77	0.5700	0.130	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	7.860	<0.020
07/07/2008	0.1600	<0.0030	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.62	0.6700	0.080	<0.00020	<0.0003	0.014	5.20	4.730	<0.020
11/08/2008	1.4000	<0.0030	0.4300	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	20.17	0.2400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	5.20	8.173	<0.020
08/09/2008	0.1100	<0.0030	0.0620	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	23.90	0.5300	0.100	<0.00020	<0.0003	0.130	186.00	5.014	<0.010
06/10/2008	2.000	<0.0030	0.0170	0.0180	<0.0020	0.020	<0.0006	<0.00006	25.22	7.100	0.080	<0.00020	<0.0003	0.110	7.20	6.642	<0.010
10/11/2008																	
09/12/2008																	
12/01/2009	0.7000	0.0032	0.1100	0.0076	<0.0020	0.030	0.0118	<0.00006	25.90	3.870	0.170	<0.00020	<0.0003	0.160	4.00	8.420	<0.010
09/02/2009	0.5500	<0.0030	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	28.80	0.3100	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	1.190	<0.010
09/03/2009	0.2800	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.46	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	4.000	<0.010
14/04/2009	2.060	<0.0030	0.0620	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0028	0.00160	9.00	0.4000	0.030	<0.00020	<0.0003	0.510	18.00	3.065	<0.010
11/05/2009	0.1200	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	8.90	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.052	14.40	4.600	<0.010
09/06/2009	4.980	<0.0030	0.0200	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0060	<0.00006	31.10	0.5300	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	3.20	7.070	<0.010
06/07/2009	0.2400	<0.0030	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	32.86	0.6100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	5.20	7.800	<0.010
10/08/2009	0.1260	<0.0030	0.0580	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	1.56	0.2900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.560	<2.00	5.600	<0.010
14/09/2009	0.9850	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	7.69	0.2100	0.020	<0.00020	<0.0003	0.021	<2.00	4.300	<0.010
13/10/2009	0.1200	<0.0030	0.0040	<0.0070	<0.0020	0.053	0.0020	0.06200	PADA	0.4600	0.070	<0.00020	<0.00030	0.170	<2.00	6.620	<0.010
10/11/2009	0.5700	<0.00300	0.0230	<0.0070	0.0077	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.88	0.4740	0.128	<0.00020	<0.00030	0.091	3.00	6.020	<0.010
30/11/2009	0.7400	<0.00300	0.0020	0.0152	<0.0020	<0.010	0.0063	0.00500	35.26	0.5100	0.150	<0.00020	<0.00030	0.429	2.30	6.320	<0.010
21/01/2010	0.2700	<0.00300	0.0400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	27.40	0.3800	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	<2.00	6.770	<0.010
09/02/2010	0.1230	<0.00300	0.0316	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	22.48	0.2400	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.023	2.00	4.820	<0.010
17/03/2010	<0.0020	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.86	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.055	<2.00	0.744	<0.010
13/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0078	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	34.90	0.1500	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	18.6	4.430	<0.010
10/05/2010	<0.0742	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	0.0492	<0.00100	11.21	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0162	<2.00	2.860	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D1-1 Cisterna do escritório do Barão

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/05/2008	0.17	0.45	0.430	0.960	1.000	14.0	111.70	111.70	136.27	2.70	185.0	60	14.20	17.66	122.3	<0.018	1.13
10/06/2008	<0.062	<0.20	0.300	1.110	<1.000	11.0	93.10	93.10	113.58	2.60	160.0	25	5.30	86.70	105.6	<0.018	1.13
07/07/2008	<0.062	<0.20	0.280	1.140	1.400	13.0	91.70	91.70	111.87	2.10	165.0	40	4.70	14.90	107.1	<0.018	2.03
11/08/2008	<0.062	<0.20	0.160	0.380	3.170	17.0	64.10	64.10	78.20	<2.00	120.0	30	2.22	18.30	80.3	<0.018	2.24
08/09/2008	<0.031	<0.20	0.160	<0.200	<1.000	8.0	44.50	44.50	54.29	2.10	86.0	30	2.00	12.80	49.2	<0.018	0.81
06/10/2008	<0.031	<0.20	0.450	1.590	<1.000	7.0	49.70	49.70	60.63	3.50	110.0	35	3.50	14.20	74.6	<0.018	2.1
10/11/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/12/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/01/2009	<0.031	<0.20	0.520	0.970	1.500	10.0	31.00	31.00	37.82	<2.00	125.0	200	3.20	72.20	64.0	<0.018	0.83
09/02/2009	<0.031	<0.20	0.200	0.600	1.360	16.0	73.20	73.20	89.30	2.80	155.0	40	4.90	<5.00	97.3	<0.018	1.01
09/03/2009	<0.031	<0.20	0.310	0.660	2.400	20.0	89.80	89.80	109.56	<2.00	170.0	5.0	2.00	15.60	104.3	<0.018	0.21
14/04/2009	<0.031	<0.20	0.820	1.160	1.200	6.00	20.60	20.60	25.13	2.80	45.0	30.0	4.50	28.0	25.8	<0.018	0.41
11/05/2009	<0.031	<0.20	0.660	0.940	<1.000	5.0	23.80	23.80	29.04	2.10	43.0	40	1.60	17.90	27.6	<0.018	0.24
09/06/2009	<0.031	<0.20	0.180	0.640	<1.000	10.0	89.50	89.50		2.40	150.0	80	1.80	28.70	104.6	<0.018	0.26
06/07/2009	<0.031	<0.20	0.170	0.580	<1.000	5.0	85.60	85.60	104.43	3.00	151.6	30	4.23	7.99	94.0	<0.018	<0.20
10/08/2009	<0.031	<0.20	0.340	1.060	<1.000	10.0	90.40	90.40	110.29	2.60	161.0	5.0	3.07	10.68	103.8	<0.018	<0.20
14/09/2009	<0.031	<0.20	0.740	7.000	1.210	3.0	24.30	24.30	29.65	3.10	40.9	40.0	6.00	25.45	26.9	<0.018	0.22
13/10/2009	<0.031	<0.20	0.450	0.500	1.400	12.0	72.10	72.10	87.96	2.00	170.8	10.0	3.2	9.43	110.4	<0.018	0.35
10/11/2009	<0.031	<0.20	0.034	1.108	1.005	10.0	114.60	114.60	139.81	3.00	212.2	15	4.90	<5.00	119.8	<0.018	<0.20
30/11/2009	<0.031	<0.20	0.470	0.860	1.351	3.0	138.90	138.90	169.46	2.80	244.7	20	4.75	6.09	132.7	<0.018	0.37
21/01/2010	<0.031	<0.20	0.660	0.260	<1.000	10.0	73.40	73.40	89.55	2.20	130.0	35	3.93	<5.00	82.3	<0.018	<0.20
09/02/2010	<0.031	<0.20	0.4200	0.4700	<1.000	9.0	87.3	87.30	106.51	<2.00	174.8	10	1.32	<5.00	87.7	<0.018	<0.20
17/03/2010	<0.031	<0.20	3.965	<0.2520	<1.460	15.0	105	105.00	128.10	<2.00	196.3	5	2.22	<5.00	112	<0.018	0.274
13/04/2010	<0.031	<0.20	0.289	<0.2520	<1.460	10.0	47.1	47.10	57.46	<2.00	185.8	2.5	3.18	25.8	98	<0.018	0.302
10/05/2010	<0.031	<0.20	2.407	4.862	4.154	5.0	96.70	96.70	117.97	<2.00	183.6	2.5	1.14	<5.00	110.8	<0.018	0.362

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D1-1 Cisterna do escritório do Barão

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/05/2008	5.00	<0.017	<0.056	5.600	7.212	6.05	<0.50	<0.1	126.0	13.20	7.30	0.200	<0.02	980.4	0.0	ND
10/06/2008	5.00	<0.017	<0.056	5.32	6.851	5.77	5.80	0.4	94.0	7.35	7.20	0.120	<0.02	9.8E+04	201.400	ND
07/07/2008	8.99	<0.017	<0.056	0.520	0.670	0.52	5.40	1.4	124.0	7.42	7.80	0.110	<0.02	8130.0	630.0	ND
11/08/2008	9.92	<0.017	<0.056	0.170	0.219	0.17	5.60	4.4	86.0	0.13	7.10	0.230	<0.02	4.640.00	461.1	Traços
08/09/2008	3.59	<0.017	<0.056	0.267	0.344	0.27	5.40	1.4	50.0	18.9	6.80	<0.100	<0.02	7710.0	2.0	ND
06/10/2008	9.30	<0.007		0.331	0.426	0.33	5.60	4.6	76.0	27.60	7.30	0.120	<0.02	5.50E+04	55.40	ND
10/11/2008		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/12/2008		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/01/2009	3.67	<0.007	<0.02	0.385	0.496	0.39	5.90	10.9	86.0	135.00	6.30	<0.100	<0.02	1.553.10	24.5	Traços
09/02/2009	4.47	<0.007	<0.02	0.086	0.111	0.086	5.90	0.9	100.0	18.50	7.00	<0.100	<0.02	2.2E+05	3.1E+02	ND
09/03/2009	0.93	<0.007	<0.02	0.503	0.648	0.503	5.20	3.7	98.0	9.59	7.10	0.11	<0.02	9340.0	22.6	-
14/04/2009	1.81	<0.007	<0.02	0.49	0.631	0.49	5.90	<0.1	48.0	12.4	7.10	<0.100	<0.02	9330.0	36.9	-
11/05/2009	1.06	<0.007	<0.02	0.343	0.442	0.343	5.50	<0.1	42.0	14.90	7.10	<0.100	<0.02	61000	193.5	-
09/06/2009	1.15	<0.007	<0.02	0.219		0.219	5.2	<0.1	108.0	54.10	7.20	<0.100	<0.02	4080.0	2.0	DEQA
06/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.228	0.294	0.228	5.60	<0.1	92.0	13.10	7.17	0.150	<0.02	1046.9	5.2	ND
10/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.081	0.104	0.081	5.20	<0.1	124.0	1.52	7.40	0.230	<0.02	7280.0	2.0	ND
14/09/2009	0.97	<0.007	<0.02	0.294	0.379	0.294	5.00	<0.1	4.0	1.40	7.27	<0.100	<0.02	1.7E+04	22.8	-
13/10/2009	1.55	<0.007	<0.02	0.079	0.102	0.079	4.90	<0.1	144.0	5.80	6.66	0.230	<0.02	24.3	<1.0	DEQA
10/11/2009	<0.89	0.021	0.07	0.570	0.734	0.570	5.30	<0.1	144.0	3.00	7.46	0.410	<0.02	5.5E+04	185.0	DEQA
30/11/2009	1.64	<0.007	<0.02	0.360	0.464	0.360	5.40	<0.1	152.0	2.70	7.36	0.440	<0.02	1.0E+05	9320.0	DEQA
21/01/2010	<0.89	0.022	0.07	0.604	0.778	0.604	6.00	0.4	112.0	10.60	7.00	0.180	<0.02	1986.3	4.1	DEQA
09/02/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.186	0.240	0.186	6.20	<0.1	124.0	2.00	7.21	<0.100	<0.02	1732.9	228.2	DEQA
17/03/2010	1.21	<0.007	<0.02	0.342	0.440	0.342	6.30	<0.1	116.0	2.10	7.18	0.13	<0.02	5480	42	DEQA
13/04/2010	1.34	<0.007	<0.02	0.052	0.067	0.052	6.30	<0.1	120.0	2.17	6.13	0.15	<0.02	4350	20.1	DEQA
10/05/2010	1.60	<0.007	<0.02	0.612	0.788	0.612	6.40	<0.1	128.0	0.90	7.81	0.14	<0.02	857.0	52.9	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D1-5 Cisterna da Associação dos Empregados da Embrapa-AEE

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
12/05/2008	0.0800	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	32.25	0.0800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	2.80	9.100	<0.020
10/06/2008	0.0300	<0.0030	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	21.60	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.030	<2.00	9.091	<0.020
07/07/2008	0.1600	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	39.95	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.031	2.00	6.130	<0.020
11/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.0150	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	30.59	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.058	<2.00	8.590	<0.020
08/09/2008	<0.0020	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.62	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	6.994	<0.010
06/10/2008	<0.0020	<0.0030	0.0230	0.0080	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.50	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	15.60	5.836	<0.010
10/11/2008	0.0300	<0.0030	0.0040	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.00	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	3.80	11.40	<0.010
09/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.2000	0.0670	<0.0020	0.011	0.0052	<0.00006	41.50	0.2200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.087	<2.00	8.770	<0.010
12/01/2009	0.0790	<0.0030	<0.002	0.0295	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.00	0.760	0.030	<0.00020	<0.0003	0.450	4.00	7.594	<0.010
09/02/2009	0.0210	<0.0030	0.0080	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	37.90	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.098	<2.00	0.890	<0.010
09/03/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2.00	9.540	<0.010
14/04/2009	0.1800	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	29.70	0.1600	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	18.00	6.020	<0.010
11/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0020	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	44.70	0.1300	0.030	<0.00020	<0.0003	0.361	6.40	6.430	<0.010
09/06/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	44.40	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	10.66	<0.010
06/07/2009	0.0040	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	45.66	0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.018	6.40	10.50	<0.010
10/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0370	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0060	<0.00006	1.95	0.0500	0.020	<0.00020	<0.0003	0.048	13.70	6.600	<0.010
14/09/2009	0.8300	<0.0030	0.0470	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0470	<0.00006	57.06	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.111	<2.00	8.500	<0.010
13/10/2009	0.1400	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	9.10	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.039	<2.00	10.81	<0.010
10/11/2009	0.1300	<0.00300	0.0099	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	49.10	0.0560	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.068	18.00	10.74	<0.010
30/11/2009	0.0380	<0.00300	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0019	<0.00006	29.22	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.035	2.70	6.020	<0.010
21/01/2010	0.0800	<0.00300	0.0533	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0033	<0.00006	27.40	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.040	2.00	4.900	<0.010
09/02/2010	0.0870	<0.00300	0.0171	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.026	<2.00	8.550	<0.010
17/03/2010	<0.0020	<0.00300	0.0076	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	42.13	0.2200	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	0.519	<0.010
13/04/2010	<0.0742	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.0012	35.52	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0256	3.00	7.650	<0.010
10/05/2010	<0.0742	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	46.20	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0868	<2.00	5.692	<0.010

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D1-5 Cisterna da AEE

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/05/2008	<0.062	<0.20	3.390	0.280	<1.000	12.0	132.30	132.30	161.41	3.00	210.0	20	10.55	25.76	146.1	<0.018	1.05
10/06/2008	<0.062	<0.20	3.810	0.280	<1.000	16.0	129.80	129.80	158.36	3.20	215.0	3	1.10	12.80	142.6	<0.018	1.00
07/07/2008	<0.062	<0.20	2.960	0.500	1.35	17.0	125.10	125.10	152.62	2.40	220.0	<2.5	2.90	5.20	148.7	<0.018	0.66
11/08/2008	<0.062	<0.20	3.080	0.280	2.700	13.0	116.60	116.60	142.25	<2.00	215.0	<2.5	2.6	19.10	138.9	<0.018	1.80
08/09/2008	<0.031	<0.20	3.780	<0.200	<1.000	8.0	123.80	123.80	151.04	2.40	220.0	5.0	3.10	11.70	145.2	<0.018	0.85
06/10/2008	<0.031	<0.20	3.730	0.420	<1.000	16.0	119.60	119.60	145.91	2.30	230.0	5.0	2.40	8.70	151.7	<0.018	2.52
10/11/2008	<0.031	<0.20	3.010	0.360	<1.000	20.0	133.40	133.40	162.75	2.40	230.0	2.5	2.10	5.90	155.3	<0.018	<0.20
09/12/2008	<0.031	<0.20	3.351	0.390	<1.000	10.0	125.20	125.20	152.74	2.80	215.0	25	3.10	8.70	140.1	<0.018	<0.20
12/01/2009	<0.031	<0.20	3.390	0.540	1.600	9.0	127.00	127.00	154.94	<2.00	225.0	10	2.30	55.50	135.0	<0.018	<0.20
09/02/2009	<0.031	<0.20	3.510	0.500	1.500	9.0	118.20	118.20	144.20	3.10	230.0	10	2.70	<5.00	152.1	<0.018	<0.20
09/03/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	13.0	129.30	129.30	157.75	2.50	170.0	5.0	3.90	11.60	143.9	<0.018	0.92
14/04/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	12.00	20.70	20.70	25.25	2.50	160.0	5.0	3.40	5.0	98.7	<0.018	0.23
11/05/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	10.0	121.60	121.60	148.35	2.60	195.0	2.5	2.40	9.50	130.8	<0.018	<0.20
09/06/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	8.10	133.10	133.10	162.38	<2.00	210.00	2.5	2.60	25.00	137.7	<0.018	<0.20
06/07/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	5.0	148.10	148.10	180.68	2.00	238.80	2.5	4.88	14.50	139.0	<0.018	<0.20
10/08/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	14.0	137.90	137.90	168.24	2.30	226	2.5	15.82	48.84	143.4	<0.018	<0.20
14/09/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	10.00	135.20	135.20	164.94	2.50	202	2.5	2.87	32.19	147.7	<0.018	0.29
13/10/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	12.0	123.60	123.60	150.79	3.00	223.8	2.5	1.6	<5.00	139.6	<0.018	0.27
10/11/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	7.0	128.70	128.70	157.01	2.20	231.00	5.0	4.61	<5.00	140.3	<0.018	<0.20
30/11/2009	<0.031	<0.20	-	-	-	4.0	135.70	135.70	165.55	2.80	243.8	10	4.88	<5.00	83.4	<0.018	<0.20
21/01/2010	<0.031	<0.20	-	-	-	6.0	138.00	138.00	168.36	2.70	230.0	5.0	2.85	<5.00	139.6	<0.018	<0.20
09/02/2010	<0.031	<0.20	-	-	-	6.0	143.4	143.40	174.95	<2.00	269.2	5.0	0.50	<5.00	135.5	<0.018	<0.20
17/03/2010	<0.031	<0.20	-	-	-	10.0	140.3	140.30	171.17	<2.00	250.5	2.5	4.1	16.93	143	<0.018	0.214
13/04/2010	<0.031	<0.20	-	-	-	12.0	134.8	134.80	164.46	<2.00	237	2.5	2.48	30.89	142	<0.018	0.400
10/05/2010	<0.031	<0.20	-	-	<1.460	8.0	138.60	138.60	169.09	<2.00	249.80	<2.5	<0.50	<5.00	145.2	<0.018	0.235



Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D1-5 Cisterna da AEE

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/05/2008	4.65	<0.017	<0.056	0.284	0.366	0.28	1.20	<0.1	148.0	0.68	7.70	<0.100	<0.02	88.2	1.0	ND
10/06/2008	4.43	<0.017	<0.056	0.202	0.260	0.20	5.10	<0.1	134.0	0.04	7.80	<0.100	<0.02	325.5	0.0	ND
07/07/2008	2.92	<0.017	<0.056	0.314	0.404	0.31	5.80	<0.1	168.0	0.10	8.10	<0.100	<0.02	131.4	13.5	ND
11/08/2008	7.97	<0.017	<0.056	<0.011	<0.014	<0.05	5.80	<0.1	126.0	3.43	7.90	<0.100	<0.02	24.3	0.0	ND
08/09/2008	3.76	<0.017	<0.056	0.273	0.352	0.27	6.00	2.4	148.0	1.32	7.80	<0.100	<0.02	26.2	1.0	ND
06/10/2008	11.16	<0.007	<0.02	0.238	0.306	0.24	5.80	1.5	162.0	0.76	8.00	<0.100	<0.02	62.4	3.10	ND
10/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.219	0.282	0.22	6.10	<0.1	144.0	0.2	7.70	<0.100	<0.02	153.9	0.0	ND
09/12/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.187	0.241	0.19	6.10	2.3	142.0	62.80	7.80	<0.100	<0.02	488.4	0.0	ND
12/01/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.19	0.245	0.19	6.00	<0.1	16.0	0.47	7.80	<0.100	<0.02	32.3	0	Traços
09/02/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.024	0.031	<0.05	5.70	<0.1	148.0	1.01	7.80	<0.100	<0.02	3.2E+02	2.2E+01	ND
09/03/2009	4.07	<0.007	<0.02	0.015	0.019	<0.050	6.00	<0.1	138.0	1.35	7.80	<0.100	<0.02	2790.0	0.0	-
14/04/2009	1.02	<0.007	<0.02	0.073	0.094	0.073	6.00	<0.1	92.0	4.29	7.10	<0.100	<0.02	4140.0	13.4	-
11/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.100	0.129	0.100	5.60	<0.1	96.0	2.49	7.70	<0.100	<0.02	547.5	0.0	-
09/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.542	0.698	0.542	5.90	<0.1	138.0	0.40	7.70	<0.100	<0.02	21.3	1.0	DEQA
06/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.260	0.335	0.260	6.00	<0.1	148.0	0.33	8.02	<0.100	<0.02	52.9	1.0	ND
10/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.178	0.229	0.178	5.50	<0.1	180.0	0.28	7.79	<0.100	<0.02	7280.0	2.0	ND
14/09/2009	1.28	<0.007	<0.02	0.815	1.050	0.815	6.00	<0.1	148.0	0.20	7.83	<0.100	<0.02	7.5	1.0	-
13/10/2009	1.20	<0.007	<0.02	0.236	0.304	0.236	5.10	<0.1	176.0	1.20	7.65	0.110	<0.02	52.9	2.0	DEQA
10/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.459	0.591	0.459	6.10	<0.1	168.0	1.30	7.77	0.180	<0.02	1.3E+04	224.7	DEQA
30/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.235	0.303	0.235	6.20	<0.1	160.0	0.20	7.79	<0.100	<0.02	143.9	1750.0	DEQA
21/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.271	0.349	0.271	6.10	<0.1	168.0	0.20	7.70	0.230	<0.02	63.1	<1.0	DEQA
09/02/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.282	0.363	0.282	6.40	<0.1	168.0	0.30	7.91	<0.100	<0.02	36.8	1.0	DEQA
17/03/2010	0.947	<0.007	<0.02	0.812	1.046	0.812	6.30	<0.1	136.0	0.10	7.66	<0.100	<0.02	63.7	<1.0	DEQA
13/04/2010	1.77	<0.007	<0.02	0.185	0.238	0.185	6.30	<0.1	152.0	<0.29	7.68	<0.13	<0.02	16.1	<1.0	DEQA
10/05/2010	1.04	<0.007	<0.02	0.488	0.628	0.488	6.30	<0.1	168.0	<0.29	7.54	<0.13	<0.02	2419.6	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D2-4 Cisterna do restaurante

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
13/05/2008	0.0270	<0.0030	0.0770	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	23.00	0.4900	0.930	<0.00020	<0.0003	0.290	9.60	9.000	<0.020
09/06/2008	0.2600	<0.0030	0.3100	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	31.20	1.1300	0.520	<0.00020	<0.0003	0.060	5.20	7.620	<0.020
08/07/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0110	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	54.39	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.147	2	10.18	<0.020
12/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.0530	0.1200	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00100	50.45	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.598	2.80	10.58	<0.010
09/09/2008	0.0480	<0.0030	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	53.00	0.1500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.670	<2.00	7.066	<0.010
07/10/2008	0.1000	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0010	<0.00006	44.80	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.740	4.40	7.650	<0.010
11/11/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	53.7	0.060	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.750	4.40	7.295	<0.010
10/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1700	0.1000	<0.0020	0.013	0.0055	<0.00006	43.20	0.0800	0.090	<0.00020	<0.0003	0.103	<2.00	8.440	<0.010
13/01/2009	0.2700	0.0550	0.5800	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.50	4.890	2.810	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	10.14	<0.010
10/02/2009	0.0470	<0.0030	0.0090	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.20	<0.039	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.430	<2.00	1.270	<0.010
12/03/2009	<0.1014	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.75	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.540	2.80	5.830	<0.010
13/04/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0009	<0.00006	33.20	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	5.60	7.180	<0.010
12/05/2009	0.0150	<0.0030	0.0070	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0013	0.00290	58.50	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.340	<2.00	9.910	<0.010
08/06/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	53.60	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.600	<2.00	8.790	<0.010
07/07/2009	<0.0020	<0.0030	0.0254	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0064	<0.00006	50.95	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.392	2.00	9.510	<0.010
11/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0020	0.0130	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00110	2.60	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.441	<2.00	7.700	<0.010
15/09/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0127	<0.00006	54.25	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.054	<2.00	7.410	<0.010
15/10/2009	<0.0020	<0.00300	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.90	0.0620	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.830	8.30	10.04	<0.010
09/11/2009	0.0870	<0.00300	0.0108	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.21	0.0760	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.324	5.70	8.640	<0.010
01/12/2009	0.0200	<0.00300	0.0040	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	70.80	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.650	3.00	9.090	<0.010
25/01/2010	0.0700	<0.00300	0.0187	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0028	<0.00006	56.55	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.700	<2.00	9.430	<0.010
10/02/2010	0.0270	<0.00300	0.0089	0.064	<0.0020	0.016	<0.0006	<0.00006	53.64	<0.0390	0.1384	<0.00020	<0.00030	0.8789	<2.00	8.450	<0.010
data																	
14/04/2010	<0.0742	<0.00300	<0.0070	0.005	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	35.50	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.7026	<2.00	5.630	<0.010
11/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0107	0.0086	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	57.21	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.4492	<2.00	1.133	<0.010

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D2-4 Cisterna do restaurante

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/05/2008	<0.062	<0.20	0.350	0.410	<1.000	12.0	111.30	111.30	135.79	2.80	170.0	60	6.77	15.45	131.5	<0.018	1.37
09/06/2008	<0.062	<0.20	0.280	0.970	1.26	28.0	117.30	117.30	143.11	3.50	240.0	20	9.00	11.80	109.9	<0.018	0.99
08/07/2008	<0.062	<0.20	2.040	0.310	1.6	15.0	132.70	132.70	161.89	2.60	215.0	<2.5	2.00	7.00	173.2	<0.018	0.45
12/08/2008	<0.031	<0.020	<0.20	2.640	0.540	1.040	8.0	13.70	16.71	2.40	235.0	10	3.59	11.40	153.9	<0.018	5.55
09/09/2008	<0.031	<0.20	2.360	<0.200	<1.000	8.0	133.9	133.9	163.36	2.60	230.0	2.5	2.40	8.2	165.6	<0.018	1.43
07/10/2008	<0.031	<0.20	2.450	0.380	<1.000	11.0	133.70	133.70	163.11	2.70	250.0	5.0	3.80	<5.00	158.3	<0.018	8.24
11/11/2008	<0.031	<0.20	2.6	0.35	<1.000	17.0	137.60	137.60	167.87	2.70	250.0	5.0	2.5	7.30	160.2	<0.018	<0.20
10/12/2008	<0.031	<0.20	2.472	0.400	1.100	12.0	146.30	146.30	178.49	11.60	265.0	5.0	2.30	13.40	160.5	<0.018	0.88
13/01/2009	<0.031	<0.20	0.73	1.82	2.000	36.0	136.00	136.00	165.92	<2.00	235.0	100	5.60	76.8	160.3	<0.018	0.50
10/02/2009	<0.031	<0.20	2.600	0.460	<1.000	11.0	124.80	124.80	152.26	2.10	250.0	2.5	4.90	16.50	153.6	<0.018	1.61
12/03/2009	<0.031	<0.20	2.370	0.370	<1.000	16.0	140.30	140.30	171.17	3.20	250.0	10	3.10	6.20	156.3	<0.018	1.27
13/04/2009	<0.031	<0.20	2.530	0.510	<1.000	15.0	128.60	128.60	156.89	2.50	245.0	2.5	3.50	7.2	154.2	<0.018	0.22
12/05/2009	<0.031	<0.20	2.300	0.420	1.430	20.0	144.60	144.60	176.41	2.30	240.0	2.5	6.00	15.00	160.9	<0.018	<0.20
08/06/2009	<0.031	<0.20	2.600	0.530	<1.000	12.00	149.10	149.10	181.90	2.90	272.90	2.5	2.20	15.70	157.2	<0.018	<0.20
07/07/2009	<0.031	<0.20	2.450	0.520	1.000	6.0	142.40	142.40	173.73	2.25	256.80	2.5	4.22	5.00	155.0	<0.018	<0.20
11/08/2009	<0.031	<0.20	2.660	0.870	1.000	12.00	149.80	149.80	182.76	2.10	244	2.5	1.43	5.00	158.2	<0.018	<0.20
15/09/2009	<0.031	<0.20	2.880	0.200	1.190	18.0	150.80	150.80	183.98	3.60	231	2.5	1.76	5.00	156.3	<0.018	0.28
15/10/2009	<0.031	<0.20	3.000	0.360	1.600	13.0	139.80	139.80	170.56	<2.00	237.4	<2.5	2.21	47.16	152.4	<0.018	0.43
09/11/2009	<0.031	<0.20	2.662	0.292	1.246	7.0	150.30	150.30	183.37	2.40	254.8	5.0	3.42	<5.00	172.6	<0.018	<0.20
01/12/2009	<0.031	<0.20	2.400	1.400	1.600	2.0	151.70	151.70	185.07	2.00	275.3	10	2.69	<5.00	165.3	<0.018	0.26
25/01/2010	<0.031	<0.20	3.780	0.340	1.100	4.0	150.50	150.50	183.61	<2.00	240.0	10	2.21	9.16	171.8	<0.018	0.44
10/02/2010	<0.031	<0.20	2.630	0.966	2.44	8.0	148.3	148.3	180.93	3	272.2	2.5	1.97	<5.00	161.9	<0.018	0.25
data																	
14/04/2010	<0.031	<0.20	3.035	0.2545	<1.460	9.0	150.8	150.8	183.98	<2.00	259.9	2.5	2.01	17.08	159.3	<0.018	0.380
11/05/2010	<0.031	<0.20	2.632	<0.2520	<1.460	12.0	155.80	155.80	190.08	<2.00	274.70	5.0	1.91	<5.00	155.2	<0.018	0.462

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D2-4 Cisterna do restaurante

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/05/2008	6.06	<0.017	<0.056	<0.011	<0.014	<0.05	<0.50	<0.1	118.0	25.40	6.80	0.170	<0.02	4950.0	2.0	ND
09/06/2008	4.38	<0.017	<0.056	0.093	0.120	0.09	5.50	<0.1	142.0	7.74	6.90	0.140	<0.02	727.0	1.0	ND
08/07/2008	1.99	<0.017	<0.056	0.162	0.209	0.16	5.40	<0.1	184.0	0.70	7.70	0.110	<0.02	4.1	0.0	ND
12/08/2008	24.57	<0.017	<0.056	0.139	0.179	0.14	5.10	0.6	156.0	1.18	7.70	0.100	<0.02	6.3	0.0	ND
09/09/2008	6.33	<0.017	<0.056	0.050	0.064	0.05	5.60	1.1	156.0	0.49	7.70	<0.100	<0.02	0.0	0.0	ND
07/10/2008	36.48	<0.007	<0.02	0.252	0.325	0.25	5.60	1.4	162.0	0.21	7.80	<0.100	<0.02	2.0	0.0	ND
11/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.125	0.161	0.13	5.90	1.8	168.0	1.00	7.80	<0.100	<0.02	325.5	156.50	ND
10/12/2008	3.90	<0.007	<0.02	0.184	0.237	0.18	5.80	2.8	168.0	2.21	8.10	<0.100	<0.02	290.9	1.0	ND
13/01/2009	2.21	<0.007	<0.02	0.678	0.873	0.68	6.00	3.1	174.0	35.7	7.10	0.174	<0.02	3.4E+04	1	ND
10/02/2009	7.13	<0.007	<0.02	0.039	0.050	<0.05	6.20	<0.1	172.0	0.74	7.70	0.110	<0.02	50.4	0.0	ND
12/03/2009	5.62	<0.007	<0.02	0.175	0.225	0.175	6.10	<0.1	186.0	0.95	7.80	<0.100	<0.02	23.3	0.0	ND
13/04/2009	0.97	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	5.90	<0.1	156.0	1.06	7.70	<0.100	<0.02	3.1	0.0	-
12/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.086	0.111	0.086	6.00	<0.1	118.0	0.49	7.80	<0.100	<0.02	85.7	0.0	
08/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.573	0.738	0.573	5.90	<0.1	156.0	0.38	7.70	<0.100	<0.02	6.3	1.0	DEQA
07/07/2009	<0.89	0.007	<0.02	0.066	0.085	0.066	6.10	<0.1	176.0	0.27	7.56	<0.100	<0.02	2.0	1.0	ND
11/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.188	0.242	0.188	6.00	<0.1	168.0	0.15	7.91	<0.100	<0.02	1.0	1.0	ND
15/09/2009	1.24	<0.007	<0.02	0.123	0.158	0.123	5.90	<0.1	174.0	0.39	7.86	0.120	<0.02	300.0	1.0	ND
15/10/2009	1.90	<0.007	<0.02	116	149.385	116	5.70	<0.1	180.0	0.30	7.77	0.120	<0.02	33.6	<1.0	DEQA
09/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.044	0.057	<0.050	6.10	0.8	196.0	0.33	7.75	<0.100	<0.02	30.5	<1.0	-
01/12/2009	1.15	<0.007	<0.02	0.101	0.130	0.101	6.40	<0.1	170.0	0.2	7.88	<0.100	<0.02	2.0	<1.0	DEQA
25/01/2010	1.95	<0.007	<0.02	0.161	0.207	0.161	6.20	<0.1	176.0	0.1	7.900	0.120	<0.02	28.2	<1.0	DEQA
10/02/2010	1.11	<0.007	<0.02	0.154	0.198	0.154	6.30	<0.1	160	6.2	7.940	<0.100	<0.02	119.9	1.0	DEQA
data																
14/04/2010	1.68	<0.007	<0.02	0.117	0.151	0.117	6.30	<0.1	166.0	0.87	8.190	<0.13	<0.02	10.8	1	DEQA
11/05/2010	2.05	<0.007	<0.02	0.159	0.205	0.159	6.30	<0.1	148.0	0.30	7.640	<0.13	<0.02	770.1	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D2-5 Cisterna da estufa escritório dos Campos Experimentais

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
13/05/2008	0.1200	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	0.0200	<0.0006	<0.00006	36.00	0.1700	0.030	<0.00020	<0.0003	<0.008	6.40	13.80	<0.020
09/06/2008	0.0177	<0.0030	0.0400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	35.90	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.210	<2.00	8.070	<0.020
08/07/2008	0.2000	<0.0030	<0.0020	0.0200	<0.0020	0.0550	<0.0006	<0.00006	53.06	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.041	<2.00	6.070	<0.020
12/08/2008	0.0290	<0.0030	0.0500	0.0150	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00400	54.91	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.214	2.00	9.097	<0.010
09/09/2008	0.0410	<0.0030	0.0150	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.60	0.0500	0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	2.00	7.234	<0.010
07/10/2008	<0.0020	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.15	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	2.00	8.100	<0.010
11/11/2008	0.0180	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.4	0.080	0.030	<0.00020	<0.0003	0.020	4.40	10.720	<0.010
10/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1600	0.1400	<0.0020	0.010	0.0043	<0.00006	42.10	0.0600	0.080	<0.00020	<0.0003	0.074	<2.00	9.110	<0.010
13/01/2009	1.6000	<0.0030	0.0710	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	42.50	0.1300	0.080	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	11.040	<0.010
10/02/2009	0.0030	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.50	<0.039	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.078	2.40	1.120	<0.010
12/03/2009	0.2000	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.70	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.090	3.20	7.000	<0.010
13/04/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.60	8.490	<0.010
12/05/2009	0.0620	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0014	<0.00006	58.60	0.0800	0.130	<0.00020	<0.0003	0.060	<2.00	10.17	<0.010
08/06/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	50.50	0.1400	0.020	<0.00020	<0.0003	0.590	<2.00	8.190	<0.010
07/07/2009	0.0141	<0.0030	0.0221	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	52.85	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.760	7.20	10.00	<0.010
11/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0020	0.0150	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.48	<0.0390	0.040	<0.00020	<0.0003	0.148	<2.00	7.400	<0.010
15/09/2009	<0.0020	<0.0030	0.0025	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0057	<0.00006	54.63	0.0390	0.090	<0.00020	<0.0003	0.034	<2.00	4.200	<0.010
15/10/2009	<0.0020	<0.00300	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	49.60	0.1100	0.520	<0.00020	<0.00030	0.043	6.70	8.600	<0.010
09/11/2009	0.0140	<0.00300	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.52	<0.0390	0.0410	<0.00020	<0.00030	0.665	5.00	9.470	<0.010
01/12/2009	0.0020	<0.00300	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	66.10	<0.0390	0.053	<0.00020	<0.00030	0.076	4.70	8.760	<0.010
25/01/2010	<0.0020	<0.00300	0.0152	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	55.07	<0.0390	<0.02	<0.00020	<0.00030	0.470	<2.00	8.370	<0.010
10/02/2010	0.0410	<0.00300	0.0051	<0.0070	<0.0020	<0.0066	<0.0006	<0.00006	66.42	<0.0390	<0.0100	<0.00020	<0.00030	0.294	<2.00	9.400	<0.010
data																	
14/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0075	0.0034	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	37.16	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0481	<2.00	8.100	<0.010
11/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0121	0.0113	<0.0010	0.0103	<0.0183	<0.00100	57.70	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.4453	<2.00	1.462	<0.010

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D2-5 Cisterna da estufa escritório dos Campos Experimentais

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/05/2008	<0.062	<0.20	0.670	0.370	3.150	16.0	146.70	146.70	178.97	4.10	230.0	30	14.54	33.12	169.7	<0.018	1.54
09/06/2008	<0.062	<0.20	1.480	<0.200	1.130	16.0	144.50	144.50	176.29	2.50	240.0	<2.5	6.80	9.20	173.9	<0.018	1.31
08/07/2008	<0.062	<0.20	1.750	0.420	<1.000	12.0	131.20	131.20	160.06	3.50	220.0	3	0.90	12.90	173.0	<0.018	1.37
12/08/2008	<0.031	<0.020	<0.20	2.550	0.520	1.030	13.0	132.50	161.65	<2.00	230.0	2.5	3.28	6.60	147.6	<0.018	5.37
09/09/2008	<0.031	<0.20	2.320	<0.200	<1.000	8.0	132.4	132.4	161.53	2.00	225.0	2.5	1.10	8.9	157.8	<0.018	1.37
07/10/2008	<0.031	<0.20	2.680	0.400	<1.000	12.0	131.30	131.30	160.19	2.70	250.0	5.0	3.60	<5.00	161.0	<0.018	8.86
11/11/2008	<0.031	<0.20	2.68	0.33	<1.000	18.0	140.90	140.90	171.90	2.70	245.0	5.0	2.1	11.00	167.8	<0.018	<0.20
10/12/2008	<0.031	<0.20	2.577	0.370	1.100	8.0	143.10	143.10	174.58	4.20	255.0	5.0	2.10	76.30	149.8	<0.018	0.73
13/01/2009	<0.031	<0.20	1.94	0.53	3.200	1.0	123.20	123.20	150.30	<2.00	205.0	20	1.50	167.7	133.2	<0.018	0.43
10/02/2009	<0.031	<0.20	2.740	0.420	1.170	12.0	123.80	123.80	151.04	2.60	250.0	2.5	2.70	7.70	150.9	<0.018	1.19
12/03/2009	<0.031	<0.20	2.410	0.430	<1.000	15.0	137.50	137.50	167.75	3.20	255.0	10	2.40	9.00	156.5	<0.018	1.32
13/04/2009	<0.031	<0.20	2.370	0.550	1.800	2.0	128.70	128.70	157.01	2.20	240.0	5.0	2.90	8.3	162.1	<0.018	0.23
12/05/2009	<0.031	<0.20	2.790	0.340	1.340	18.0	145.30	145.30	177.27	2.30	235.0	5.0	5.90	10.60	170.4	<0.018	<0.20
08/06/2009	<0.031	<0.20	2.190	0.450	<1.000	14.0	156.10	156.10	190.44	2.10	279.00	2.5	0.80	11.20	162.8	<0.018	<0.20
07/07/2009	<0.031	<0.20	2.390	0.490	1.000	6.0	128.50	128.50	156.77	2.00	259.80	2.5	2.96	6.00	151.0	<0.018	<0.20
11/08/2009	<0.031	<0.20	2.640	0.610	1.000	11.0	146.10	146.10	178.24	2.50	245	2.5	0.50	5.00	162.2	<0.018	0.21
15/09/2009	<0.031	<0.20	2.960	0.200	1.230	14.00	128.80	128.80	157.14	3.00	226	2.5	0.52	41.88	156.5	<0.018	0.29
15/10/2009	<0.031	<0.20	3.000	0.370	1.600	13.0	140.70	140.70	171.65	3.10	237.8	<2.5	1.36	64.51	154.7	<0.018	0.74
09/11/2009	<0.031	<0.20	2.657	0.266	1.184	8.0	146.50	146.50	178.73	2.70	253.4	5.0	2.49	<5.00	159.9	<0.018	0.28
01/12/2009	<0.031	<0.20	2.400	1.180	1.110	3.0	143.10	143.10	174.58	2.30	269.4	10	1.76	<5.00	166.6	<0.018	0.26
25/01/2010	<0.031	<0.20	3.600	0.370	<1.000	2.0	146.60	146.60	178.85	2.20	245.0	10	2.28	<5.00	159.6	<0.018	0.44
10/02/2010	<0.031	<0.20	3.250	0.243	2.26	6.0	150.2	150.2	183.24	<2.00	269.7	5	1.63	<5.00	155.4	<0.018	0.44
data	<0.031																
14/04/2010	<0.031	<0.20	3.093	0.2589	<1.460	5.0	148.4	148.4	181.05	<2.00	259.8	2.5	3.38	23.26	149.5	<0.018	0.431
11/05/2010	<0.031	<0.20	2.648	0.2538	<1.460	9.0	154.10	154.10	188.00	<2.00	273.50	5.0	1.12	<5.00	158.7	<0.018	0.464

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S2D2-5 Cisterna da estufa escritório dos Campos Experimentais

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/05/2008	6.82	<0.017	<0.056	0.068	0.088	0.07	<0.50	<0.1	176.0	2.75	7.00	0.220	<0.02	727.0	0.0	ND
09/06/2008	5.80	<0.017	<0.056	0.912	1.174	0.91	5.60	<0.1	164.0	0.64	7.70	<0.100	<0.02	0.0	0.0	ND
08/07/2008	6.06	<0.017	<0.056	0.332	0.428	0.33	5.30	0.8	176.0	4.20	7.80	0.100	<0.02	2.0	0.0	ND
12/08/2008	23.77	<0.017	<0.056	0.073	0.094	0.07	5.30	1.2	152.0	1.50	7.80	0.100	<0.02	11.0	0.0	ND
09/09/2008	6.06	<0.017	<0.056	0.299	0.385	0.30	5.60	2.0	154.0	0.93	7.60	<0.100	<0.02	31.8	0.0	ND
07/10/2008	39.22	<0.007	<0.02	0.152	0.196	0.15	5.70	1.2	166.0	0.33	7.80	<0.100	<0.02	1203.3	2.0	ND
11/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.318	0.410	0.32	6.00	1.7	160.0	0.40	7.90	<0.100	<0.02	12.0	2.00	ND
10/12/2008	3.23	<0.007	<0.02	0.268	0.345	0.27	6.00	1.4	164.0	2.53	8.10	<0.100	<0.02	866.4	7.5	ND
13/01/2009	1.90	<0.007	<0.02	0.111	0.143	0.11	6.10	1.9	168.0	1.82	8.10	0.300	<0.02	1986.3	0	Traços
10/02/2009	5.27	<0.007	<0.02	0.061	0.079	0.06	6.10	<0.1	156.0	1.09	7.70	0.110	<0.02	1.00E+04	0.0	ND
12/03/2009	5.84	<0.007	<0.02	0.535	0.689	0.535	6.20	<0.1	204.0	0.63	7.90	<0.100	<0.02	579.4	0.0	ND
13/04/2009	1.02	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	6.30	<0.1	138.0	1.54	8.20	<0.100	<0.02	4.1	2.0	-
12/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.109	0.140	0.109	6.00	<0.1	148.0	0.67	7.80	<0.100	<0.02	2419.6	0.0	-
08/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.162	0.209	0.162	5.80	<0.1	166.0	0.33	7.80	<0.100	<0.02	2.0	1.0	DEQA
07/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.012	0.015	0.050	6.10	<0.1	216.0	0.60	7.85	<0.100	<0.02	1.0	1.0	ND
11/08/2009	0.93	<0.007	<0.02	0.306	0.394	0.306	6.10	<0.1	160.0	0.70	7.78	<0.100	<0.02	1.0	1.0	ND
15/09/2009	1.28	<0.007	<0.02	0.488	0.628	0.488	5.90	<0.1	190.0	0.65	7.94	0.130	<0.02	200.0	1.0	ND
15/10/2009	3.28	<0.007	<0.02	0.151	0.194	0.151	6.30	<0.1	184.0	2.20	7.81	0.110	<0.02	153.9	<1.0	DEQA
09/11/2009	1.24	<0.007	<0.02	0.144	0.185	0.144	6.10	1.1	172.0	0.41	7.94	<0.100	<0.02	24.6	<1.0	DEQA
01/12/2009	1.15	<0.007	<0.02	0.277	0.357	0.277	6.20	<0.1	202.0	0.30	7.91	<0.100	<0.02	36.9	4.1	DEQA
25/01/2010	1.95	<0.007	<0.02	0.143	0.184	0.143	6.40	<0.1	176.0	0.60	7.90	0.120	<0.02	35.9	<1.0	DEQA
10/02/2010	1.95	<0.007	<0.02	0.443	0.570	0.443	6.40	<0.1	172	0.2	8.11	<0.100	<0.02	2.0	1	DEQA
data																
14/04/2010	1.91	<0.007	<0.02	0.221	0.285	0.221	6.20	<0.1	162.0	1.39	8.21	<0.13	<0.02	41.4	4.1	DEQA
11/05/2010	2.05	0.051	0.17	0.155	0.200	0.155	6.40	<0.1	148.0	1.70	7.74	<0.13	<0.02	1732.9	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S3D1-2 Cisterna da casa 2 vila da Epamig

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
19/05/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.00	0.6300	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	5.300	<0.020
16/06/2008	0.0880	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.0032	7.40	0.3300	0.070	<0.00020	<0.0003	0.088	5.60	5.890	<0.020
14/07/2008	0.0300	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.83	1.1300	0.040	<0.00020	<0.0003	<0.008	3.2000	6.450	<0.020
18/08/2008	1.0400	<0.0030	<0.0020	<0.007	<0.0020	<0.01	<0.0006	<0.00006	8.23	0.9100	0.030	<0.00020	<0.0003	0.012	6.40	1.825	<0.010
15/09/2008	0.1100	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	0.04	<0.0006	<0.00006	10.21	12.90	0.250	<0.00020	<0.0003	0.300	18.40	27.00	1.603
13/10/2008	0.0810	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00010	20.18	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	29.20	6.119	<0.010
17/11/2008	0.086	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	19.98	0.0900	<0.02	<0.00020	<0.0003	<0.008	9.40	5.540	<0.010
16/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.0940	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0070	0.00500	18.60	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.034	7.20	8.190	<0.010
19/01/2009	<0.0020	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.80	0.6200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	7.20	2.920	<0.010
17/02/2009	0.0430	<0.0030	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	15.23	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	4.80	6.130	<0.010
16/03/2009	0.0740	<0.0030	<0.0020	0.0080	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	20.54	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.179	<2.00	6.170	<0.010
22/04/2009	<0.0020	<0.0030	0.0180	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	15.90	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	7.20	4.560	<0.010
18/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0220	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	22.10	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	-	4.110	<0.010
16/06/2009	0.0480	<0.0030	0.0132	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0045	<0.00006	24.52	0.1300	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	5.120	<0.010
14/07/2009	0.0740	<0.0030	0.0214	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0087	<0.00006	24.81	0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.018	<2.00	7.300	<0.010
24/08/2009	0.1250	<0.0030	0.0180	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	21.02	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	5.500	<0.010
22/09/2009	0.0050	<0.0030	0.0350	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.98	0.2400	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	-	6.590	0.017
19/10/2009	0.0310	<0.00300	0.0100	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0025	<0.00006	10.30	<0.0390	<0.020	0.00100	<0.00030	<0.008	4.50	0.520	0.070
16/11/2009	0.1400	<0.00300	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	44.22	0.9010	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.014	<2.00	1.530	<0.010
09/12/2009	0.0045	<0.00300	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	26.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	<2.00	9.800	<0.010
18/01/2010	0.0650	<0.00300	0.0066	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	24.80	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.040	<2.00	5.940	<0.010
04/03/2010	0.3850	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	48.13	0.2900	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	3	6.990	<0.010
22/03/2010	0.1450	<0.00300	0.0105	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	29.35	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	5.572	<0.010
19/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0167	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	27.21	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0211	<2.00	4.950	<0.010
19/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0210	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	29.50	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	5.000	<0.010



Tabela C.4 - Continuação

Ponto S3D1-2 Cisterna da casa 2 vila da Epamig

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
19/05/2008	<0.062	<0.20	0.110	0.210	1.800	18.0	10.30	10.30	12.57	4.00	26.0	20	5.50	12.14	7.8	<0.018	2.32
16/06/2008	<0.062	<0.20	0.163	0.360	1.370	3.0	15.40	15.40	18.79	3.60	34.0	10	1.00	<5.00	26.2	<0.018	1.10
14/07/2008	<0.062	<0.20	0.060	<0.200	1.830	8.0	18.30	18.30	22.33	3.90	32.0	25	1.40	6.30	23.8	<0.018	4.77
18/08/2008	<0.062	<0.20	0.050	0.400	1.220	3.0	25.40	25.40	30.99	2.40	52.0	30	<0.50	<5.00	31.0	<0.018	0.26
15/09/2008	4.97	1.57	1.680	11.400	2.670	46.0	44.30	44.30	54.05	12.20	230.0	2000	74.10	106.20	55.1	<0.018	14.90
13/10/2008	<0.031	<0.20	1.520	2.050	4.900	14.0	121.30	121.30	147.99	2.90	220.0	10	0.90	11.2	127.2	<0.018	7.1
17/11/2008	<0.031	<0.20	1.576	2.040	4.900	7.0	65.50	65.50	79.91	2.20	110.0	20	1.6	16.80	65.4	<0.018	<0.20
16/12/2008	<0.031	<0.20	1.543	1.850	3.400	6.00	62.40	62.40	76.13	3.20	115.0	10	2.20	11.90	82.1	<0.018	0.83
19/01/2009	<0.031	<0.20	0.372	0.510	2.000	6.0	61.40	61.40	74.91	3.00	120.0	10	2.90	68.30	55.1	<0.018	<0.20
17/02/2009	<0.031	<0.20	1.630	3.620	4.800	5.0	64.1	64.1	78.20	5.80	130.0	2.5	0.60	25.80	65.8	<0.018	2.00
16/03/2009	<0.031	<0.20	1.660	2.950	4.980	9.0	59.80	59.80	72.96	2.70	130.0	5.0	<0.50	7.90	107.0	<0.018	0.78
22/04/2009	<0.031	<0.20	1.210	0.710	2.900	8.0	63.10	63.10	76.98	4.00	125.0	5.0	3.30	12.50	65.0	<0.018	<0.20
18/05/2009	<0.031	<0.20	1.830	2.050	4.290	11.0	72.50	72.50	88.45	6.00	165.10	2.5	2.60	10.20	79.8	<0.018	0.26
16/06/2009	<0.031	<0.20	1.980	1.920	4.430	6.0	84.10	84.10	102.60	<2.00	135.00	2.5	1.30	16.10	84.9	<0.018	<0.20
14/07/2009	<0.031	<0.20	2.430	1.850	4.460	6.0	79.70	79.70	97.23	3.50	151	2.5	0.50	5.00	76.0	<0.018	<0.20
24/08/2009	<0.031	<0.20	2.430	2.490	5.090	7.0	71.70	71.70	87.47	4.00	129	5.0	1.65	5.00	68.5	<0.018	0.23
22/09/2009	0.05	<0.20	0.410	0.300	2.530	7.0	74.50	74.50	90.89	4.00	141	2.5	2.49	47.98	79.6	<0.018	<0.20
19/10/2009	0.22	<0.20	0.730	1.300	1.600	3.0	31.70	31.70	38.67	3.50	63.60	2.5	3.90	6.03	37.4	<0.018	0.53
16/11/2009	<0.031	<0.20	0.237	0.379	2.055	1.0	101.30	101.30	123.59	4.20	191.6	25	3.85	<5.00	120.0	<0.018	<0.20
09/12/2009	<0.031	<0.20	2.200	1.290	4.900	2.0	84.30	84.30	102.85	2.50	168.6	2.5	0.54	<5.00	81.6	<0.018	0.39
18/01/2010	<0.031	<0.20	2.600	1.100	5.320	5.0	78.60	78.60	95.89	3.50	150.0	2.5	3.02	12.9	78.8	<0.018	<0.20
04/03/2010	<0.031	<0.20	0.290	0.360	1.790	12.0	82.9	82.9	101.14	2.00	174.5	2.5	<0.50	<5.00	78.1	<0.018	0.402
22/03/2010	<0.031	<0.20	2.570	2.460	4.956	10.0	91.7	91.7	111.87	<2.00	177.5	2.5	3.26	23.42	86.9	<0.018	0.313
19/04/2010	<0.031	<0.20	2.546	2.329	4.938	10.0	97.7	97.7	119.19	3.5	168.3	2.5	2.11	18.9	78.7	<0.018	<0.20
19/05/2010	<0.031	<0.20	2.690	2.535	<1.460	10.0	89.60	89.60	109.31	3.00	177.20	2.5	2.42	8.42	93	<0.018	<0.20

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S3D1-2 Cisterna da casa 2 vila da Epamig

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
19/05/2008	10.27	<0.017	<0.056	0.166	0.214	0.17	5.80	<0.1	26.0	8.59	6.00	<0.100	<0.02	1340.0	0.0	ND
16/06/2008	4.87	<0.017	<0.056	0.056	0.072	0.06	5.20	<0.1	36.0	4.81	7.10	<0.100	<0.02	228.2	0.0	ND
14/07/2008	21.11	<0.017	<0.056	0.304	0.391	0.30	5.40	4.8	16.0	23.60	6.50	<0.100	<0.02	686.7	1.0	ND
18/08/2008	1.15	<0.017	<0.056	0.469	0.604	0.47	5.40	1.9	26.0	4.63	7.2	<1.00	<0.02	5600.0	6.3	ND
15/09/2008	65.96	0.813	2.67	37.63	48.460	8.29	2.40	92.5	204.0	1837.00	6.80	<0.100	<0.02	2.6E+07	3.10E+04	ND
13/10/2008	31.43	<0.007	<0.02	0.268	0.345	0.27	5.40	1.2	144.0	7.40	7.50	0.110	<0.02	1.20E+04	0.0	ND
17/11/2008	<0.89	0.037	<0.02	0.177	0.228	0.18	5.20	1.9	100.0	3.2	7.80	0.120	<0.02	0.0	0.0	ND
16/12/2008	3.67	<0.007	<0.02	0.147	0.189	0.15	6.00	22.8	98.0	25.30	7.70	0.100	<0.02	1413.6	83.9	ND
19/01/2009	<0.89	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.05	5.90	69.8	138.0	1.67	7.60	0.130	<0.02	1.3E+04	29.20	ND
17/02/2009	8.85	<0.007	<0.02	0.042	0.054	<0.05	5.10	3.5	106.0	3.30	7.40	0.150	<0.02	3690.0	6.3	ND
16/03/2009	3.45	<0.007	<0.02	0.056	0.072	0.056	4.50	11.4	94.0	0.84	7.40	0.110	<0.02	10.79	0.0	-
22/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.213	0.274	0.213	6.00	<0.1	86.0	0.71	7.30	0.120	<0.02	8520.0	0.0	-
18/05/2009	1.15	<0.007	<0.02	0.180	0.232	0.180	5.60	<0.1	96.0	1.25	7.40	0.100	0.02	1299.7	1.0	DEQA
16/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.014	0.018	0.050	5.50	3.2	104.0	0.66	7.50	0.100	<0.02	7.4E+03	1.0	DEQA
14/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.463	0.596	0.463	5.70	<0.1	88.0	0.04	7.51	0.690	<0.02	2419.6	1.0	ND
24/08/2009	1.02	<0.007	<0.02	0.603	0.777	0.603	5.80	<0.1	104.0	1.01	7.32	0.140	<0.02	1413.6	6.3	ND
22/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.066	0.085	0.066	5.80	<0.1	132.0	1.70	7.33	0.120	<0.02	648.8	1.0	ND
19/10/2009	2.35	<0.007	<0.02	0.221	0.285	0.221	6.10	4.5	84.0	1.20	7.38	<0.100	<0.02	2.4E+05	<1.0	DEQA
16/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.079	0.102	0.079	6.20	<0.1	116.0	6.50	7.18	0.150	<0.02	2.3E+02	<1.0	DEQA
09/12/2009	1.73	<0.007	<0.02	0.217	0.279	0.217	6.00	<0.1	140.0	0.32	7.45	0.13	<0.02	1413.6	17.3	DEQA
18/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.287	0.370	0.287	6.10	<0.1	120.0	0.20	7.400	0.110	<0.02	488.4	<1.0	DEQA
04/03/2010	1.78	<0.007	<0.02	<0.011		<0.050	6.30	<0.1	120	0.2	7.260	<0.100	<0.02	195.6	<1.0	DEQA
22/03/2010	1.39	<0.007	<0.02	0.234	0.301	0.234	6.2	<0.1	168	0.1	7.210	0.16	<0.02	3.1E+04	<1.0	DEQA
19/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.647	0.833	0.647	6.20	<0.1	108.0	0.9	7.170	0.15	<0.02	816.4	1	DEQA
19/05/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.356	0.458	0.356	5.90	2.9	140.0	<0.29	7.280	0.22	<0.02	>2419.6	45.5	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S3D1-5 Cisterna do estábulo 2 da Epamig

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
19/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0330	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.002	26.00	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.120	<2.00	5.300	<0.020
16/06/2008	1.600	<0.0030	0.0870	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.94	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.014	7.60	3.300	<0.020
14/07/2008	0.1400	<0.0030	0.0301	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.0003	31.32	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	4.4	42.56	<0.020
18/08/2008	0.2800	<0.0030	0.0400	<0.007	<0.0020	<0.01	<0.0006	<0.00006	21.27	0.0800	0.050	<0.00020	<0.0003	0.011	5.60	4.190	<0.010
15/09/2008	<0.0020	<0.0030	0.0960	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	19.70	<0.0390	0.070	<0.00020	<0.0003	<0.008	10.00	4.300	<0.010
13/10/2008	0.1000	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0010	<0.00006	46.20	0.2000	0.060	<0.00020	<0.0003	0.040	3.20	51.10	<0.010
17/11/2008	<0.0020	<0.0030	0.0350	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	15.84	0.0700	0.050	<0.00020	<0.0003	<0.008	5.90	1.180	<0.010
16/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1600	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	24.10	0.0600	0.110	<0.00020	<0.0003	0.011	4.00	5.050	<0.010
19/01/2009	0.1700	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	0.070	<0.0006	<0.00006	22.90	1.150	0.160	<0.00020	<0.0003	0.070	<2.00	3.480	<0.010
17/02/2009	0.4100	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	14.5	0.0900	0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	5.60	3.400	<0.010
16/03/2009	<0.0020	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	16.94	0.2400	0.030	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	3.210	<0.010
22/04/2009	0.0110	<0.0030	0.0180	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	16.60	0.0800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.270	<2.00	4.750	<0.010
18/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	14.46	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	4.900	<0.010
16/06/2009	<0.0020	<0.0030	0.0140	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0010	<0.00006	13.05	0.1200	0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	4.670	<0.010
14/07/2009	<0.0020	<0.0030	0.0191	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	11.44	0.0600	0.020	<0.00020	<0.0003	0.015	<2.00	3.450	<0.010
24/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	12.24	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.022	<2.00	3.700	<0.010
22/09/2009	<0.0020	<0.0030	0.0270	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	12.07	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	4.80	2.600	<0.010
19/10/2009	0.0350	<0.00300	0.0200	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	18.80	0.0800	0.090	<0.00020	<0.00030	<0.008	12.50	4.050	<0.010
16/11/2009	0.0320	<0.00300	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	16.79	0.0580	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	<2.00	4.860	<0.010
09/12/2009	0.2440	<0.00300	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	18.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	<2.00	5.910	<0.010
18/01/2010	<0.0020	<0.00300	0.0135	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	18.64	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.060	<2.00	1.760	<0.010
04/03/2010	0.4930	<0.00300	0.022	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.06	0.3500	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	4.070	<0.010
22/03/2010	0.2000	<0.00300	0.0140	0.0041	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	18.83	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0417	<2.00	4.936	<0.010
19/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0174	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	16.52	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	2.590	<0.010
19/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0223	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	16.44	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0132	<2.00	1.917	<0.010

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S3D1-5 Cisterna do estábulo 2 da Epamig

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
19/05/2008	<0.062	<0.20	2.730	0.830	1.020	3.0	105.90	105.90	129.20	2.40	175.0	5	6.49	46.37	118.9	<0.018	1.49
16/06/2008	<0.062	<0.20	8.160	4.040	8.160	8.0	106.40	106.40	129.81	39.00	350.0	3	0.60	<5.00	188.8	<0.018	5.83
14/07/2008	<0.062	<0.20	2.210	0.630	1.360	10.0	101.40	101.40	123.71	2.50	165.0	3	2.10	<5.00	116.3	<0.018	3.24
18/08/2008	<0.062	<0.20	1.590	0.710	2.030	15.0	62.40	62.40	76.13	2.85	120.0	20	1.00	<5.00	70.0	<0.018	0.39
15/09/2008	<0.031	<0.20	1.450	0.380	2.110	22.0	56.10	56.10	68.44	3.70	115.0	2.5	2.00	<5.00	86.5	<0.018	1.68
13/10/2008	<0.031	<0.20	1.810	0.740	<1.000	12.0	125.40	125.40	152.99	2.70	220.0	15	2.20	10.1	141.0	<0.018	6.3
17/11/2008	<0.031	<0.20	1.529	0.680	3.100	12.0	66.90	66.90	81.62	3.00	125.0	10	3	12.70	79.5	<0.018	<0.20
16/12/2008	<0.031	<0.20	1.885	0.730	2.900	36.0	69.40	69.40	84.67	5.30	135.0	5	4.10	13.40	98.3	<0.018	1.58
19/01/2009	<0.031	<0.20	1.984	1.670	3.000	12.0	70.30	70.30	85.77	3.60	140.0	50	2.80	123.60	86.5	<0.018	<0.20
17/02/2009	<0.031	<0.20	1.380	0.640	2.700	34.0	39.6	39.60	48.31	10.50	110.0	15	1.80	9.80	57.4	<0.018	2.00
16/03/2009	<0.031	<0.20	1.200	0.600	1.850	28.0	35.60	35.60	43.43	11.00	115.0	2.5	1.21	10.00	78.6	<0.018	1.20
22/04/2009	<0.031	<0.20	1.090	0.770	2.800	9.0	32.30	32.30	39.41	9.20	100.0	2.5	3.60	13.90	55.3	<0.018	2.24
18/05/2009	<0.031	<0.20	1.030	0.460	2.180	7.0	38.10	38.10	46.48	9.40	105.00	2.5	2.10	5.00	55.8	<0.018	1.88
16/06/2009	<0.031	<0.20	1.020	0.350	2.250	6.0	37.50	37.50	45.75	5.60	82.00	2.5	1.80	15.30	47.4	<0.018	1.02
14/07/2009	<0.031	<0.20	1.080	0.560	1.830	15.0	32.80	32.80	40.02	5.00	78.7	2.5	0.50	5.00	57.0	<0.018	0.69
24/08/2009	<0.031	<0.20	1.020	0.830	3.060	9.0	37.20	37.20	45.38	5.50	75.1	2.5	2.22	5.00	43.0	<0.018	0.57
22/09/2009	<0.031	<0.20	1.060	0.380	2.300	6.0	43.70	43.70	53.31	6.10	86.0	2.5	0.50	63.97	48.9	<0.018	0.31
19/10/2009	<0.031	<0.20	1.820	0.810	2.600	18.0	18.00	18.00	21.96	5.00	105.9	2.5	0.81	<5.00	65.6	<0.018	0.33
16/11/2009	<0.031	<0.20	1.280	0.640	5.453	4.3	52.80	52.80	64.42	11.80	102.9	10	<0.50	<5.00	59.9	<0.018	0.87
09/12/2009	<0.031	<0.20	1.230	0.400	2.130	1.0	56.80	56.80	69.30	3.60	117.7	5.0	2.06	<5.00	58.5	<0.018	2.88
18/01/2010	<0.031	<0.20	1.400	0.530	2.600	2.0	40.70	40.70	49.65	10.30	115.0	2.5	4.25	<5.00	58.0	<0.018	<0.20
04/03/2010	<0.031	<0.20	0.297	0.360	1.820	10.0	122.3	122.3	149.21	<2.00	226.7	20	<0.50	<5.00	121.2	<0.018	0.331
22/03/2010	<0.031	<0.20	1.400	0.646	2.490	14.0	41.7	41.70	50.87	5	113.6	2.5	2.18	21.61	60.7	<0.018	1.400
19/04/2010	<0.031	<0.20	1.240	0.5944	2.260	7.0	43.8	43.80	53.44	7.8	103.5	43.8	2.16	29.08	49.4	<0.018	1.190
19/05/2010	<0.031	<0.20	1.305	0.6205	<1.460	14.0	44.50	44.50	54.29	5.05	97.90	2.5	2.54	<5.00	54.9	<0.018	1.120

Tabela C.4 - Continuação

Ponto S3D1-5 Cisterna da estábulo 2 da Epamig

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
19/05/2008	6.60	<0.017	<0.056	0.186	0.240	0.19	8.90	<0.1	110.0	3.17	8.10	0.120	<0.02	2419.6	0.0	ND
16/06/2008	25.81	<0.017	<0.056	0.100	0.129	0.10	5.20	2.9	236.0	2.27	7.70	<0.100	<0.02	7.4	0.0	ND
14/07/2008	14.34	<0.017	<0.056	0.406	0.523	0.41	5.40	5.0	112.0	9.62	8.00	<0.100	<0.02	7120.0	0.0	ND
18/08/2008	1.73	<0.017	<0.056	0.192	0.247	0.19	5.30	2.1	92.0	1.73	6.5	<1.00	<0.02	1732.9	0.0	ND
15/09/2008	7.44	<0.017	<0.023	0.196	0.252	0.20	5.10	1.7	84.0	0.66	6.60	<0.100	<0.02	261	0.0	ND
13/10/2008	27.89	<0.007	<0.023	0.220	0.283	0.22	5.50	9.2	150.0	6.21	7.70	0.140	<0.02	1.E+04	12.2	Traços
17/11/2008	<0.89	<0.007	<0.023	0.188	0.242	0.19	5.40	<0.1	80.0	0.70	6.50	<0.100	<0.02	9.880.0	238.2	ND
16/12/2008	6.99	0.010	0.03	0.260	0.335	0.26	6.00	0.3	94.0	8.43	6.50	<0.100	<0.02	7.170.0	45.5	ND
19/01/2009	<0.89	0.010	0.03	0.280	0.361	0.28	5.90	0.1	136.0	25.00	7.50	<0.100	<0.02	5.8E+04	3500.0	Traços
17/02/2009	8.85	<0.007	<0.023	0.087	0.112	0.09	5.20	<0.1	94.0	45.10	6.30	<0.100	<0.02	14000.0	129.6	ND
16/03/2009	5.31	<0.007	<0.023	0.021	0.027	<0.050	5.10	<0.1	92.0	10.20	6.40	<0.100	<0.02	2.4E+05	3.0E+04	-
22/04/2009	9.92	<0.007	<0.023	0.248	0.319	0.248	6.10	<0.1	76.0	1.79	6.90	<0.100	<0.02	4950.0	9.8	-
18/05/2009	8.32	<0.007	<0.023	0.127	0.164	0.127	6.00	<0.1	54.0	1.05	6.90	<0.100	<0.02	1986.3	1.0	DEQA
16/06/2009	4.52	<0.007	<0.023	0.161	0.207	0.161	5.90	<0.1	66.0	1.24	6.80	<0.100	<0.02	5.8E+03	<1.0	DEQA
14/07/2009	3.05	<0.007	<0.023	0.154	0.198	0.154	5.90	<0.1	46.0	0.04	6.29	<0.100	<0.02	5.5E+04	7.1E+03	ND
24/08/2009	2.52	<0.007	<0.023	0.704	0.907	0.704	6.00	<0.1	94.0	1.78	6.93	<0.100	<0.02	1046.2	241.3	ND
22/09/2009	1.37	<0.007	<0.023	<0.0055	<0.007	0.050	6.00	<0.1	60.0	1.30	6.83	<0.100	<0.02	2.2E+04	11.0	ND
19/10/2009	1.46	<0.007	<0.023	0.303	0.390	0.303	5.70	<0.1	100.0	1.40	6.47	<0.100	<0.02	1.1E+03	154.1	DEQA
16/11/2009	3.85	<0.007	<0.023	0.292	0.376	0.292	6.10	<0.1	64.0	1.50	6.94	<0.100	<0.02	<1.0	<1.0	DEQA
09/12/2009	12.75	<0.007	<0.023	0.142	0.183	0.142	6.10	<0.1	112.0	0.30	6.66	<0.100	<0.02	4.6E+04	6370.0	DEQA
18/01/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.253	0.326	0.253	6.20	<0.1	88.0	0.10	6.90	<0.100	<0.02	1533.1	68.3	DEQA
04/03/2010	1.47	<0.007	<0.023	<0.0055	<0.007	<0.050	6.00	<0.1	132.0	8.70	7.63	0.110	<0.02	50.4	<1.0	DEQA
22/03/2010	6.20	<0.007	<0.023	0.237	0.305	0.237	6.10	<0.1	124.0	0.20	6.73	<0.100	<0.02	547.5	24.3	DEQA
19/04/2010	5.27	<0.007	<0.023	0.256	0.330	0.256	6.30	<0.1	52.0	0.30	6.85	<0.13	<0.02	910	<1.0	DEQA
19/05/2010	4.96	<0.007	<0.023	0.173	0.223	<0.050	6.10	<0.1	88.0	0.30	6.60	<0.13	<0.02	6.3	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

## 2.1.2 Poços tubulares

Tabela C.5 - Resultados das Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas das Amostras dos Poços Tubulares

Ponto S1D1-5 Poço tubular jorrante: lagoa da subida da estação meteorológica																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
05/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0210	0.0390	<0.0020	0.05	0.001	0.023	62.00	<0.0390	0.060	<0.00020	<0.0003	0.200	<2.00	9.408	<0.020
02/06/2008	<0.0020	<0.0030	0.0110	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.0014	48.82	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	2.250	<0.020
30/06/2008	<0.0020	<0.0030	0.0270	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.90	0.1400	0.019	<0.00020	<0.0003	<0.008	10.40	16.20	<0.020
04/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.0900	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	64.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	4.80	10.90	<0.020
01/09/2008	0.0190	<0.0030	0.0700	<0.0070	<0.0020	0.06	<0.0006	<0.00006	28.22	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.094	<2.00	7.266	<0.010
02/10/2009	0.3200	<0.0030	0.1200	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0110	0.11000	63.40	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	9.20	9.753	<0.010
03/11/2008	0.0500	<0.0030	0.0390	0.0150	<0.0020	0.130	<0.0006	<0.00006	65.60	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.190	2.40	13.28	<0.010
01/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1500	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	62.70	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.070	<2.00	9.120	<0.010
05/01/2009	2.9000	<0.0030	0.0300	0.0075	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	25.30	0.430	0.050	<0.00020	<0.0003	0.02	3.20	4.450	<0.010
02/02/2009	0.0790	<0.0030	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0120	<0.00006	61.70	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	8.530	<0.010
03/03/2009	0.0840	<0.0030	0.0210	0.0140	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.70	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.088	8.00	7.030	<0.010
06/04/2009	0.1100	<0.0030	0.0070	0.0140	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	8.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	6.40	4.560	<0.010
04/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.40	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.037	2.40	7.480	<0.010
02/06/2009	0.0720	<0.0030	0.0300	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0035	<0.00006	61.50	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	14.00	12.98	<0.010
29/06/2009	0.0490	<0.0030	0.0580	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	62.55	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	2.00	8.640	<0.010
30/06/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/09/2009	0.0050	<0.0030	0.0410	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	74.20	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.063	<2.00	11.56	<0.010
05/10/2009	<0.0020	<0.0030	0.0190	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	63.00	0.3900	0.051	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	13.09	<0.010
03/11/2009	0.0450	<0.0030	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	98.20	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	7.30	4.040	<0.010
23/11/2009	0.1400	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	66.04	0.1540	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.194	4.70	13.51	<0.010
Data																	
01/02/2010	0.0990	<0.0030	0.0401	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0265	<0.00006	60.00	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.030	<2.00	11.67	<0.010
11/03/2010	0.1670	<0.0030	<0.0070	0.004	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	67.68	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.238	<2.00	0.594	<0.010
05/04/2010	0.0330	<0.0030	0.015	0.0031	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00181	65.78	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.0774	<2.00	13.80	<0.010
04/05/2010	0.1594	<0.0030	0.0135	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	61.87	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.1273	<2.00	8.390	<0.010

Tabela C.5 - Continuação

Ponto SID1-5 Poço tubular jorrante: lagoa da subida da estação meteorológica

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
05/05/2008	<0.062	<0.20	7.700	0.480	1.600	16.0	189.80	189.80	231.56	4.50	265.0	20	3.60	34.84	212.4	<0.018	2.91
02/06/2008	<0.062	<0.20	6.500	0.470	2.370	18.0	191.40	191.40	233.51	11.30	310.0	<2.5	2.40	11.70	231.4	<0.018	2.08
30/06/2008	<0.062	<0.20	12.600	0.490	1.300	18.0	179.60	179.60	219.11	2.00	300.0	2.5	2.70	11.10	235.6	<0.018	1.96
04/08/2008	<0.062	<0.20	7.700	0.310	1.670	12.0	165.20	165.20	201.54	<2.00	290.0	5	2.60	<5.00	196.0	<0.018	6.59
01/09/2008	<0.031	<0.20	7.210	0.330	1.320	20.0	173.70	173.70	211.91	2.10	300.0	2.5	1.90	<5.00	209.2	<0.018	0.47
02/10/2009	<0.031	<0.20	7.620	0.300	<1.000	28.0	168.10	168.10	205.08	2.50	320.0	<2.5	1.50	<5.00	24.5	<0.018	3.56
03/11/2008	<0.031	<0.20	7.58	0.55	<1.000	12.0	182.60	182.60	222.77	2.50	310.0	10	2.90	7.50	198.7	<0.018	0.94
01/12/2008	<0.031	<0.20	8.384	0.450	1.800	19.0	185.30	185.30	226.07	5.00	340.0	2.5	2.40	15.40	214.9	<0.018	2.45
05/01/2009	<0.031	<0.20	2.150	3.760	2.900	7.0	71.50	71.50	87.23	2.40	110.0	30	3.50	10.00	56.4	<0.018	0.52
02/02/2009	<0.031	<0.20	7.680	<0.2	1.870	16.0	172.40	172.40	210.33	4.00	320.0	10	5.50	14.70	213.2	<0.018	0.62
03/03/2009	<0.031	<0.20	7.690	0.600	1.640	36.0	176.70	176.70	215.57	3.20	330.0	10	2.00	<5.00	158.3	<0.018	1.60
06/04/2009	<0.031	<0.20	<0.200	0.600	2.040	34.0	19.30	19.30	23.55	4.00	49.0	5.0	2.70	<5.00	28.4	<0.018	1.46
04/05/2009	<0.031	<0.20	7.610	0.690	1.420	20.0	191.50	191.50	233.63	3.20	300.0	5.0	5.40	11.40	197.3	<0.018	<0.20
02/06/2009	<0.031	<0.20	8.500	0.470	1.820	21.0	182.70	182.70	222.89	2.80	363.00	5.0	2.70	5.00	198.3	<0.018	<0.20
29/06/2009	<0.031	<0.20	8.250	2.020	1.490	26.0	192.70	192.70	235.09	2.20	350.00	2.5	2.98	13.72	202.5	<0.018	<0.20
30/06/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/09/2009	<0.031	<0.20	7.730	0.370	2.380	18.0	164.20	164.20	200.32	2.70	298	2.5	2.66	16.09	219.1	<0.018	<0.20
05/10/2009	<0.031	<0.20	8.018	0.430	2.130	14.0	193.10	193.10	235.58	2.80	334.0	<2.5	2.02	29.89	211.4	<0.018	0.28
03/11/2009	<0.031	<0.20	8.610	0.470	2.510	20.0	190.60	190.60	232.53	2.00	325.0	2.5	4.45	<5.00	201.0	<0.018	0.46
23/11/2009	<0.031	<0.20	7.889	0.495	1.911	12.0	195.80	195.80	238.88	4.70	369.0	10	5.20	15.40	210.0	<0.018	0.32
Data																	
01/02/2010	<0.031	<0.20	10.000	0.400	1.510	11.0	205.10	205.10	250.22	<2.00	300.0	2.5	0.56	<5.00	200.1	<0.018	0.35
11/03/2010	<0.031	<0.20	7.995	0.616	2.077	13.0	202.1	202.10	246.56	<2.00	355	2.5	4.11	48.64	208.6	<0.018	0.300
05/04/2010	<0.031	<0.20	7.892	0.5098	1.864	9.0	119.8	119.80	146.16	<2.00	226	25	2.45	12.43	139.7	<0.018	<0.20
04/05/2010	<0.031	<0.20	7.885	0.6608	1.883	30.0	194.70	194.70	237.53	<2.00	347.00	20	4.90	5.09	178.0	<0.018	0.360

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S1D1-5 Poço tubular jorrante: lagoa da subida da estação meteorológica

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
05/05/2008	12.88	<0.017	<0.056	0.569	0.733	0.57	5.80	1.7	208.0	1.76	7.50	<0.100	<0.02	1.9E+04	0.0	ND
02/06/2008	9.21	<0.017	<0.056	0.633	0.815	0.63	5.80	2.2	202.0	0.92	7.40	<0.100	<0.02	1.9E+04	290.4	ND
30/06/2008	8.68	<0.017	<0.056	0.507	0.653	0.51	5.90	0.1	232.0	0.20	7.70	<0.100	<0.02	67.7	1.0	ND
04/08/2008	29.17	<0.017	<0.056	0.494	0.636	0.50	6.20	<0.1	218.0	0.34	7.70	0.150	<0.02	1.9E+01	0.00	ND
01/09/2008	2.08	<0.017	<0.056	0.444	0.572	0.44	6.00	2.2	200.0	0.43	7.70	<0.100	<0.02	7.4	0.0	ND
02/10/2009	15.76	<0.017	<0.056	0.358	0.461	0.36	6.26	1.1	218.0	0.36	7.30	<0.100	<0.02	0.0	0.0	<0.100
03/11/2008	4.16	<0.007	<0.02	0.021	0.027	<0.05	5.10	3.0	214.0	0.50	7.60	<0.100	<0.02	4.1	0.0	ND
01/12/2008	10.85	<0.007	<0.02	0.226	0.291	0.23	6.00	4.3	218.0	1.23	7.40	<0.100	<0.02	117.8	0.0	ND
05/01/2009	2.30	<0.007	<0.02	0.17	0.219	0.17	6.10	1.1	40.0	2.87	7.50	<0.100	<0.02	2.6E+03	8.6	ND
02/02/2009	2.74	<0.007	<0.02	0.211	0.272	0.21	6.10	<0.1	212.0	3.73	7.70	<0.100	<0.02	>240000	2.0E+02	ND
03/03/2009	7.08	<0.007	<0.02	0.570	0.734	0.57	5.90	<0.1	216.0	10.10	7.60	<0.100	<0.02	2.4E+05	3050.0	ND
06/04/2009	6.46	<0.007	<0.02	0.900	1.159	0.900	6.10	<0.1	26.0	0.38	6.20	<0.100	<0.02	6.4E+04	7.4	-
04/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.011	0.014	0.050	6.00	0.5	196.0	1.63	7.50	<0.100	<0.02	2.46E+03	13.4	-
02/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.038	0.049	0.050	5.90	<0.1	2.0	0.79	7.80	<0.100	<0.02	2.0E+00	1.0	DEQA
29/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.464	0.598	0.464	6.40	7.0	208.0	0.28	7.65	<0.100	<0.02	14.8	1.0	DEQA
30/06/2009		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.441	0.568	0.441	5.90	0.1	216.0	0.25	7.61	0.170	<0.02	51.20	1.00	ND
05/10/2009	1.24	<0.007	<0.02	0.144	0.185	0.144	6.00	<0.1	168.0	0.90	7.78	0.110	<0.02	44.3	<1.0	ND
03/11/2009	2.04	<0.007	<0.02	0.378	0.487	0.378	6.00	<0.1	196.0	0.13	7.54	<0.100	<0.02	3.1E+02	<1.0	DEQA
23/11/2009	1.42	<0.007	<0.02	0.162	0.209	0.162	5.80	<0.1	240.0	1.50	7.44	0.210	<0.02	>2.4E+05	204.6	DEQA
Data																
01/02/2010	1.55	<0.007	<0.02	0.447	0.576	0.447	6.50	<0.1	224.0	0.40	8.100	<0.100	<0.02	52.0	1.0	DEQA
11/03/2010	1.33	<0.007	<0.02	0.325	0.419	0.325	6.40	<0.1	220.0	2.10	7.890	0.13	<0.02	5380	344.8	DEQA
05/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.802	1.033	0.802	6.30	<0.1	128.0	5.92	7.650	<0.1000	<0.02	1.5E+04	28.2	DEQA
04/05/2010	1.59	<0.007	<0.02	0.356	0.458	0.356	6.40	4.3	464.0	7.90	7.350	<0.13	-	1.2E+05	740.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise



Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D1-4 Poço tubular jorrante da lagoa Olhos d'Água

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
12/05/2008	0.0430	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	34.00	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.080	<2.00	9.900	<0.020
10/06/2008	0.0320	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	19.98	0.1800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	2.00	9.430	<0.020
07/07/2008	0.0750	<0.0030	<0.0020	0.0150	<0.0020	<0.010	0.01	0.00	41.10	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.089	2.80	6.060	<0.020
11/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.0220	0.0270	<0.0020	0.019	<0.0006	0.00120	33.66	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	10.73	<0.020
08/09/2008	0.0230	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.90	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.047	<2.00	6.226	<0.010
06/10/2008	0.0820	<0.0030	0.0140	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.30	0.1700	0.020	<0.00020	<0.0003	0.220	10.40	9.628	<0.010
10/11/2008	0.0600	<0.0030	0.0030	<0.0070	<0.0020	0.018	<0.0006	<0.00006	47.60	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.130	<2.00	11.67	<0.010
09/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1300	0.0100	<0.0020	<0.010	0.0081	<0.00006	41.30	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.052	<2.00	7.100	<0.010
12/01/2009	0.1200	<0.0030	0.0140	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.80	<0.039	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.130	3.20	9.090	<0.010
09/02/2009	0.0230	<0.0030	0.0080	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.003	<0.00006	37.57	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.110	<2.00	1.000	<0.010
09/03/2009	<0.1014	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.50	0.2600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.030	<2.00	7.560	<0.010
14/04/2009	0.2000	<0.0030	0.0270	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	40.30	0.1500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.076	18.00	9.160	<0.010
11/05/2009	0.0140	<0.0030	0.0030	<0.0070	<0.0020	0.020	<0.0006	<0.00006	48.16	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.189	-	6.770	<0.010
09/06/2009	<0.0020	<0.0030	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	44.30	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	2.00	10.36	<0.010
06/07/2009	0.0140	<0.0030	0.0029	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.13	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.057	6.00	9.500	<0.010
10/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0380	0.0150	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00140	2.13	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.119	<2.00	8.700	<0.010
14/09/2009	0.0305	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0044	<0.00006	50.26	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.033	<2.00	11.60	<0.010
13/10/2009	0.0270	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0140	<0.00006	PADA	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.130	<2.00	11.70	<0.010
10/11/2009	0.1200	<0.0030	0.0100	<0.0070	0.0060	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.12	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.066	7.70	10.63	<0.010
30/11/2009	0.0780	<0.0030	<0.0020	0.0075	<0.0020	<0.010	0.0035	<0.00006	36.14	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.067	2.70	7.370	<0.010
21/01/2010	0.2840	<0.0030	0.0331	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0025	<0.00006	48.62	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	2.00	8.450	<0.010
09/02/2010	0.2820	<0.0030	0.0159	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.29	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	10.50	<0.010
17/03/2010	<0.0020	<0.0030	<0.0070	1.796	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.129	9.420	0.1700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.2625	<2.00	0.519	<0.010
13/04/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	33.49	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.0163	13.2	8.760	<0.010
10/05/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	45.61	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.0807	<2.00	3.423	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D1-4 Poço tubular jorrante da lagoa Olhos d'Água

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/05/2008	<0.062	<0.20	3.480	0.510	<1.000	10.0	134.40	134.40	163.97	2.60	210.0	25	7.61	10.67	155.5	<0.018	1.07
10/06/2008	<0.062	<0.20	3.550	0.380	1.50	15.0	125.30	125.30	152.87	2.00	210.0	10	4.60	17.30	145.3	<0.018	1.10
07/07/2008	<0.062	<0.20	2.880	0.730	1.76	11.0	121.30	121.30	147.99	2.30	220.0	<2.5	4.70	7.80	143.1	<0.018	1.74
11/08/2008	<0.062	<0.20	3.110	0.400	1.460	18.0	89.80	89.80	109.56	<2.00	225.0	5.0	5.45	24.10	139.4	<0.018	1.91
08/09/2008	<0.031	<0.20	3.740	0.300	<1.000	10.0	124.90	124.90	152.38	3.90	230.0	5.0	2.90	15.30	155.3	<0.018	1.23
06/10/2008	<0.031	<0.20	3.520	0.980	<1.000	19.0	115.80	115.80	141.28	4.60	250.0	10	5.10	15.30	141.3	<0.018	2.79
10/11/2008	<0.031	<0.20	3.600	0.490	<1.000	18.0	126.70	126.70	154.57	2.00	230.0	2.5	2.20	<5.00	141.2	<0.018	<0.20
09/12/2008	<0.031	<0.20	3.197	0.510	1.000	12.0	137.60	137.60	167.87	3.20	235.0	10	2.50	11.20	143.3	<0.018	<0.20
12/01/2009	<0.031	<0.20	3.490	0.610	1.800	8.0	118.30	118.30	144.33	2.00	230.0	30	3.00	62.20	136.0	<0.018	0.56
09/02/2009	<0.031	<0.20	3.510	0.580	1.400	8.0	150.70	150.70	183.85	2.60	230.0	5.0	1.90	<5.00	146.0	<0.018	<0.20
09/03/2009	<0.031	<0.20	3.520	0.520	<1.000	14.0	126.30	126.30	154.09	2.10	230.0	5.0	4.20	14.50	145.9	<0.018	2.00
14/04/2009	<0.031	<0.20	3.050	0.530	<1.000	9.00	114.80	114.80	140.06	2.50	225.0	<2.5	2.60	10.0	138.6	<0.018	<0.20
11/05/2009	<0.031	<0.20	3.420	0.450	1.640	16.0	133.90	133.90	163.36	2.70	220.0	2.5	2.60	8.00	150.3	<0.018	<0.20
09/06/2009	<0.031	<0.20	3.200	0.470	<1.000	10.0	143.70	143.70		2.00	210.0	2.5	2.80	30.90	142.5	<0.018	<0.20
06/07/2009	<0.031	<0.20	3.340	0.700	1.580	8.0	136.70	136.70	166.77	2.50	240.5	2.5	5.16	5.00	140.0	<0.018	<0.20
10/08/2009	<0.031	<0.20	4.050	1.120	1.030	15.0	134.90	134.90	164.58	2.00	224.0	2.5	12.11	13.35	140.3	<0.018	<0.20
14/09/2009	<0.031	<0.20	4.020	9.770	1.940	10.0	129.80	129.80	158.36	2.50	198.0	2.5	0.63	8.2	146.3	<0.018	0.42
13/10/2009	<0.031	<0.20	4.400	0.560	1.400	10.0	127.80	127.80	155.92	3.00	223.4	2.5	4.3	48.29	141.1	<0.018	0.33
10/11/2009	<0.031	<0.20	3.973	0.411	<1.000	4.00	130.80	130.80	159.58	2.40	233.9	5.0	4.64	<5.00	148.1	<0.018	0.32
30/11/2009	<0.031	<0.20	3.740	0.400	<1.000	2.0	139.80	139.80	170.56	2.50	247.6	10	4.43	<5.00	82.6	<0.018	<0.20
21/01/2010	<0.031	<0.20	5.300	<0.200	<1.000	9.0	136.70	136.70	166.77	<2.00	240.0	10	4.16	<5.00	149.5	<0.018	<0.20
09/02/2010	<0.031	<0.20	4.050	0.350	1.080	6.0	142.2	142.20	173.48	<2.00	267.3	5.0	<0.50	<5.00	139.6	<0.018	<0.20
17/03/2010	<0.031	<0.20	0.686	0.835	<1.460	13.0	142	142.00	173.24	<2.00	252.6	5	3.78	<5.00	138.8	<0.018	0.248
13/04/2010	<0.031	<0.20	4.084	0.2921	<1.460	14.0	139.4	139.40	170.07	<2.00	237.6	2.5	1.73	38.89	138.6	<0.018	0.288
10/05/2010	<0.031	<0.20	3.827	0.2853	<1.460	6.0	137.60	137.60	167.87	<2.00	243.2	<2.5	1.08	8.97	135.1	<0.018	0.218

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D1-4 Poço tubular jorrante da lagoa Olhos d'Água

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/05/2008	4.74	<0.017	<0.056	0.382	0.492	0.38	<0.50	<0.1	112.0	2.19	7.80	<0.100	<0.02	1.2E+05	0.0	ND
10/06/2008	4.87	<0.017	<0.056	0.227	0.292	0.23	5.60	<0.1	78.0	3.15	7.30	<0.100	<0.02	224.70	0.00	ND
07/07/2008	7.70	<0.017	<0.056	0.320	0.412	0.32	5.80	0.7	172.0	4.91	8.10	<0.100	<0.02	2880.0	30.9	ND
11/08/2008	8.45	<0.017	<0.056	0.965	1.243	0.97	6.20	2.2	160.0	4.75	7.40	0.130	<0.02	>2.4e5	866.4	Traços
08/09/2008	5.44	<0.017	<0.056	0.217	0.279	0.22	5.40	2.9	162.0	2.26	7.60	<0.100	<0.02	>2419.6	0.0	ND
06/10/2008	12.35	<0.007	<0.02	0.358	0.461	0.36	5.90	6.2	180.0	2.81	7.40	<0.100	<0.02	2.30E+03	0.00	ND
10/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.205	0.264	0.21	5.80	1.7	140.0	0.42	7.70	<0.100	<0.02	12.1	0.0	ND
09/12/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.151	0.194	0.15	6.00	3.2	150.0	3.31	7.70	<0.100	<0.02	290.9	0.0	ND
12/01/2009	2.48	<0.007	<0.02	0.127	0.164	0.13	6.00	<0.1	154	4.94	7.70	<0.100	<0.02	866.4	6.3	Traços
09/02/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.152	0.196	0.152	6.00	<0.1	142.0	0.73	7.70	<0.100	<0.02	2.1E+02	0.0	ND
09/03/2009	8.85	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	6.10	<0.1	136.0	0.71	7.80	<0.100	<0.02	2419.6	1.0	-
14/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	6.00	<0.1	136.0	0.66	7.80	<0.100	<0.02	38.4	1.0	
11/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.180	0.232	0.18	5.80	<0.1	150.0	1.99	7.70	<0.100	<0.02	5630.0	3.10	
09/06/2009		0.022	<0.02	0.374	0.482	0.374	5.80	<0.1	148.0	0.94	7.80	<0.100	<0.02	45.0	1.0	DEQA
06/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.348	0.448	0.348	6.00	<0.1	144.0	1.10	7.88	<0.100	<0.02	129.1	4.1	ND
10/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.247	0.318	0.247	5.80	<0.1	172.0	0.23	7.75	<0.100	<0.02	1.0	1.0	ND
14/09/2009	1.86	<0.007	<0.02	0.395	0.509	0.395	6.20	<0.1	180.0	0.50	7.87	0.130	<0.02	1732.9	1.0	-
13/10/2009	1.46	<0.007	<0.02	0.148	0.191	0.148	6.30	<0.1	164.0	0.50	7.65	0.120	<0.02	45.7	<1.0	DEQA
10/11/2009	1.42	<0.007	<0.02	0.413	0.532	0.413	6.00	<0.1	160.0	2.40	7.68	0.200	<0.02	1.9E+04	125.9	DEQA
30/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.200	0.258	0.200	6.00	<0.1	152.0	1.20	7.69	<0.100	<0.02	1.50E+04	<1.0	DEQA
21/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.125	0.161	0.125	6.20	<0.1	144.0	0.30	7.70	0.210	<0.02	41	<1.0	DEQA
09/02/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.243	0.313	0.243	6.20	<0.1	204.0	0.20	8.09	<0.100	<0.02	28.5	1.0	DEQA
17/03/2010	1.10	<0.007	<0.02	0.248	0.319	0.248	6.30	<0.1	144.0	0.20	7.70	<0.100	<0.02	1299.7	<1.0	DEQA
13/04/2010	1.27	<0.007	<0.02	0.236	0.304	0.236	6.20	<0.1	148.0	0.61	7.70	<0.13	<0.02	36.9	<1.0	DEQA
10/05/2010	0.96	0.009	0.03	0.297	0.382	0.297	6.40	<0.1	164.0	0.60	7.61	<0.13	<0.02	2419.6	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D2-2 Poço tubular a 80 m oeste da ponte central do ribeirão Matadouro																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
13/05/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0120	<0.0020	0.14	<0.0006	0.0032	37.00	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.200	9.20	9.400	<0.020
09/06/2008	<0.0020	<0.0030	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.30	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	7.450	<0.020
08/07/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0085	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	44.32	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.011	<2.00	6.720	<0.020
12/08/2008	0.1900	<0.0030	0.0460	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	53.24	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.016	3.60	8.864	<0.01
09/09/2008	0.0250	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.50	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	8.629	<0.010
07/10/2008	<0.0020	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	49.15	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	8.452	<0.010
11/11/2008	0.0030	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.6	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	8.265	<0.010
10/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1400	0.0770	<0.0020	0.010	0.0080	<0.00006	53.30	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.128	<2.00	5.770	<0.010
13/01/2009	0.0650	<0.0030	0.0330	0.0180	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.10	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	6.170	<0.010
10/02/2009	0.0210	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	44.50	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.015	<2.00	1.420	<0.010
12/03/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/04/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	33.50	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.012	4.80	5.980	<0.010
12/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0030	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.20	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	9.620	<0.010
08/06/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/07/2009	<0.0020	<0.0030	0.0368	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	51.00	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.008	2.00	9.680	<0.010
11/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.11	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.016	<2.00	10.20	<0.010
15/09/2009	<0.0020	<0.0030	0.0100	0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	54.72	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.008	4.00	9.920	<0.010
15/10/2009	0.1000	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.30	<0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	3.760	<0.010
09/11/2009	0.2500	<0.0030	0.0106	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.19	0.0940	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.028	6.70	7.110	<0.010
01/12/2009	0.0140	<0.0030	0.0090	<0.0070	<0.0020	0.040	<0.0006	<0.00006	41.00	<0.0390	0.6200	<0.00020	<0.0003	0.260	6.70	9.090	<0.010
25/01/2010	0.0247	<0.0030	0.0248	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.40	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	7.150	<0.010
10/02/2010	0.0380	<0.0030	0.027	<0.0070	<0.0020	<0.0066	<0.0006	<0.00006	57.02	<0.0390	<0.0100	<0.00020	<0.0003	<0.0130	<2.00	7.990	<0.010
data																	
14/04/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	35.71	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.0130	<2.00	6.270	<0.010
11/05/2010	<0.0742	<0.0030	0.0109	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	56.92	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.0130	<2.00	5.863	<0.010

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D2-2 Poço tubular a 80 m oeste da ponte central do ribeirão Matadouro																	
Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/05/2008	<0.062	<0.20	2.550	0.610	<1.000	9.0	142.10	142.10	173.36	2.50	220.0	10	6.92	15.45	153.8	<0.018	1.96
09/06/2008	<0.062	<0.20	1.300	0.270	<1.000	16.0	143.10	143.10	174.58	2.60	240.0	<2.5	6.40	12.90	153.5	<0.018	1.43
08/07/2008	<0.062	<0.20	1.960	0.340	<1.000	15.0	146.20	146.20	178.36	2.20	220.0	3	<0.50	8.80	173.4	<0.018	1.50
12/08/2008	<0.031	<0.020	<0.20	2.420	0.400	<1.00	9.0	132.00	161.04	2.00	235.0	10	4.60	8.40	150.3	<0.018	4.84
09/09/2008	<0.031	<0.20	2.280	<0.200	<1.000	9.0	128.5	128.5	156.77	2.30	230.0	5.0	1.80	10	161.0	<0.018	1.43
07/10/2008	<0.031	<0.20	2.490	0.460	<1.000	13.0	128.90	128.90	157.26	2.00	245.0	5.0	2.30	9.20	148.0	<0.018	5.58
11/11/2008	<0.031	<0.20	2.520	0.38	<1.000	14.0	137.40	137.40	167.63	3.30	245.0	5.0	1.4	<5.00	155.4	<0.018	<0.20
10/12/2008	<0.031	<0.20	2.667	0.560	1.200	14.0	137.60	137.60	167.87	2.80	255.0	5.0	4.30	12.30	156.4	<0.018	1.53
13/01/2009	<0.031	<0.20	2.37	0.47	1.100	7.0	137.50	137.50	167.75	<2.00	230.0	10	3.50	155.4	152.8	<0.018	0.81
10/02/2009	<0.031	<0.20	2.640	0.770	1.670	12.0	125.10	125.10	152.62	3.60	245.0	2.5	4.00	13.60	166.9	<0.018	1.42
12/03/2009		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
13/04/2009	<0.031	<0.20	2.360	0.460	1.000	16.0	120.40	120.40	146.89	2.50	240.0	2.5	3.10	3.6	153.1	<0.018	<0.20
12/05/2009	<0.031	<0.20	2.140	0.360	1.670	19.0	143.20	143.20	174.70	2.70	240.0	2.5	6.10	33.00	161.3	<0.018	<0.20
08/06/2009		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
07/07/2009	<0.031	<0.20	2.350	0.500	1.000	7.0	142.30	142.30	173.61	2.00	255.10	2.5	1.70	64.70	149.0	<0.018	0.20
11/08/2009	<0.031	<0.20	2.960	0.660	1.000	12.0	150.40	150.40	183.49	2.10	243	5.0	2.10	5.00	151.9	<0.018	<0.20
15/09/2009	<0.031	<0.20	2.790	0.200	1.000	13.0	153.70	153.70	187.51	3.00	232	10	2.83	22.46	153.8	<0.018	0.22
15/10/2009	<0.031	<0.20	2.880	0.360	1.600	14.0	140.50	140.50	171.41	2.00	239.0	<2.5	4.38	32.06	151.8	<0.018	0.47
09/11/2009	<0.031	<0.20	2.726	1.313	1.850	8.0	144.30	144.30	176.05	3.30	253.3	5.0	4.43	<5.00	161.6	<0.018	<0.20
01/12/2009	<0.031	<0.20	2.800	1.960	1.550	3.0	150.10	150.10	183.12	2.50	271.1	10	2.25	<5.00	155.3	<0.018	0.26
25/01/2010	<0.031	<0.20	3.500	0.330	1.050	6.0	147.80	147.80	180.32	<2.00	240.0	10	3.68	<5.00	148.0	<0.018	0.61
10/02/2010	<0.031	<0.20	2.610	0.238	2.47	9.0	140.2	140.20	171.04	7.5	277.1	2.5	3.43	7.92	151.2	<0.018	5.42
data																	
14/04/2010	<0.031	<0.20	3.015	0.2552	<1.460	10.0	131.3	131.30	160.19	<2.00	261.9	2.5	3	19.63	164.1	<0.018	0.298
11/05/2010	<0.031	<0.20	2.630	0.2743	<1.460	13.0	152.40	152.40	185.93	<2.00	273.00	<2.5	3.53	<5.00	157.0	<0.018	0.530

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D2-2 Poço tubular a 80 m oeste da ponte central do ribeirão Matadouro																
Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/05/2008	8.68	<0.017	<0.056	0.216	0.278	0.22	5.40	<0.1	148.0	0.92	7.70	0.150	<0.02	1203.3	0.0	ND
09/06/2008	6.33	<0.017	<0.056	0.131	0.169	0.13	5.40	<0.1	172.0	0.20	7.70	0.100	<0.02	8780.0	0.0	ND
08/07/2008	6.64	<0.017	<0.056	0.304	0.391	0.30	5.20	<0.1	172.0	3.50	7.60	0.120	<0.02	0.0	0.0	ND
12/08/2008	21.42	<0.017	<0.056	0.022	0.028	<0.05	5.60	<0.1	152.0	1.22	7.60	0.120	<0.02	8.4	3.1	ND
09/09/2008	6.33	<0.017	<0.056	0.140	0.180	0.14	5.60	1.6	168.0	2.28	7.70	<0.100	<0.02	0.0	0.0	ND
07/10/2008	24.70	<0.007	<0.023	0.401	0.516	0.4	6.10	1.4	172.0	0.45	7.80	<0.100	<0.02	9590.0	435	ND
11/11/2008	<0.89	<0.007	<0.023	0.061	0.079	0.06	5.90	1.7	164.0	0.50	7.80	<0.100	<0.02	2.40E+04	308	ND
10/12/2008	6.77	<0.007	<0.023	0.154	0.198	0.15	6.00	1.0	162.0	0.56	8.10	<0.100	<0.02	155.3	6.1	ND
13/01/2009	3.59	<0.007	<0.023	0.106	0.137	0.11	6.00	71.1	202.0	0.42	7.90	0.100	<0.02	-	-	ND
10/02/2009	6.29	<0.007	<0.023	0.168	0.216	0.17	6.30	<0.1	180.0	1.06	7.60	0.140	<0.02	579.4	0.0	ND
12/03/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/04/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.191	0.246	0.191	6.30	14.3	160.0	1.51	7.50	<0.100	<0.02	0.0	0.0	-
12/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.558	0.719	0.558	6.10	<0.1	132.0	0.44	7.70	0.100	<0.02	0.0	0.0	-
08/06/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/07/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.206	0.265	0.206	6.00	<0.1	180.0	0.56	7.77	<0.100	<0.02	111.2	7.5	ND
11/08/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.252	0.325	0.252	6.10	<0.1	164.0	0.31	7.76	<0.100	<0.02	1010.0	1.0	ND
15/09/2009	0.97	<0.007	<0.023	0.216	0.278	0.216	5.80	<0.1	172.0	4.41	7.74	0.120	<0.02	3.1	1.0	ND
15/10/2009	2.08	<0.007	<0.023	0.16	0.206	0.16	6.30	<0.1	184.0	0.40	7.68	0.130	<0.02	1553.1	1.0	DEQA
09/11/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.185	0.238	0.185	6.10	0.5	172.0	0.22	7.61	<0.100	<0.02	547.0	<1.0	DEQA
01/12/2009	1.15	<0.007	<0.023	0.089	0.115	0.089	6.10	<0.1	180.0	0.20	7.90	0.11	<0.02	4480.0	3.1	DEQA
25/01/2010	2.70	<0.007	<0.023	0.157	0.202	0.157	6.20	<0.1	180.0	0.20	7.80	0.140	<0.02	<1.0	<1.0	DEQA
10/02/2010	23.99	<0.007	<0.023	0.269	0.346	0.269	6.40	<0.1	192	0.2	7.67	<0.100	<0.02	1.0	1.0	DEQA
data																
14/04/2010	1.32	<0.007	<0.023	0.222	0.286	0.222	6.30	<0.1	160.0	0.66	8.02	<0.13	<0.02	13.2	2	DEQA
11/05/2010	2.35	<0.007	<0.023	0.129	0.166	0.129	6.40	<0.1	156.0	<0.29	7.49	<0.13	<0.02	<1.0	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D2-3 Poço tubular da ponte central do ribeirão Matadouro

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
13/05/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.010	44.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	8.40	9.000	<0.020
09/06/2008	<0.0020	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	38.80	<0.0390	0.090	<0.00020	<0.0003	0.020	2.50	4.170	<0.020
08/07/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0320	<0.0020	0.015	<0.0006	0.001	46.68	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.063	3.600	6.970	<0.020
12/08/2008	0.1300	<0.0030	0.0530	0.0870	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.01300	54.35	0.0800	0.020	<0.00020	<0.0003	0.138	<2.00	8.787	<0.010
09/09/2008	0.0410	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.00	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.120	3.2	50.72	<0.010
07/10/2008	<0.0020	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	40.10	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	8.322	<0.010
11/11/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.55	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	7.985	<0.010
10/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1700	0.1800	<0.0020	0.025	0.0083	<0.00006	49.10	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.261	<2.00	8.330	<0.010
13/01/2009	0.0240	<0.0030	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.70	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	6.700	<0.010
10/02/2009	0.0630	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	0.01	0.0030	<0.00006	37.70	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.011	<2.00	4.640	<0.010
12/03/2009	0.2300	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	49.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.090	3.20	6.170	<0.010
13/04/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0060	<0.00006	33.50	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.009	6.00	7.820	<0.010
12/05/2009	0.0350	<0.0030	0.0110	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	58.40	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	2.00	9.350	<0.010
08/06/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.50	0.1400	0.020	<0.00020	<0.0003	0.590	<2.00	8.680	<0.010
07/07/2009	<0.0020	<0.0030	0.0344	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	50.35	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.036	<2.00	9.300	<0.010
11/08/2009	0.0180	<0.0030	0.0020	0.0200	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00410	2.04	<0.0390	0.030	<0.00020	<0.0003	0.263	<2.00	6.300	<0.010
15/09/2009	<0.0020	<0.0030	0.0090	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0017	<0.00006	52.68	0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.008	2.50	9.130	<0.010
15/10/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.70	0.0950	0.030	<0.00020	<0.0003	0.014	4.00	8.300	<0.010
09/11/2009	0.0130	<0.0030	0.0105	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.60	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.012	3.70	3.030	<0.010
01/12/2009	0.0080	<0.0030	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	42.00	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.018	5.00	6.58	<0.010
25/01/2010	0.0299	<0.0030	0.0218	<0.0070	<0.0020	0.020	0.0011	<0.00006	54.44	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.68	<2.00	5.300	<0.010
10/02/2010	0.0400	<0.0030	0.0027	<0.0070	<0.0020	<0.0066	<0.0006	<0.00006	52.14	<0.0390	<0.0100	<0.00020	<0.0003	0.0157	<2.00	4.190	<0.010
data																	
14/04/2010	<0.0742	<0.0030	0.0072	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	54.23	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.0239	<2.00	6.210	<0.010
11/05/2010	<0.0742	<0.0030	0.0108	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	57.67	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.0130	<2.00	4.381	<0.010

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D2-3 Poço tubular da ponte central do ribeirão Matadouro

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/05/2008	<0.062	<0.20	2.530	0.250	1.000	10.0	146.30	146.30	178.49	2.60	220.0	20	6.21	8.09	152.6	<0.018	1.86
09/06/2008	<0.062	<0.20	1.380	<0.200	1.620	14.0	148.90	148.90	181.66	3.50	250.0	3	7.30	14.70	149.8	<0.018	1.40
08/07/2008	<0.062	<0.20	2.040	0.490	1.260	16.0	132.90	132.90	162.14	2.90	225.0	<2.5	3.60	10.00	154.3	<0.018	0.80
12/08/2008	<0.031	<0.020	<0.20	2.430	1.430	1.040	10.0	131.30	160.19	2.20	235.0	10	2.33	10.30	162.5	<0.018	6.30
09/09/2008	<0.031	<0.20	2.280	<0.200	<1.000	10.0	136.1	136.1	166.04	3.20	235.0	2.5	2.60	7.1	154.4	<0.018	2.09
07/10/2008	<0.031	<0.20	2.490	0.360	<1.000	17.0	128.10	128.10	156.28	2.80	245.0	2.5	2.40	5.50	159.9	<0.018	6.61
11/11/2008	<0.031	<0.20	1.850	0.34	<1.000	15.0	138.40	138.40	168.85	2.50	250.0	5.0	1.7	8.80	161.9	<0.018	<0.20
10/12/2008	<0.031	<0.20	2.740	0.680	1.500	12.0	143.20	143.20	174.70	2.10	255.0	5.0	3.50	98.10	161.2	<0.018	1.21
13/01/2009	<0.031	<0.20	2.33	0.5	1.600	4.0	141.00	141.00	172.02	<2.00	230.0	10	2.90	78.2	153.0	<0.018	1.08
10/02/2009	<0.031	<0.20	2.560	0.420	1.680	14.0	134.90	134.90	164.58	3.60	250.0	5.0	5.60	28.30	153.3	<0.018	1.75
12/03/2009	<0.031	<0.20	2.310	0.760	<1.000	19.0	133.70	133.70	163.11	3.30	250.0	10	3.90	14.80	152.7	<0.018	1.18
13/04/2009	<0.031	<0.20	2.430	0.500	1.000	14.0	125.80	125.80	153.48	2.20	240.0	2.5	1.80	2.5	153.4	<0.018	<0.20
12/05/2009	<0.031	<0.20	2.330	0.560	1.890	25.0	142.40	142.40	173.73	2.60	235.0	2.5	5.90	22.00	164.4	<0.018	<0.20
08/06/2009	<0.031	<0.20	2.190	0.450	<1.000	14.0	147.70	147.70	180.19	3.00	275.20	2.5	2.50	9.7	171.9	<0.018	<0.20
07/07/2009	<0.031	<0.20	2.330	0.610	1.320	8.0	148.30	148.30	180.93	2.50	254.00	2.5	5.13	5.00	150.0	<0.018	<0.20
11/08/2009	<0.031	<0.20	2.980	0.830	1.000	12.0	148.90	148.90	181.66	2.40	239	5.0	1.34	5.00	164.6	<0.018	<0.20
15/09/2009	<0.031	<0.20	2.720	0.200	1.300	17.0	148.20	148.20	180.80	3.00	231	2.5	0.50	11.80	158.5	<0.018	0.29
15/10/2009	<0.031	<0.20	2.800	0.370	1.600	13.0	140.70	140.70	171.65	2.50	237.8	<2.5	2.89	53.57	148.8	<0.018	0.43
09/11/2009	<0.031	<0.20	2.649	0.235	1.027	9.0	142.60	142.60	173.97	2.70	251.8	5.0	4.58	<5.00	164.3	<0.018	<0.20
01/12/2009	<0.031	<0.20	2.420	1.000	1.480	4.0	152.90	152.90	186.54	2.00	274.1	10	2.41	<5.00	164.4	<0.018	0.27
25/01/2010	<0.031	<0.20	3.530	0.320	<1.000	5.0	148.10	148.10	180.68	2.00	240.0	10	4.51	5.87	161.0	<0.018	0.44
10/02/2010	<0.031	<0.20	3.070	<0.2520	2.41	8.0	152.7	152.7	186.29	<2.00	273.8	2.5	1.94	12.07	152	<0.018	<0.20
data																	
14/04/2010	<0.031	<0.20	3.002	0.2722	<1.460	10.0	145.8	145.8	177.88	<2.00	258.3	2.5	2.65	18.17	157.6	<0.018	0.276
11/05/2010	<0.031	<0.20	2.639	0.2713	<1.460	11.0	152.80	152.80	186.42	<2.00	275.10	2.5	1.47	<5.00	153.7	<0.018	<0.20



Tabela C.5 - Continuação

Ponto S2D2-3 Poço tubular da ponte central do ribeirão Matadouro

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/05/2008	8.23	<0.017	<0.056	0.148	0.191	0.15	5.30	<0.1	160.0	1.15	7.60	0.140	<0.02	307.6	5.2	ND
09/06/2008	6.20	<0.017	<0.056	0.082	0.106	0.08	5.60	<0.1	168.0	0.09	7.60	0.100	<0.02	0.0	0.0	ND
08/07/2008	3.54	<0.017	<0.056	0.501	0.645	0.50	5.30	5.2	168.0	2.80	7.50	0.100	<0.02	14.8	0.0	ND
12/08/2008	27.89	<0.017	<0.056	0.132	0.170	0.13	5.30	<0.1	152.0	14.30	7.80	0.110	<0.02	727.0	2.0	ND
09/09/2008	9.25	<0.017	<0.056	0.142	0.183	0.14	5.70	1.4	176.0	1.41	7.60	<0.100	<0.02	0.0	1.0	ND
07/10/2008	29.26	0.022	0.07	0.176	0.227	0.18	6.10	1.1	144.0	0.45	7.60	<0.100	<0.02	-	-	ND
11/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.212	0.273	0.21	6.00	1.5	176.0	0.43	7.80	<0.100	<0.02	920.8	33.60	ND
10/12/2008	5.36	<0.007	<0.02	0.114	0.147	0.11	6.10	<0.1	160.0	0.42	8.10	<0.100	<0.02	126.7	0.0	ND
13/01/2009	4.78	<0.007	<0.02	0.148	0.191	0.15	6.00	28.3	162.0	1.2	8.00	<0.100	<0.02	17.1	0	Traços
10/02/2009	7.75	<0.007	<0.02	0.350	0.451	0.35	6.20	<0.1	164.0	0.88	7.50	0.110	<0.02	1.00E+05	0.0	ND
12/03/2009	5.22	<0.007	<0.02	0.341	0.439	0.341	5.50	8.8	170.0	0.75	7.60	<0.100	<0.02	3.0	0.0	ND
13/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	6.20	<0.1	146.0	0.63	7.50	<0.100	<0.02	0.0	0.0	-
12/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.845	1.088	0.845	6.00	<0.1	162.0	0.67	7.70	0.100	<0.02	0.0	0.0	-
08/06/2009		<0.007	<0.02	0.225		0.225	5.80	<0.1	170.0	0.18	7.50	<0.100	<0.02	95.9	3.1	DEQA
07/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.227	0.292	0.227	6.00	<0.1	176.0	0.40	7.65	<0.100	<0.02	3.1E+04	3580.0	ND
11/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.253	0.326	0.253	6.10	<0.1	164.0	0.14	7.10	<0.100	<0.02	980.4	1.0	ND
15/09/2009	1.28	<0.007	<0.02	0.267	0.344	0.267	6.10	<0.1	176.0	1.91	7.74	0.130	<0.02	36.4	1.0	ND
15/10/2009	1.90	<0.007	<0.02	0.123	0.158	0.123	6.00	<0.1	180.0	0.3	7.56	0.120	<0.02	2419.6	<1.0	DEQA
09/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.127	0.164	0.127	6.10	0.8	188.0	0.12	7.68	<0.100	<0.02	51.2	<1.0	DEQA
01/12/2009	1.20	<0.007	<0.02	0.048	0.062	<0.050	6.20	<0.1	168.0	0.1	7.69	<0.100	<0.02	14.6	<1.0	DEQA
25/01/2010	1.95	<0.007	<0.02	0.161	0.207	0.161	6.20	<0.1	168.0	0.2	7.80	0.130	<0.02	<1.0	<1.0	DEQA
10/02/2010	<0.89	0.028	0.09	0.577	0.743	0.577	6.30	<0.1	196	0.2	7.92	<0.100	<0.02	13.4	1.0	DEQA
data																
14/04/2010	1.22	<0.007	<0.02	0.23	0.296	0.230	6.30	<0.1	156.0	0.58	8.14	<0.13	<0.02	-	-	DEQA
11/05/2010	<0.89	0.485	1.59	0.198	0.255	0.198	6.40	<0.1	148.0	<0.29	7.47	<0.13	<0.02	<1.0	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S3D1-3 Poço tubular da sede da Epamig

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
19/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0660	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	32.90	1.6100	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	4.200	<0.020
16/06/2008	0.0500	<0.0030	0.0040	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0230	<0.00006	41.00	1.6200	0.030	<0.00020	<0.0003	0.011	9.60	6.450	<0.020
14/07/2008	<0.0020	<0.0030	0.0300	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.42	0.3300	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.016	2.4000	4.790	<0.020
18/08/2008	0.2600	<0.0030	0.0090	<0.007	<0.0020	<0.01	<0.0006	<0.00006	19.47	0.2300	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.019	4.40	2.782	<0.010
15/09/2008	0.0460	<0.0030	0.0840	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.40	0.4000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.016	11.20	5.068	<0.010
13/10/2008	0.0920	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00300	26.12	0.12	0.060	<0.00020	<0.0003	0.200	2.00	4.077	<0.010
17/11/2008	0.0550	<0.0030	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	91.55	3.2900	0.030	<0.00020	<0.0003	0.021	8.00	5.430	<0.010
16/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	39.70	0.7600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.008	4.80	4.220	<0.010
19/01/2009	0.1600	<0.0030	0.1000	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.80	0.6700	0.130	<0.00020	<0.0003	0.060	<2.00	4.450	<0.010
17/02/2009	0.2300	<0.0030	0.0290	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0060	<0.00006	40.19	3.310	0.070	<0.00020	<0.0003	0.040	4.40	4.260	<0.010
16/03/2009	0.2500	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	55.4	1.030	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.022	<2.00	4.490	<0.010
22/04/2009	0.0370	<0.0030	0.0190	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0080	<0.00006	53.50	1.0600	0.040	<0.00020	0.6900	0.430	<2.00	6.250	<0.010
18/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.60	1.340	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	4.860	<0.010
16/06/2009	0.0490	<0.0030	0.0156	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0070	<0.00006	52.00	1.480	0.080	<0.00020	<0.0003	0.010	2.00	5.270	<0.010
14/07/2009	0.0100	<0.0030	0.0179	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	12.01	0.0390	0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	2.00	3.000	<0.010
24/08/2009	0.0560	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	67.35	1.570	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.024	<2.00	4.800	<0.010
22/09/2009	1.050	<0.0030	0.0340	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.44	0.180	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	6.80	2.200	0.042
19/10/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	PADA	1.710	0.030	<0.00020	<0.0003	<0.008	6.00	4.720	0.255
16/11/2009	0.0540	<0.0030	0.0180	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.76	1.468	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.009	<2.00	4.970	<0.010
09/12/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.00	0.5700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	5.800	<0.010
18/01/2010	<0.0020	<0.0030	0.0076	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0025	<0.00006	45.40	0.5500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.030	<2.00	1.620	<0.010
04/03/2010	0.1610	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	28.29	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.0130	2.9	3.020	<0.010
22/03/2010	0.0340	<0.0030	0.0097	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	46.42	0.7400	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.0130	<2.00	3.813	<0.010
19/04/2010	0.0807	<0.0030	0.0137	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	53.69	0.2800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.0145	<2.00	3.270	<0.010
19/05/2010	<0.0742	<0.0030	0.0186	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.97	0.7900	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.0130	2.10	1.896	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S3D1-3 Poço tubular da sede da Epamig

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
19/05/2008	<0.062	<0.20	0.480	0.400	1.130	7.0	139.70	139.70	170.43	3.00	235.0	25	6.10	22.45	157.7	<0.018	1.92
16/06/2008	<0.062	<0.20	0.468	0.410	1.210	3.0	130.10	130.10	158.72	2.70	240.0	30	1.80	8.80	154.8	<0.018	0.83
14/07/2008	<0.062	<0.20	0.330	0.360	1.710	15.0	124.30	124.30	151.65	2.50	210.0	3	2.00	<5.00	158.3	<0.018	4.33
18/08/2008	<0.031	<0.20	0.310	0.500	1.300	5.0	122.80	122.80	149.82	<2.00	220.0	20	1.79	5.10	131.5	<0.018	0.38
15/09/2008	<0.031	<0.20	0.410	0.200	1.340	13.0	130.80	130.80	159.58	2.10	240.0	25	2.00	<5.00	138.6	<0.018	2.55
13/10/2008	<0.031	<0.20	1.020	0.640	1.400	AFRS	AFRS	AFRS	-	AFRS	AFRS	AFRS	1.50	9	AFRS	<0.018	AFRS
17/11/2008	<0.031	<0.20	0.418	0.440	1.700	18.0	134.20	134.20	163.72	<2.00	220.0	40	2.4	<5.00	148.1	<0.018	<0.20
16/12/2008	<0.031	<0.20	0.422	0.470	2.200	12.0	108.10	108.10	131.88	4.30	185.0	20	0.80	14.10	117.3	<0.018	1.11
19/01/2009	<0.031	<0.20	1.881	0.910	1.600	12.0	118.90	118.90	145.06	4.20	230.0	25	2.40	94.80	138.6	<0.018	<0.20
17/02/2009	<0.031	<0.20	0.430	0.450	1.490	12.0	121.50	121.5	148.23	2.90	235.0	250	2.70	<5.00	137.4	<0.018	1.98
16/03/2009	<0.031	<0.20	0.420	0.460	<1.000	18.0	122.90	122.90	149.94	3.20	235.0	25	1.90	6.80	148.7	<0.018	0.76
22/04/2009	<0.031	<0.20	<0.005	1.500	24.700	22.0	131.30	131.30	160.19	3.70	230.0	15	4.00	11.80	146.1	<0.018	<0.20
18/05/2009	<0.031	<0.20	0.400	0.420	1.200	15.0	136.50	136.50	166.53	3.50	258.00	30	<0.50	<5.00	142.3	<0.018	<0.20
16/06/2009	<0.031	<0.20	0.400	0.260	1.200	13.0	138.50	138.50	168.97	<2.00	215.00	25	2.10	22.50	148.2	<0.018	<0.20
14/07/2009	<0.031	<0.20	1.050	0.480	1.830	5.00	119.50	119.50	145.79	3.00	211.0	20	10.30	13.45	128.0	<0.018	0.21
24/08/2009	<0.031	<0.20	0.440	0.490	2.070	15.0	147.40	147.40	179.83	2.75	226.0	25	5.16	21.11	145.9	<0.018	<0.20
22/09/2009	0.13	<0.20	0.420	0.290	2.220	13.0	127.50	127.50	155.55	3.20	217.0	2.5	2.39	5.00	140.9	<0.018	<0.20
19/10/2009	0.790	<0.20	0.240	0.460	2.800	10.0	81.10	81.10	98.94	3.20	141.7	30	5.79	19.24	87.9	<0.018	0.33
16/11/2009	<0.031	<0.20	0.224	0.374	2.078	0.8	118.90	118.90	145.06	3.80	191.1	30	3.32	<5.00	118.0	<0.018	<0.20
09/12/2009	<0.031	<0.20	0.48	0.200	1.750	1.0	126.10	126.10	153.84	2.70	223.4	25	2.50	<5.00	124.9	<0.018	0.32
18/01/2010	<0.031	<0.20	0.330	0.270	1.860	6.0	121.20	121.20	147.86	2.40	205.0	5.0	2.28	<5.00	122.5	<0.018	<0.20
04/03/2010	<0.031	<0.20	2.467	2.490	4.610	12.0	120.00	120.00	146.40	<2.00	219.9	20	2.1	<5.00	118.6	<0.018	0.322
22/03/2010	<0.031	<0.20	0.270	0.360	2.055	13.0	118.30	118.30	144.33	<2.00	218.2	100	2.11	21.25	114.2	<0.018	0.258
19/04/2010	<0.031	<0.20	0.372	0.3663	1.800	11.0	140.40	140.40	171.29	3.10	262	2.5	3.14	43.98	138.6	<0.018	<0.20
19/05/2010	<0.031	<0.20	0.3264	0.4132	<1.460	18.0	125.30	125.30	152.87	<2.00	228.80	20	2.26	<5.00	126.3	<0.018	<0.20

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S3D1-3 Poço tubular da sede da Epamig

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
19/05/2008	8.50	<0.017	<0.056	0.136	0.175	0.14	6.00	<0.1	152.0	42.00	7.80	0.200	<0.02	7.7E+04	160.1	ND
16/06/2008	3.67	<0.017	<0.056	0.066	0.085	0.07	5.10	<0.1	156.0	32.00	8.00	<0.100	<0.02	187.2	0.0	ND
14/07/2008	19.17	<0.017	<0.056	0.304	0.391	0.30	5.30	3.8	136.0	5.05	7.20	0.150	<0.02	0.0	0.0	ND
18/08/2008	1.68	<0.017	<0.056	0.023	0.030	<0.05	5.30	1.8	152.0	2.96	7.6	0.14	<0.02	4.1	4.1	
15/09/2008	11.29	<0.017	<0.056	0.068	0.088	0.07	5.60	1.6	168.0	3.12	7.40	0.150	<0.02	3.0	0.0	ND
13/10/2008	-	AFRS	-	0.134	0.173	0.13	5.90	AFRS	AFRS	AFRS	AFRS	0.150	<0.02	23.3	0.0	ND
17/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.157	0.202	0.16	5.10	<0.1	160.0	34.1	7.80	0.160	<0.02	517.2	0.0	ND
16/12/2008	4.91	<0.007	<0.02	0.052	0.067	0.05	5.90	2.9	72.0	29.70	7.10	0.120	<0.02	3110	43.1	ND
19/01/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.175	0.225	0.18	6.00	5.3	188.0	34.10	7.70	0.160	<0.02	2.8E+04	52.90	ND
17/02/2009	8.76	<0.007	<0.02	0.135	0.174	0.14	5.50	<0.1	148.0	75.50	7.20	0.160	<0.02	365.4	0.0	ND
16/03/2009	3.36	<0.007	<0.02	0.114	0.147	0.114	5.70	<0.1	150.0	28.50	7.20	0.130	<0.02	1732.9	93.3	
22/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.087	0.112	0.087	6.00	<0.1	148.0	16.50	7.30	0.160	<0.02	2.5E+04	1986.3	
18/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.091	0.117	0.091	5.80	<0.1	132.0	15.70	7.30	0.150	<0.02	1.464E+0	1.0	DEQA
16/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.183	0.236	0.183	5.80	<0.1	134.0	12.90	7.20	0.140	<0.02	-	-	DEQA
14/07/2009	0.93	<0.007	<0.02	0.075	0.097	0.075	5.90	<0.1	124.0	11.00	7.55	0.100	<0.02	137.6	1.0	ND
24/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.182	0.234	0.182	6.00	<0.1	166.0	22.20	7.44	0.200	<0.02	2419.6	1.0	ND
22/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.043	0.055	0.050	5.90	<0.1	124.0	2.80	7.35	0.150	<0.02	648.8	3.1	ND
19/10/2009	1.46	<0.007	<0.02	0.301	0.388	0.301	5.60	<0.1	96.0	19.20	6.89	<0.100	<0.02	-	-	DEQA
16/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.457	0.589	0.457	6.00	<0.1	124.0	7.70	7.36	0.140	<0.02	5.2E+02	<1.0	DEQA
09/12/2009	1.42	<0.007	<0.02	0.014	0.018	<0.050	5.90	<0.1	128.0	8.40	7.30	0.13	<0.02	1.9E+04	2.0	DEQA
18/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.099	0.127	0.099	6.10	<0.1	104.0	4.30	7.30	0.140	<0.02	1.0	<1.0	DEQA
04/03/2010	1.43	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	6.10	<0.1	120	16.9	7.35	0.120	<0.02	112.6	<1.0	DEQA
22/03/2010	1.14	<0.007	<0.02	0.14	0.180	0.14	6.3	<0.1	132	49	7.26	0.15	<0.02	73.3	<1.0	DEQA
19/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.223	0.287	0.223	6.20	<0.1	208.0	7.1	7.30	0.15	<0.02	224.7	18.9	DEQA
19/05/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.064	0.082	0.064	6.10	<0.1	128.0	4.10	7.13	0.18	<0.02	>2419.6	1.0	DEQA

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S3D2-3 Poço tubular da fazenda Tavares

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
20/05/2008	0.0270	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.003	<0.00006	70.66	0.0600	0.020	<0.00020	<0.0003	0.022	7.60	7.270	<0.020
17/06/2008	0.0328	<0.0030	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	106.40	0.0600	0.020	<0.00020	<0.0003	0.037	3.60	7.660	<0.020
15/07/2008	0.1100	<0.0030	0.0350	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	71.93	0.0380	0.019	<0.00020	<0.0003	0.038	<2.00	8.200	<0.020
19/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.0380	<0.007	<0.0020	<0.01	<0.0006	<0.00006	46.00	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.02	6.4	5.893	<0.020
16/09/2008	0.0048	<0.0030	0.1200	0.0190	<0.0020	0.01	<0.0006	<0.00006	78.50	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	10.00	6.020	<0.010
14/10/2008	0.0270	<0.003	0.0070	<0.007	<0.002	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.50	0.0500	0.020	<0.0002	<0.0003	0.010	<2.00	6.620	-
18/11/2008	0.0190	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	91.2	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.029	<2.00	9.790	<0.010
17/12/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/2009	<0.002	<0.003	0.0800	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.80	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	3.550	<0.010
18/02/2009	0.1400	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0050	<0.00006	61.65	0.410	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.049	4.00	7.260	<0.010
17/03/2009	0.1280	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	83.10	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.192	5.60	6.810	<0.010
23/04/2009	0.0150	<0.0030	0.0260	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0020	<0.00006	89.50	1.200	0.040	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	7.670	<0.010
19/05/2009	0.1900	<0.0030	0.0610	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	92.00	0.8500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	6.850	<0.010
17/6/2009	0.1100	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0050	<0.00006	65.50	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	2.00	8.040	<0.010
13/07/2009	<0.0020	<0.0030	0.0720	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0006	<0.00006	76.40	0.0800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.033	2.00	6.800	<0.010
25/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.0630	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	97.35	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.039	3.20	8.000	<0.010
21/09/2009	<0.0020	<0.0030	0.0800	0.4200	<0.0020	<0.010	0.0049	0.08900	61.84	0.0820	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.540	<2.00	7.140	0.010
20/10/2009	0.0420	<0.0030	0.0190	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	71.83	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.028	9.70	8.700	<0.010
17/11/2009	0.0110	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	79.36	0.1070	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.032	3.30	8.600	<0.010
10/12/2009	0.0074	<0.0030	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	73.60	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	4.70	10.90	<0.010
19/01/2010	0.0630	<0.0030	0.1610	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	55.00	0.040	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	4.70	8.500	<0.010
03/03/2010	0.0890	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	85.13	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.029	<2.00	6.650	<0.010
24/03/2010	<0.0020	<0.0030	0.0209	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	83.33	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.031	<2.00	7.219	<0.010
27/04/2010	<0.0742	<0.0030	0.025	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	84.08	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.0321	<2.00	5.192	<0.010
18/05/2010	<0.0742	<0.0030	0.0278	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	87.35	0.2200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.2325	<2.00	8.304	<0.010

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S3D2-3 Poço tubular da fazenda Tavares

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
20/05/2008	<0.062	<0.20	0.650	0.450	1.990	28.0	195.10	195.10	238.02	5.10	320.0	3	1.00	<5.00	184.0	<0.018	2.14
17/06/2008	<0.062	<0.20	0.912	0.550	<1.000	9.0	192.40	192.40	234.73	3.00	310.0	2.5	3.90	30.60	186.0	<0.018	1.67
15/07/2008	<0.062	<0.20	0.800	0.510	0.099	14.0	171.80	171.80	209.60	2.00	280.0	<2.5	1.00	6.00	181.8	<0.018	5.93
19/08/2008	<0.062	<0.20	0.59	0.490	<1.00	6.0	154.80	154.80	188.86	<2.00	300.0	10	2.08	38.84	120.0	<0.018	0.33
16/09/2008	<0.031	<0.20	0.860	0.320	<1.000	23.0	182.10	182.10	222.16	4.90	310.0	2.5	1.00	7.90	204.1	<0.018	3.57
14/10/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.00	50.00	-	-	-
18/11/2008	<0.031	<0.20	0.854	0.550	<1.000	18.0	189.10	189.10	230.70	2.00	290.0	<2.5	2.70	6.00	206.3	<0.018	<0.20
17/12/2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/2009	<0.031	<0.20	0.743	0.590	<1.000	17.0	198.80	198.80	242.54	3.60	340.0	10	2.00	182.90	209.9	<0.018	1.16
18/02/2009	<0.031	<0.20	0.690	0.650	<1.000	13.0	196.40	196.40	239.61	3.10	350.0	5	2.10	15.40	195.7	<0.018	2.0
17/03/2009	<0.031	<0.20	0.74	0.580	<1.000	25.0	188.70	188.70	230.21	4.20	350.0	2.5	1.47	8.10	217.9	<0.018	1.11
23/04/2009	<0.031	<0.20	0.770	0.720	<1.000	10.0	198.60	198.60	242.29	3.20	340.0	2.5	1.40	14.50	227.3	<0.018	<0.20
19/05/2009	<0.031	<0.20	0.700	0.400	<1.000	19.0	198.60	198.60	242.29	2.00	366.00	5.0	2.10	5.40	212.4	<0.018	<0.20
17/6/2009	<0.031	<0.20	0.780	0.710	<1.000	13.0	190.20	190.20	232.04	2.60	295.00	10	1.50	17.50	132.1	<0.018	<0.20
13/07/2009	<0.031	<0.20	0.810	0.510	1.090	1.10	164.10	164.10	200.20	2.50	346.00	2.5	14.70	16.53	223.7	<0.018	<0.20
25/08/2009	<0.031	<0.20	0.930	0.960	1.010	10.0	193.70	193.70	236.31	2.75	301	10	2.63	10.75	150.0	<0.018	<0.20
21/09/2009	<0.031	0.20	1.158	0.750	2.580	17.0	179.30	179.30	218.75	2.00	314.0	2.5	5.25	20.00	205.1	<0.018	<0.20
20/10/2009	<0.031	<0.20	1.090	0.510	<1.000	13.0	190.30	190.30	232.17	2.30	315.0	5	2.17	22.42	200.8	<0.018	0.37
17/11/2009	<0.031	<0.20	0.946	0.499	<1.000	6.5	192.60	192.60	234.97	3.50	328.0	2.5	2.92	<5.00	196.7	<0.018	0.29
10/12/2009	<0.031	<0.20	0.77	0.260	<1.000	10.0	206.90	206.90	252.42	3.60	372	5.0	1.63	19.85	216.6	<0.018	0.43
19/01/2010	<0.031	<0.20	2.940	0.220	1.000	2.0	149.60	149.60	182.51	2.50	250.0	2.5	3.08	5.16	149.7	<0.018	<0.20
03/03/2010	<0.031	<0.20	0.740	0.480	<1.460	14.0	215.00	215.00	262.30	<2.00	387	2.5	1.28	<5.00	147.8	<0.018	0.479
24/03/2010	<0.031	<0.20	0.668	0.500	<1.460	12.0	203.21	203.21	247.92	<2.00	383	2.5	2.63	AFRS	222.1	<0.018	0.286
27/04/2010	<0.031	<0.20	0.703	0.4854	<1.460	15.0	211.20	211.20	257.66	<2.00	383	2.5	2.68	<5.00	216.3	<0.018	<0.200
18/05/2010	<0.031	<0.20	0.7877	0.6708	<1.460	17.0	202.80	202.80	247.42	<2.00	389.00	5.0	2.19	<5.00	189.5	<0.018	0.286

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

Tabela C.5 - Continuação

Ponto S3D2-3 Poço tubular da fazenda Tavares

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
20/05/2008	9.47	<0.017	<0.056	0.040	0.052	<0.05	5.00	<0.1	186.0	0.80	7.50	0.200	<0.02	79.4	1.0	ND
17/06/2008	7.39	<0.017	<0.056	0.121	0.156	0.12	5.10	4.5	240.0	1.22	7.80	0.190	<0.02	35.0	1.0	ND
15/07/2008	26.25	<0.017	<0.056	<0.011	<0.014	<0.05	5.30	4.5	64.0	2.68	7.70	0.180	<0.02	6.3	0.0	ND
19/08/2008	1.46	<0.017	<0.056	0.110	0.142	0.11	5.20	6.4	222.0	3.23	8.00	0.18	<0.02	1.1E+02	0.0	ND
16/09/2008	15.80	<0.017	<0.056	0.101	0.130	0.10	5.20	4.9	238.0	0.42	7.70	0.180	<0.02	38.4	1.0	ND
14/10/2008		-		-		-	5.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.146	0.188	0.15	5.80	4.2	220.0	0.60	8.00	0.18	<0.02	2.7E+03	0.0	
17/12/2008		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20/01/2009	5.13	<0.007	<0.02	0.087	0.112	0.09	6.00	<0.1	220.0	1.52	7.60	0.200	<0.02	214.3	2.0	ND
18/02/2009	8.85	<0.007	<0.02	0.181	0.233	0.181	5.50	0.4	202.0	16.00	7.80	0.200	<0.02	8520.0	43.2	ND
17/03/2009	4.91	<0.007	<0.02	0.177	0.228	0.177	5.80	2.5	222.0	5.40	7.70	0.170	<0.02	8760	102.5	-
23/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.356	0.458	0.356	6.00	<0.1	224.0	2.48	7.70	0.200	<0.02	1100.0	0.0	-
19/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.153	0.197	0.153	6.00	<0.1	218.0	28.80	7.70	0.180	<0.02	6970.0	2.0	DEQA
17/6/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.069	0.089	0.069	5.80	0.7	2.4	2.41	7.80	0.210	<0.02	9.2E+02	1.2E+01	DEQA
13/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.033	0.042	0.050	5.40	0.1	232.0	1.70	7.72	0.190	<0.02	2.0E+03	1.0	ND
25/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.187	0.241	0.187	6.00	<0.1	220.0	0.90	7.73	0.180	<0.02	5500.0	3.1	ND
21/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.128	0.165	0.128	5.40	<0.1	184.0	1.10	7.41	0.190	<0.02	2149.6	3.0	ND
20/10/2009	1.64	<0.007	<0.02	0.231	0.297	0.231	6.00	<0.1	268.0	0.60	7.81	0.200	<0.02	1299.7	<1.0	DEQA
17/11/2009	1.28	<0.007	<0.02	0.276	0.355	0.276	6.00	<0.1	240.0	1.10	7.75	0.180	<0.02	410.6	<1.0	DEQA
10/12/2009	1.90	<0.007	<0.02	0.101	0.130	0.101	6.10	2.2	228.0	0.60	7.66	0.190	<0.02	37.3	1.0	DEQA
19/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.221	0.285	0.221	6.20	<0.1	172	0.40	7.80	0.290	<0.02	1.0	<1.0	DEQA
03/03/2010	2.12	<0.007	<0.02	0.12	0.155	0.12	6.10	<0.1	240	7.2	7.56	0.280	<0.02	6800	<1.0	DEQA
24/03/2010	1.27	<0.007	<0.02	0.153	0.197	0.153	6.3	<0.1	232	1.6	7.93	0.19	<0.02	5.2	<1.0	DEQA
27/04/2010	<0.89	0.018	0.06	0.209	0.269	0.209	6.10	<0.1	284.0	1.5	7.64	0.18	<0.02	1203.3	<1.0	DEQA
18/05/2010	1.27	<0.007	<0.02	0.214	0.276	0.214	6.10	4.4	252.0	<0.29	7.50	0.15	<0.02	1986.3	3.1	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

## 2.1.3 Surgências

Tabela C.6 - Resultados das Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas – Amostras das Surgências

Ponto S1D1-4 Surgências da Lagoa da Subida da Estação																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
05/05/2008	0.0400	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.001	0.003	8.00	<0.0390	0.060	<0.00020	<0.0003	0.460	<2.00	4.576	<0.020
02/06/2008	0.0380	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	0.074	<0.0006	0.0027	6.93	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.330	<2.00	0.230	<0.020
30/06/2008	0.2300	<0.0030	<0.0020	0.0170	<0.0020	0.063	<0.0006	<0.00006	9.63	0.1700	0.030	<0.00020	<0.0003	0.182	4.00	4.950	<0.020
04/08/2008	0.0130	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	4.10	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.072	4.00	52.13	<0.020
01/09/2008	0.0510	<0.0030	0.0370	<0.0070	<0.0020	0.01	<0.0006	<0.00006	6.34	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	3.488	<0.010
29/09/2008	2.3600	<0.0030	0.0500	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0030	<0.00006	10.81	0.2200	0.110	<0.00020	<0.0003	0.110	5.60	8.283	<0.010
03/11/2008	0.0380	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	8.42	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	5.517	<0.010
01/12/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0270	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.01000	9.10	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	3.270	<0.010
05/01/2009	0.0370	<0.0030	0.0350	0.0078	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	32.40	0.920	0.120	<0.00020	<0.0003	0.04	2.80	6.430	<0.010
02/02/2009	0.6700	<0.0030	0.0200	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0026	<0.00006	64.00	0.1600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.028	7.20	7.140	<0.010
03/03/2009	0.0540	<0.0030	0.0070	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	6.70	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.019	8.80	3.890	<0.010
06/04/2009	0.0110	<0.0030	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.55	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	7.60	7.000	<0.010
04/05/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/06/2009	0.0080	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0021	<0.00006	6.64	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	16.80	4.860	<0.010
29/06/2009	0.0342	<0.0030	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	7.18	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	2.00	3.660	<0.010
03/08/2009	0.0310	<0.0030	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	7.00	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.008	<2.00	3.050	<0.010
09/09/2009	0.0880	<0.0030	0.0290	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	7.37	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	4.280	<0.010
05/10/2009	0.1700	<0.0030	0.0509	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.66	0.3300	0.060	<0.00020	<0.0003	0.185	<2.00	9.100	<0.010
03/11/2009	0.0046	<0.00300	0.0036	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	6.52	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	3.30	2.390	<0.010
23/11/2009	0.0340	<0.00300	0.0070	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	8.24	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.061	3.30	5.270	<0.010
Data																	
01/02/2010	0.1450	<0.0030	0.0490	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	54.00	0.3000	0.040	<0.00020	<0.0003	0.590	<2.00	5.200	<0.010
11/03/2010	0.5630	<0.00300	<0.0070	0.007	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	8.370	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	0.519	<0.010
05/04/2010	<0.0020	<0.00300	0.0233	0.0247	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00234	43.85	0.4700	0.1	<0.00020	<0.00030	0.2365	<2.00	10.21	<0.010
04/05/2010	0.0855	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	9.194	0.3000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.1606	<2.00	3.140	<0.010



Tabela C.6 - Continuação

Ponto S1D1-4 Surgências da Lagoa da Subida da Estação

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
05/05/2008	<0.062	<0.20	0.930	0.400	2.000	25.0	27.30	27.30	33.31	5.50	46.0	20	5.42	11.96	36.8	<0.018	2.31
02/06/2008	<0.062	<0.20	0.700	0.250	1.600	28.0	27.80	27.80	33.92	4.50	50.0	2.5	5.10	11.00	31.7	<0.018	1.76
30/06/2008	<0.062	<0.20	0.890	0.550	0.999	14.00	26.10	26.10	31.84	2.40	45.0	2.5	5.00	25.60	34.0	<0.018	1.59
04/08/2008	<0.062	<0.20	0.830	<0.200	1.160	10.0	25.90	25.90	31.60	2.50	46.0	10	5.30	9.00	33.9	<0.018	7.20
01/09/2008	<0.031	<0.20	0.860	0.210	<1.000	22.0	25.70	25.70	31.35	2.60	48.0	5.0	4.50	<5.00	28.7	<0.018	0.21
29/09/2008	<0.031	<0.20	1.040	0.230	<1.000	16.0	24.90	24.90	30.38	2.00	46.0	3	5.20	12.60	35.3	<0.018	5.81
03/11/2008	<0.031	<0.20	0.89	<0.2	<1.000	10.0	83.20	83.20	101.50	2.50	150.0	10	4.70	11.30	90.2	<0.018	0.85
01/12/2008	<0.031	<0.20	0.9960	0.270	1.700	26.0	28.60	28.60	34.89	2.60	58.0	2.5	4.90	21.00	35.7	<0.018	<0.20
05/01/2009	<0.031	<0.20	2.540	1.160	1.600	8.0	83.00	83.00	101.26	9.50	160.0	150	5.40	17.10	106.6	<0.018	0.44
02/02/2009	<0.031	<0.20	7.750	0.830	1.950	14.0	168.90	168.90	206.06	5.10	310.0	35	5.10	9.30	197.8	<0.018	0.54
03/03/2009	<0.031	<0.20	0.810	0.340	<1.000	28.0	22.60	22.60	27.57	3.10	48.0	10	4.20	12.60	35.1	<0.018	0.72
06/04/2009	<0.031	<0.20	7.490	0.220	2.850	8.0	159.90	159.90	195.08	3.00	310.0	5.0	<0.50	<5.00	198.0	<0.018	1.78
04/05/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/06/2009	<0.031	<0.20	0.820	0.300	1.200	23.0	24.80	24.80	30.26	2.80	71.30	2.5	3.30	9.70	40.5	<0.018	<0.20
29/06/2009	<0.031	<0.20	0.820	1.180	1.040	18.0	24.60	24.60	30.01	2.10	48.40	2.5	4.69	6.10	22.4	<0.018	<0.20
03/08/2009	<0.031	<0.20	0.930	0.890	1.150	20.0	29.70	29.70	36.23	4.50	55.2	5.0	4.28	5.00	29.3	<0.018	0.21
09/09/2009	<0.031	<0.20	0.710	0.200	1.180	24.0	26.80	26.80	32.70	2.60	44.8	2.5	3.66	17.22	36.7	<0.018	<0.20
05/10/2009	<0.031	<0.20	4.066	0.610	2.330	11.0	138.20	138.20	168.60	4.20	247.4	25	1.95	30.94	152.9	<0.018	0.27
03/11/2009	<0.031	<0.20	1.160	0.260	1.080	24.0	24.30	24.30	29.65	2.90	44.70	5.0	5.85	7.48	28.0	<0.018	0.28
23/11/2009	<0.031	<0.20	0.978	<0.200	<1.000	3.2	26.80	26.80	32.70	3.40	55.20	5.0	5.76	15.77	27.6	<0.018	0.23
Data																	
01/02/2010	<0.031	<0.20	8.070	0.490	1.790	10.0	162.00	162.00	197.64	<2.00	250.0	20	3.29	<5.00	158.3	<0.018	0.30
11/03/2010	<0.031	<0.20	0.980	<0.2520	<1.460	28.0	28.70	28.70	35.01	<2.00	54.6	10	3.33	6.12	30.6	<0.018	0.239
05/04/2010	<0.031	<0.20	3.723	0.6557	<1.460	10.0	119.50	119.50	145.79	<2.00	224.5	25	2.45	15.72	127.7	<0.018	<0.20
04/05/2010	<0.031	<0.20	1.067	<0.2520	<1.460	23.0	26.80	26.80	32.70	<2.00	51.00	20	4.93	11.27	38.2	<0.018	0.282

Tabela C.6 - Continuação

Ponto S1D1-4 Surgências da Lagoa da Subida da Estação

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
05/05/2008	10.23	<0.017	<0.056	0.024	0.031	<0.05	5.80	<0.1	30.0	2.94	6.20	<0.100	<0.02	1.3E+03	0.0	ND
02/06/2008	7.79	<0.017	<0.056	0.108	0.139	0.11	5.80	<0.1	46.0	2.03	6.30	<0.100	<0.02	4640.0	0.0	ND
30/06/2008	7.04	<0.017	<0.056	0.236	0.304	0.24	5.90	0.1	40.0	0.40	6.40	<0.100	<0.02	>240000	344.8	ND
04/08/2008	31.9	<0.017	<0.056	0.547	0.704	0.55	5.90	<0.1	38.0	3.95	6.30	<0.100	<0.02	8.2E+04	461.10	Traços
01/09/2008	0.93	<0.017	<0.056	0.082	0.106	0.08	5.90	4.3	26.0	2.38	6.30	<0.100	<0.02	>240000	0.0	ND
29/09/2008	25.7	<0.017	<0.056	0.219	0.282	0.22	5.90	1.6	42.0	0.48	6.30	<0.100	<0.02	1.30E+05	500	ND
03/11/2008	3.76	<0.007	<0.02	0.028	0.036	<0.05	5.20	3.0	100.0	0.70	7.20	<0.100	<0.02	8570.0	29.2	Traços
01/12/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.125	0.161	0.13	5.90	2.2	40.0	3.35	6.50	<0.100	<0.02	4.6E+04	0.0	ND
05/01/2009	1.95	<0.007	<0.02	0.416	0.536	0.42	6.00	1.3	116.0	46.50	7.30	<0.100	<0.02	3.9E+04	1.4E+03	Traços
02/02/2009	2.39	<0.007	<0.02	0.479	0.617	0.48	5.70	0.6	218.0	88.90	7.50	<0.100	<0.02	3.0E+04	3.0E+02	ND
03/03/2009	3.19	<0.007	<0.02	0.386	0.497	0.39	5.70	<0.1	40.0	10.20	6.20	<0.100	<0.02	2.4E+05	1100.0	ND
06/04/2009	7.88	<0.007	<0.02	0.195	0.251	0.195	5.90	<0.1	194.0	0.32	7.50	<0.100	<0.02	6770.0	630.0	-
04/05/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.118	0.152	0.118	5.80	<0.1	34.0	2.54	6.40	<0.100	<0.02	580	1.0	DEQA
29/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.022	0.028	0.050	6.00	<0.1	24.0	0.690	6.28	<0.100	<0.02	8.1E+04	574.8	DEQA
03/08/2009	0.93	<0.007	<0.02	0.325	0.419	0.325	5.60	<0.1	52.0	2.80	6.39	<0.100	<0.02	2.4E+05	1.0	ND
09/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.200	0.258	0.200	5.60	<0.1	36.0	0.16	6.15	0.120	<0.02	2.1E+04	1.0	ND
05/10/2009	1.20	<0.007	<0.02	0.357	0.460	0.357	5.90	<0.1	172.0	5.50	7.62	0.140	<0.02	2690.0	21.3	ND
03/11/2009	1.24	<0.007	<0.02	0.204	0.263	0.204	6.10	<0.1	48.0	0.69	6.13	0.140	<0.02	>2.4E+04	34.1	DEQA
23/11/2009	1.02	<0.007	<0.02	0.112	0.144	0.112	5.70	<0.1	48.0	0.80	6.23	<0.100	<0.02	2.0.E+05	1.0	DEQA
Data																
01/02/2010	1.33	<0.007	<0.02	0.218	0.281	0.218	6.10	<0.1	188.0	3.90	8.10	0.140	<0.02	6770.0	13.8	DEQA
11/03/2010	1.06	<0.007	<0.02	0.264	0.340	0.264	6.00	<0.1	28.0	3.10	6.54	<0.100	<0.02	1220	235.9	DEQA
05/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.689	0.887	0.689	6.00	<0.1	112.0	9.16	7.59	<0.1000	<0.02	5210	8.5	DEQA
04/05/2010	1.25	<0.007	<0.02	0.299	0.385	0.299	6.10	1.4	96.0	1.40	6.20	<0.13	-	3.7.E+04	3.1	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.6 - Continuação

Ponto SID2-3 Mina do NIA

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
06/05/2008	0.1300	<0.0030	0.0080	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.001	0.003	1.14	0.1000	0.040	<0.00020	<0.0003	0.500	<2.00	6.055	<0.020
03/06/2008	0.0450	<0.0030	0.0065	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	1.30	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	5.20	3.700	<0.020
01/07/2008	0.1000	<0.0030	PADA	PADA	PADA	<0.010	PADA	PADA	3.20	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	2.00	7.000	<0.020
05/08/2008	0.0300	<0.0030	0.1700	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.60	0.1300	0.030	<0.00020	<0.0003	0.017	44.80	9.591	<0.020
02/09/2008	0.2300	<0.0030	0.0750	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	1.71	0.2000	0.020	<0.00020	<0.0003	0.490	<2.00	8.077	<0.010
30/09/2008	0.0860	<0.0030	0.0700	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	1.87	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	9.20	7.022	<0.010
04/11/2008	0.1600	<0.0030	0.0260	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.97	<0.039	0.030	<0.00020	<0.0003	2.800	3.60	4.228	<0.010
02/12/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0190	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00100	1.96	0.1600	0.020	<0.00020	<0.0003	0.535	<2.00	11.29	<0.010
06/01/2009	1.900	<0.0030	0.0580	0.2000	<0.0020	0.270	0.036	<0.00006	20.70	0.990	0.060	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	14.63	<0.010
03/02/2009	0.1000	<0.0030	<0.002	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0036	<0.00006	2.14	0.1100	0.040	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	4.740	<0.010
04/03/2009	0.1000	<0.0030	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.07	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.014	6.80	4.790	<0.010
07/04/2009	0.0050	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.21	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.008	5.60	5.200	<0.010
05/05/2009	0.0360	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.15	0.0500	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	4.40	4.860	<0.010
03/06/2009	0.0020	<0.0030	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	1.80	0.0390	0.020	0.00460	<0.0003	0.035	6.40	6.430	<0.010
30/06/2009	0.0150	<0.0030	0.0200	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	1.98	0.1000	0.020	0.00020	<0.0003	0.008	2.00	7.410	<0.010
04/08/2009	0.0740	<0.0030	0.015	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.35	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.27	<2.00	5.800	<0.010
10/09/2009	0.2420	<0.0030	0.0240	0.0300	<0.0020	0.040	0.0070	<0.00006	2.50	0.0600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.980	3.10	7.300	<0.010
06/10/2009	0.0920	<0.0030	0.0030	<0.0070	0.0030	<0.010	<0.0006	<0.00006	0.86	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	4.30	5.800	<0.010
04/11/2009	0.0990	<0.00300	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	1.43	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	29.70	2.620	<0.010
24/11/2009	0.0600	<0.00300	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	54.47	0.3880	0.0690	<0.00020	<0.00030	0.121	29.00	3.740	<0.010
Data																	
02/02/2010	0.0100	<0.0030	0.0200	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.07	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	5.760	<0.010
10/03/2010	0.0880	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.196	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	0.669	<0.010
07/04/2010	0.0240	<0.00300	0.0167	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.497	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	5.984	<0.010
05/05/2010	0.1967	<0.00300	0.0144	0.0127	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.296	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	1.214	<2.00	5.054	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.6 - Continuação

Ponto SID2-3 Mina do NIA

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
06/05/2008	<0.062	<0.20	0.280	0.300	<1.000	28.0	9.90	9.90	12.08	2.60	16.0	20	4.87	44.00	8.8	<0.018	0.90
03/06/2008	<0.062	<0.20	0.150	<0.200	<1.000	18.0	10.10	10.10	12.32	2.50	16.0	2.5	4.50	13.70	8.6	<0.018	0.69
01/07/2008	<0.062	<0.20	0.230	<0.200	<1.000	28.0	9.40	9.40	11.47	3.00	18.0	2.5	2.10	9.80	8.8	<0.018	0.80
05/08/2008	<0.062	<0.20	3.810	0.480	1.780	9.0	131.50	131.50	160.43	4.00	235.0	10	2.1	15.50	165.6	<0.018	8.60
02/09/2008	<0.031	<0.20	0.200	0.660	<1.000	32.0	7.40	7.40	9.03	8.00	35.0	20	4.00	10.90	13.1	<0.018	2.22
30/09/2008	<0.031	<0.20	0.21	<0.200	<1.000	28.0	8.90	8.90	10.86	5.40	31.0	10	2.30	6.30	13.5	<0.018	1.72
04/11/2008	<0.031	<0.20	0.250	1.900	<1.000	46.0	12.7	12.7	15.49	2.40	16.0	20	4.00	5.30	14.1	<0.018	0.72
02/12/2008	<0.031	<0.20	0.2900	0.680	1.000	32.0	8.90	8.90	10.86	3.40	22.0	2.5	4.40	18.70	12.4	<0.018	<0.20
06/01/2009	<0.031	<0.20	1.95	2.61	2	7.0	115.00	115.00	140.30	5.50	125.0	500	3.60	16.00	65.0	<0.018	<0.20
03/02/2009	<0.031	<0.20	0.210	<0.200	<1.000	42.0	7.90	7.90	9.64	2.80	16.5	5.0	4.90	6.50	7.9	<0.018	<0.20
04/03/2009	<0.031	<0.20	0.230	0.390	<1.000	36.0	8.90	8.90	10.86	2.80	18.0	5.0	3.40	33.00	8.2	<0.018	0.36
07/04/2009	<0.031	<0.20	2.210	0.450	<1.000	38.0	6.60	6.60	8.05	2.50	15.0	20	1.00	<0.2	8.0	<0.018	<0.20
05/05/2009	<0.031	<0.20	0.270	0.450	1.000	42.0	8.70	8.70	10.61	2.70	17.0	2.5	1.00	5.00	12.9	<0.018	<0.20
03/06/2009	<0.031	<0.20	0.120	0.330	1.000	43.0	9.70	9.70	11.83	2.10	16.67	5.0	2.00	6.10	11.5	<0.018	<0.20
30/06/2009	<0.031	<0.20	0.300	2.880	1.000	20.0	9.80	9.80	11.96	4.70	16.86	2.5	2.24	11.80	7.7	<0.018	<0.20
04/08/2009	<0.031	<0.20	0.360	0.680	<1.000	30.0	8.90	8.90	10.86	3.40	17.8	10	4.89	19.84	17.0	<0.018	<0.20
10/09/2009	<0.031	<0.20	0.230	1.600	1.660	41.0	6.70	6.70	8.17	2.80	31.3	2.5	4.98	20.59	9.0	<0.018	<0.20
06/10/2009	<0.031	<0.20	0.121	0.490	1.460	18.0	8.30	8.30	10.13	3.50	15.22	2.5	1.97	26.72	7.0	<0.018	0.36
04/11/2009	<0.031	<0.20	0.180	0.300	<1.000	20.0	10.60	10.60	12.93	3.00	16.98	10	4.12	<5.00	8.7	<0.018	0.38
24/11/2009	<0.031	<0.20	4.094	0.728	1.394	3.0	11.70	11.70	14.27	2.20	16.6	10	4.21	7.65	10.5	<0.018	<0.20
Data																	
02/02/2010	<0.031	<0.20	0.200	0.310	<1.000	20.0	12.80	12.80	15.62	<2.00	22.0	2.5	1.40	<5.00	10.8	<0.018	0.26
10/03/2010	<0.031	<0.20	0.110	<0.2520	<1.460	26.0	8.00	8.00	9.76	<2.00	14.72	2.5	1.49	10.08	13.2	<0.018	0.290
07/04/2010	<0.031	<0.20	0.141	<0.2520	<1.460	17.0	93.7	93.7	114.31	<2.00	226.2	10	3.68	126.49	20.2	<0.018	<0.200
05/05/2010	<0.031	<0.20	0.1503	0.4014	<1.460	30.0	10.10	10.10	12.32	<2.00	15.27	5.0	4.48	16.37	12.1	<0.018	0.277

Tabela C.6 - Continuação

Ponto SID2-3 Mina do NIA

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
06/05/2008	3.98	<0.017	<0.056	0.035	0.045	<0.05	5.10	<0.1	14.0	2.64	5.70	<0.100	<0.02	9.8E+04	0.0	ND
03/06/2008	3.05	<0.017	<0.056	0.024	0.031	<0.05	5.40	<0.1	12.0	1.20	5.70	<0.100	<0.02	285.1	1.0	ND
01/07/2008	3.54	<0.017	<0.056	0.439	0.565	0.44	6.00	2.0	280.0	0.40	5.70	<0.100	<0.02	770.1	16.1	ND
05/08/2008	38.1	<0.017	<0.056	0.41	0.528	0.41	5.40	<0.1	166.0	13.5	7.90	<0.100	<0.02	1732.9	4.1	ND
02/09/2008	9.83	<0.017	<0.056	0.132	0.170	0.13	5.90	2.1	38.0	48.30	5.60	<0.100	<0.02	2.0E+03	9.6	ND
30/09/2008	7.61	<0.017	<0.056	0.145	0.187	0.15	5.60	1.7	58.0	2.94	5.70	<0.100	<0.02	2.60E+05	0	<0.100
04/11/2008	3.19	<0.007	<0.02	0.049	0.063	<0.05	5.60	1.7	174.0	1.45	5.70	<0.100	<0.02	4.60E+05	4.41E+01	ND
02/12/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.147	0.189	0.15	3.00	1.3	10.0	8.93	5.70	<0.100	<0.02	1.8E+06	33.1	ND
06/01/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.274	0.353	0.27	6.00	27.2	138	151.0	7.30	<0.100	<0.02	4.8E+04	7.4E+03	ND
03/02/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.251	0.323	0.25	5.90	0.9	136.0	3.81	5.70	<0.100	<0.02	2.6E+04	71.20	ND
04/03/2009	1.59	<0.007	<0.02	0.167	0.215	0.17	5.8	<0.1	10.0	3.60	5.70	<0.100	<0.02	-	-	-
07/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.178	0.229	0.178	6.00	<0.1	36.0	3.92	5.50	<0.100	<0.02	1.2E+04	8.5	-
05/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.027	0.035	0.050	6.00	<0.1	40.0	1.82	5.70	<0.100	<0.02	2.4E+05	137.6	-
03/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.103	0.133	0.103	6.00	<0.1	16.0	1.28	5.80	<0.100	<0.02	3.5E+04	12.1	DEQA
30/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.209	0.269	0.209	5.80	<0.1	8.0	2.50	5.92	<0.100	<0.02	960.0	1.0	ND
04/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.384	0.495	0.384	6.00	13.3	24.0	1.80	6.04	<0.100	<0.02	2.4E+05	4.1	ND
10/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.682	0.878	0.682	5.80	13.1	40.0	6.40	5.00	<0.100	<0.02	2419.6	1.0	ND
06/10/2009	1.59	<0.007	<0.02	0.132	0.170	0.013	6.00	<0.1	20.0	1.40	5.66	<0.100	<0.02	866.4	<1.0	ND
04/11/2009	1.68	0.011	0.04	0.201	0.259	0.201	5.90	<0.1	32.0	3.20	5.74	<0.100	<0.02	3640.0	42.0	DEQA
24/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.066	0.085	0.066	6.10	<0.1	64.0	5.00	5.85	<0.100	<0.02	2.4E+05	2.0	DEQA
Data																
02/02/2010	1.15	<0.007	<0.02	0.220	0.283	0.220	6.20	<0.1	12.0	0.20	5.80	<0.100	<0.02	6970.0	<1.0	DEQA
10/03/2010	1.28	<0.007	<0.02	0.101	0.130	0.101	6.00	<0.1	32.0	1.90	5.79	<0.100	<0.02	8880	172.3	DEQA
07/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.227	0.292	0.227	6.30	<0.1	44.0	7.96	6.67	<0.13	<0.02	2.8E+04	4.1	DEQA
05/05/2010	1.23	<0.007	<0.02	0.154	0.198	0.154	6.30	<0.1	24.0	0.90	5.56	<0.13	<0.02	4.4E+04	<1.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.6 - Continuação

Ponto S1D2-5 Nascente da Mata da Usina (do Sapo)

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
06/05/2008	0.0900	<0.0030	<0.0020	0.2900	<0.0020	<0.010	0.007	0.039	6.30	0.8400	0.060	<0.00020	<0.0003	1.080	<2.00	5.374	<0.020
03/06/2008	0.2300	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.001	3.20	0.7100	0.030	<0.00020	<0.0003	0.650	6.40	2.120	<0.020
01/07/2008	0.0560	<0.0030	PADA	PADA	PADA	<0.010	PADA	PADA	5.02	0.7900	0.030	<0.00020	<0.0003	0.013	4.00	5.470	<0.020
05/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.1500	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.50	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.035	2.00	8.588	<0.020
02/09/2008	0.0680	<0.0030	0.0360	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	3.66	0.8000	0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	5.579	<0.010
30/09/2008	0.5000	<0.0030	0.0500	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0034	<0.00006	5.38	0.7800	0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	10.40	3.864	<0.010
04/11/2008	0.0130	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	5.16	0.3200	0.030	<0.00020	<0.0003	<0.008	3.60	3.851	<0.010
02/12/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0260	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	3.61	1.070	<0.020	<0.00020		0.221	<2.00	14.03	<0.010
06/01/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/02/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/03/2009	0.1600	<0.0030	0.0120	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	3.44	0.5700	0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	4.340	<0.010
07/04/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/05/2009	0.0160	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	3.97	0.3000	0.020	<0.00020	<0.0003	0.019	2.00	5.120	<0.010
03/06/2009	0.1300	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.45	1.650	0.030	<0.00020	<0.0003	0.013	5.60	5.420	<0.010
30/06/2009	0.1000	<0.0030	0.0070	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	4.17	0.7900	0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	2.00	7.000	<0.010
04/08/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	4.94	0.3100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.05	<2.00	4.000	<0.010
10/09/2009	0.1500	<0.0030	0.0180	0.0360	<0.0020	0.110	0.0060	0.00480	5.38	0.5600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.278	9.50	5.600	<0.010
06/10/2009	0.0550	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	4.14	0.550	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.025	<2.00	4.060	<0.010
04/11/2009	0.1200	<0.00300	0.0090	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	5.10	0.8100	0.030	<0.00020	<0.00030	<0.008	37.70	3.930	<0.010
24/11/2009	0.2500	<0.00300	0.0110	0.0140	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00400	5.55	0.3830	0.026	<0.00020	<0.00030	0.014	6.70	6.620	<0.010
Data																	
02/02/2010	0.1890	<0.0030	0.0620	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	60.50	0.1900	0.040	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	7.830	<0.010
06/05/2008	0.0900	<0.0030	<0.0020	0.2900	<0.0020	<0.010	0.007	0.039	6.30	0.8400	0.060	<0.00020	<0.0003	1.080	<2.00	5.374	<0.020
03/06/2008	0.2300	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.001	3.20	0.7100	0.030	<0.00020	<0.0003	0.650	6.40	2.120	<0.020
01/07/2008	0.0560	<0.0030	PADA	PADA	PADA	<0.010	PADA	PADA	5.02	0.7900	0.030	<0.00020	<0.0003	0.013	4.00	5.470	<0.020

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.6 - Continuação

Ponto S1D2-5 Nascente da Mata da Usina (do Sapo)

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
06/05/2008	<0.062	<0.20	0.270	0.850	1.300	26.0	18.10	18.10	22.08	3.50	24.0	30	6.03	7.74	8.6	<0.018	1.05
03/06/2008	<0.062	<0.20	0.200	0.330	<1.000	22.0	17.10	17.10	20.86	3.50	28.0	10	4.80	21.10	17.5	<0.018	0.57
01/07/2008	<0.062	<0.20	0.250	<0.200	<1.000	20.0	14.30	14.30	17.45	2.20	25.0	5.0	4.80	5.60	13.4	<0.018	0.40
05/08/2008	<0.062	<0.20	3.720	0.300	1.520	1.0	127.00	127.00	154.94	<2.00	230.0	10	0.9	20.60	164.6	<0.018	8.71
02/09/2008	<0.031	<0.20	0.250	0.230	<1.000	25.0	13.60	13.60	16.59	2.70	26.0	5.0	5.00	12.40	15.5	<0.018	1.64
30/09/2008	<0.031	<0.20	0.36	<0.200	<1.000	25.0	16.50	16.50	20.13	2.10	34.0	25	5.40	18.90	20.2	<0.018	1.77
04/11/2008	<0.031	<0.20	0.300	3.600	<1.000	50.0	14.6	14.6	17.81	2.20	31.0	30	4.80	10.20	29.1	<0.018	0.86
02/12/2008	<0.031	<0.20	0.3510	0.470	1.300	18.0	16.10	16.10	19.64	2.60	27.0	10	5.30	26.90	24.2	<0.018	<0.20
06/01/2009		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
03/02/2009		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
04/03/2009	<0.031	0.23	0.290	0.350	<1.000	34.0	12.70	12.70	15.49	2.50	23.0	20	4.80	6.70	16.8	<0.018	0.36
07/04/2009		-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-
05/05/2009	<0.031	<0.20	0.280	0.360	<1.000	10.0	14.30	14.30	17.45	2.10	25.0	5.0	3.90	5.00	19.8	<0.018	<0.20
03/06/2009	<0.031	<0.20	0.18	0.340	<1.000	22.0	14.10	14.10	17.20	2.50	23.11	5.0	2.60	15.60	17.9	<0.018	<0.20
30/06/2009	<0.031	<0.20	0.260	0.200	1.000	15.0	14.30	14.30	17.45	2.50	25.83	5.0	2.98	67.20	10.3	<0.018	<0.20
04/08/2009	<0.031	<0.20	0.450	0.670	<1.000	15.0	10.60	10.60	12.93	3.85	26.9	10	4.82	5.63	26.0	<0.018	<0.20
10/09/2009	<0.031	<0.20	0.290	0.290	1.290	12.0	16.50	16.50	20.13	2.30	28.6	10	7.66	45.67	18.3	<0.018	<0.20
06/10/2009	<0.031	<0.20	0.169	0.440	1.320	26.0	11.70	11.70	14.27	2.40	25.48	2.5	4.51	31.29	14.0	<0.018	0.54
04/11/2009	<0.031	<0.20	0.250	<0.200	1.590	15.0	10.80	10.80	13.18	4.20	31.30	25	4.79	<5.00	17.6	<0.018	0.62
24/11/2009	<0.031	<0.20	2.088	3.712	4.429	2.0	13.10	13.10	15.98	2.70	24.72	20	5.62	11.09	15.9	<0.018	<0.20
Data																	
02/02/2010	<0.031	<0.20	9.800	0.430	1.180	11.0	199.20	199.20	243.02	<2.00	370.0	5.0	3.33	<5.00	201.7	<0.018	0.35
06/05/2008	<0.062	<0.20	0.270	0.850	1.300	26.0	18.10	18.10	22.08	3.50	24.0	30	6.03	7.74	8.6	<0.018	1.05
03/06/2008	<0.062	<0.20	0.200	0.330	<1.000	22.0	17.10	17.10	20.86	3.50	28.0	10	4.80	21.10	17.5	<0.018	0.57
01/07/2008	<0.062	<0.20	0.250	<0.200	<1.000	20.0	14.30	14.30	17.45	2.20	25.0	5.0	4.80	5.60	13.4	<0.018	0.40

Tabela C.6 - Continuação

Ponto S1D2-5 Nascente da Mata da Usina (do Sapo)

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
06/05/2008	4.65	<0.017	<0.056	0.789	1.016	0.12	4.30	<0.1	16.0	4.20	6.00	<0.100	<0.02	6.9E+04	0.0	ND
03/06/2008	2.52	<0.017	<0.056	0.350	0.451	0.35	5.00	<0.1	28.0	7.52	6.20	<0.100	<0.02	3.3E+04	107.6	ND
01/07/2008	1.77	<0.017	<0.056	0.158	0.203	0.16	5.30	1.3	36.0	6.20	6.10	<0.100	<0.02	2.6E+04	30.9	ND
05/08/2008	38.6	<0.017	<0.056	0.301	0.388	0.30	6.10	<0.1	150.0	3.83	8.20	<0.100	<0.02	3.9E+04	50.4	ND
02/09/2008	7.26	<0.017	<0.056	0.134	0.173	0.13	5.50	1.0	30.0	11.80	6.10	<0.100	<0.02	8.2E+02	74.9	ND
30/09/2008	7.84	<0.017	<0.056	0.140	0.180	0.14	5.90	1.8	64.0	13.80	6.10	<0.100	<0.02	1119.9	6.3	<0.100
04/11/2008	3.81	<0.007	<0.02	0.026	0.033	<0.05	5.90	1.6	106.0	3.20	5.90	<0.100	<0.02	2419.6	8.4	ND
02/12/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.535	0.689	0.54	6.00	1.1	16.0	5.30	8.10	<0.100	<0.02	4.1E+06	410.6	ND
06/01/2009		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03/02/2009		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04/03/2009	1.59	<0.007	<0.02	2.91	3.747	3.14	5.1	<0.1	28.0	8.75	5.90	<0.100	<0.02	-	-	-
07/04/2009		-		-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.284	0.366	0.284	5.80	<0.1	2.0	5.75	6.20	<0.100	<0.02	3690.0	2.0	DEQA
03/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.178	0.229	0.178	4.90	<0.1	14.0	7.10	6.20	<0.100	<0.02	3840.0	4.1	DEQA
30/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.083	0.107	0.083	5.50	<0.1	16.0	5.20	6.34	<0.100	<0.02	6300.0	1.0	ND
04/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.462	0.595	0.462	6.00	<0.1	28.0	1.60	6.81	<0.100	<0.02	1413.6	<1.0	ND
10/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.230	0.296	0.230	5.10	0.1	28.0	5.30	6.10	<0.100	<0.02	126.6	1.0	ND
06/10/2009	2.39	<0.007	<0.02	0.044	0.057	<0.050	6.00	<0.1	32.0	3.60	5.68	0.100	<0.02	290.9	6.3	ND
04/11/2009	2.74	<0.007	<0.02	0.148	0.191	0.148	6.00	5.7	12.0	8.80	5.87	<0.100	<0.02	5480.0	135.4	DEQA
24/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	5.80	<0.1	24.0	2.70	6.18	<0.100	<0.02	1.7E+06	93.1	DEQA
Data																
02/02/2010	1.55	<0.007	<0.02	0.447	0.576	0.447	5.90	<0.1	224.0	2.20	7.50	0.120	<0.02	>2.4e+5	2530.0	DEQA
06/05/2008	4.65	<0.017	<0.056	0.789	1.016	0.12	4.30	<0.1	16.0	4.20	6.00	<0.100	<0.02	6.9E+04	0.0	ND
03/06/2008	2.52	<0.017	<0.056	0.350	0.451	0.35	5.00	<0.1	28.0	7.52	6.20	<0.100	<0.02	3.3E+04	107.6	ND
01/07/2008	1.77	<0.017	<0.056	0.158	0.203	0.16	5.30	1.3	36.0	6.20	6.10	<0.100	<0.02	2.6E+04	30.9	ND

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise



## 2.1.4 Poços de Monitoramento

Tabela C7- Poços de Monitoramento

Ponto PC-01																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/07/2010	4.6828	0.049	0.8838	0.2096	0.0449	0.0496	<0.0183	0.00104	53.43	3.182	2.140	<0.00020	<0.00030	0.5251	2.2	6.665	<0.010
04/08/2010	3.9191	<0.0030	0.5067	0.1608	0.0311	0.0427	<0.0183	<0.00100	35.52	4.445	4.390	<0.00020	<0.00030	0.2945	<2.0	15.37	<0.010
01/09/2010	3.8554	<0.0030	0.8913	0.2446	0.066	0.0641	<0.0183	0.002	38.34	4.640	3.870	<0.00020	<0.00030	2.204	<2.00	10.31	<0.010
05/10/2010	3.8537	<0.0030	0.7365	0.1877	0.0507	0.0403	<0.0183	<0.00100	27.52	7.130	3.260	<0.00020	<0.00030	0.3765	<2.00	9.391	<0.010
05/11/2010	<0.0742	<0.0030	0.1019	<0.0030	0.0060	<0.0066	<0.0183	<0.00100	17.12	0.100	2.260	<0.00020	<0.00030	0.03444		7.144	<0.010
07/12/2010	<0.0742	<0.0030	0.023	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.010	0.050	0.210	<0.00020	<0.00030	<0.0130		7.930	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	5.188	1.143	2.472	43.00	74.00	74.00	90.28	1.0	147.6	2500	10.90	120.42	60.00	<0.018	1.227
04/08/2010		<0.20	3.09	0.8924	1.822	40	45	45	54.90	1.0	90.2	1875	3.89	7.27	64.00	<0.018	1.325
01/09/2010		<0.20	2.79	1.007	1.902	2.30	93.00	93.00	113.46	6.5	147.6	50000	4.22	49.81	50.00	<0.018	0.683
05/10/2010		<0.20	3.033	0.698	<1.460	40.00	32.00	32.00	39.04	6.5	61.50	5000	5.20	133.14	48.00	<0.018	0.179
05/11/2010		<0.20	1.371	0.6122	3.71	16.00	13.00	13.00	15.86	1.5	62.1	5000			42.00		0.252
07/12/2010		<0.20	0.2	<0.2520	<1.460	37.00	13.00	13.00	15.86	2.0	40.30	12500					0.973

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	5.43	<0.0310		0.717	0.92	0.717	3.8	14.02	116.0	8000	6.53	<0.100	<0.02	120000	<1.0	
04/08/2010	5.87	<0.0310		0.637	0.82	0.637	2.5	8.00	168.0	3477	6.29	<0.09	<0.02	12000	<1.0	
01/09/2010	3.02	<0.0310		0.613	0.79	0.613	5.9	13.84	84.00	7.090	7.09	<0.09	<0.02	256.0	<1.0	ND
05/10/2010	0.79	<0.0310		0.189	0.24	0.189	6.3	9.30	104.00	6.240	6.24	<0.09	<0.02	66.3	5.2	ND
05/11/2010	1.12	<0.0310		0.471	0.61	0.471		12.59	140.00	13580	6.21	<0.09				ND
07/12/2010	4.31	<0.0310		0.672	0.87	0.672		6.41	76.00	3941	5.87	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-02

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/07/2010	0.2163	<0.0030	0.0132	0.0071	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.9995	5.490	0.070	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	5.243	<0.010
04/08/2010	2.4356	<0.0030	0.0346	0.015	0.0014	0.0169	<0.0183	<0.00100	2.203	4.040	0.490	<0.00020	<0.00030	0.067	<2.0	5.632	<0.010
05/10/2010	3.5715	<0.0030	0.0715	0.0139	0.0059	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.307	0.240	0.310	<0.00020	<0.00030	0.0163	<2.00	5.16	<0.010
05/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.2006	<0.0390	0.090	<0.00020	<0.00030	<0.0130		4.824	<0.010
07/12/2010	0.0845	<0.0030	0.01	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.93	0.040	0.030	<0.00020	<0.00030	0.032		4.54	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	<0.0080	<0.2520	<1.46	ND	<2.00	<2.00	<2.44	0.5	8.32	50	<0.50	<5.00	8.00	<0.018	0.193
04/08/2010		<0.20	0.1035	0.3137	<1.460	<1.00	4.00	4.00	4.88	0.5	8.4	1500	1.88	6.18	4.00	<0.018	0.224
05/10/2010		<0.20	0.0083	<0.2520	<1.460	90.00	3.00	3.00	3.66	4.0	6.80	2000	0.58	<5.00	ND	<0.018	0.101
05/11/2010		<0.20	<0.0080	<0.2520	<1.460	39.00	3.00	3.00	3.66	2.0	5.25	40			2.00		0.121
07/12/2010		<0.20	0.03	<0.2520	<1.460	38.00	3.00	3.00	3.66	2.0	7.08	1750					0.331

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	0.85	<0.0310		0.293	0.38	0.293	5.1	1.50	14.00	57.60	5.29	<0.100	<0.02	82000	<1.0	
04/08/2010	0.99	<0.0310		0.159	0.20	0.159	5.90	1.50	16.00	298.0	5.30	<0.09	<0.02	40.8	<1.0	
05/10/2010	0.45	<0.0310		0.269	0.35	0.269	6	0.45	24.00	4.82	4.82	<0.09	<0.02	3.1	1	ND
05/11/2010	0.54	<0.0310		0.386	0.50	0.386		0.63	112.0	55.80	5.15	<0.09				ND
07/12/2010	1.47	<0.0310		0.358	0.46	0.358		1.42	36.00	781.0	5.21	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-03

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/07/2010	0.1437	<0.0030	<0.0070	0.0238	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.432	1.630	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.021	<2.00	1.837	<0.010
04/08/2010	0.1468	<0.0030	0.0094	0.0047	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.803	0.330	0.020	<0.00020	<0.00030	0.0145	<2.0	2.462	<0.010
01/09/2010	0.7665	<0.0030	0.0227	0.1017	0.0033	0.0252	<0.0183	<0.001	5.985	5.440	0.330	<0.00020	<0.00030	0.0918	<2.00	3.863	<0.010
05/10/2010	1.6379	<0.0030	0.0454	0.0379	0.0042	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.789	2.630	0.250	<0.00020	<0.00030	0.0374	<2.00	2.94	<0.010
05/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.4542	0.040	0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130		2.915	<0.010
07/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030		<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.24	0.040	0.030	<0.00020	<0.00030	0.022		1.980	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	<0.0080	<0.2520	<1.46	16.00	4.00	4.00	4.88	0.5	12.2	12.5	<0.50	<5.00	8.00	<0.018	0.066
04/08/2010		<0.20	0.013	<0.2520	<1.460	<1.00	2.00	2.00	2.44	0.5	11.32	62.5	1.81	5.09	7.00	<0.018	0.088
01/09/2010		<0.20	0.2515	0.2534	<1.460	10.00	14.00	14.00	17.08	2.5	27.26	1250	3.2	21.29	13.00	<0.018	0.169
05/10/2010		<0.20	0.3139	<0.2520	<1.460	13.00	2.00	2.00	2.44	2.0	12.15	250.0	0.72	<5.00	6.00	<0.018	0.133
05/11/2010		<0.20	0.0317	<0.2520	<1.460	97.00	4.00	4.00	4.88	1.0	7.08	500			2.00		0.075
07/12/2010		<0.20	0.139	<0.2520	<1.460	25.00	2.00	2.00	2.44	2.0	6.06	1250					0.267

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	0.29	<0.0310		0.102	0.13	0.102	5.2	2.16	10.00	13.30	5.68	<0.100	<0.02	>240000	<1.0	
04/08/2010	0.39	<0.0310		0.105	0.14	0.105	6.40	0.59	32.00	31.20	5.46	<0.09	<0.02	>240000	<1.0	
01/09/2010	0.75	<0.0310		0.671	0.86	0.671	5.9	8.76	12.00	6.500	6.50	<0.09	<0.02	24000.0	<1.0	ND
05/10/2010	0.59	<0.0310		0.596	0.77	0.596	5.9	2.86	40.00	5.100	5.10	274.00	<0.02	613.1	<1.0	ND
05/11/2010	0.33	<0.0310		0.618	0.80	0.618		2.33	88.00	1112	4.87	<0.09				ND
07/12/2010	1.18	<0.0310		0.142	0.18	0.142		1.84	36.00	523.00	5.20	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-04

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/07/2010	5.0628	<0.0030	0.7962	0.1361	0.0973	0.0271	<0.0183	<0.00100	22.09	1.09	10.640	<0.00020	<0.00030	0.2567	<2.00	7.187	<0.010
04/08/2010	8.8114	<0.0030	0.9257	0.2381	0.1158	0.0549	<0.0183	0.00135	25.76	3.480	31.450	<0.00020	<0.00030	0.3735	<2.0	10.92	<0.010
01/09/2010	2.8556	<0.0030	0.3383	0.1121	0.0306	0.0323	<0.0183	<0.001	13.22	0.640	3.250	<0.00020	<0.00030	0.175	<2.00	8.286	<0.010
05/10/2010	11.1908	<0.0030	1.045	0.1655	0.0944	0.0512	<0.0183	<0.00100	26.15	1.180	3.110	<0.00020	<0.00030	0.4357	<2.00	9.092	<0.010
05/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	7.916	0.090	0.07	<0.00020	<0.00030	0.0233		7.669	<0.010
07/12/2010	<0.0742	<0.0030	0.038	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	6.17	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.015		7.23	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	1.776	0.9722	<1.46	14.00	32.00	32.00	39.04	1.0	63.4	125	2.73	9.66	8.00	<0.018	0.206
04/08/2010		<0.20	2.05	1.073	<1.460	32.00	17.00	17.00	20.74	1.0	34.3	500	1.81	<5.00	24.00	<0.018	0.417
01/09/2010		<0.20	1.014	0.7718	<1.460	12.00	18.00	18.00	21.96	3.5	41.6	2000	2.68	53.42	40.00	<0.018	0.142
05/10/2010		<0.20	3.624	0.8962	<1.460	80.00	18.00	18.00	21.96	1.0	22.16	400.0	2.06	9.32	12.00	<0.018	0.235
05/11/2010		<0.20	0.3214	0.4691	<1.460	25	11	11.00	13.42	5.5	19.87	5000			10		0.381
07/12/2010		<0.20	0.45	0.44	<1.460	19.00	10.00	10.00	12.20	2.0	25.15	7500					0.66

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	0.91	<0.0310		0.745	0.96	0.745	5.5	1.54	40.00	160.0	6.54	<0.100	<0.02	98000	<1.0	
04/08/2010	1.85	<0.0310		0.12	0.15	0.12	2.80	0.84	32.00	455.0	5.96	<0.09	<0.02	1830	<1.0	
01/09/2010	0.63	<0.0310		0.688	0.89	0.688	5.8	3.44	68.00	6.32	6.32	<0.09	<0.02	122.0	10.0	ND
05/10/2010	1.04	<0.0310		0.525	0.68	0.525	5.9	<0.35		5.62	5.62	<0.09	<0.02	630.0	<1.0	ND
05/11/2010	1.69	<0.0310		0.498	0.64	0.498		2.44	72.00	1535	5.85	<0.09				ND
07/12/2010	2.92	<0.0310		0.27	0.35	0.27		1.81	60.00	1763	6.03	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-05

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/07/2010	0.5687	<0.0030	0.0363	0.0282	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	4.439	5.840	0.270	<0.00020	<0.00030	0.0137	<2.00	4.039	<0.010
04/08/2010	3.4744	<0.0030	0.0454	0.0284	0.0021	0.0202	<0.0183	<0.00100	4.379	7.410	0.610	<0.00020	<0.00030	0.054	<2.0	4.823	<0.010
01/09/2010	0.9398	<0.0030	0.0736	0.0339	0.0063	0.0219	<0.0183	<0.001	5.419	0.500	0.510	<0.00020	<0.00030	0.0623	<2.00	2.685	<0.010
05/10/2010	4.6277	<0.0030	0.0768	0.0411	0.0066	<0.0066	<0.0183	<0.00100	4.195	0.470	0.300	<0.00020	<0.00030	0.0235	<2.00	2.85	<0.010
05/11/2010	0.0856	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.692	0.080	0.040	<0.00020	<0.00030	0.0133		3.214	<0.010
07/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.9	<0.0390	0.030	<0.00020	<0.00030	0.025		4.95	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	0.1329	<0.2520	<1.46	19.00	12.50	12.50	15.25	1.0	25.97	500	<0.50	<5.00	18.00	<0.018	0.654
04/08/2010		<0.20	0.1671	<0.2520	<1.460	27.00	8.00	8.00	9.76	0.5	17.84	1250	3.1	6.91	12.00	<0.018	0.613
01/09/2010		<0.20	0.2221	0.3015	<1.460	8.00	10.00	10.00	12.20	4.0	30.5	666.7	2.14	29.95	29.00	<0.018	0.139
05/10/2010		<0.20	0.3182	<0.2520	<1.460	80.00	8.00	8.00	9.76	1.0	15.92	1750.0	<0.50	<5.00	8.00	<0.018	<0.0660
05/11/2010		<0.20	0.1894	<0.2520	<1.460	31.00	7.00	28.00	34.16	1.0	26.39	3500			6.00		0.21
07/12/2010		<0.20	0.069	<0.2520	<1.460	9.00	28.00		0.00	1.0	50	1250					0.513

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	2.89	<0.0310		0.246	0.32	0.246	5.4	1.67	12.00	352.0	6.14	<0.100	<0.02	14000	<1.0	
04/08/2010	2.71	<0.0310		0.617	0.79	0.617	6.70	0.63	4.00	631.0	5.80	<0.09	<0.02	491000	<1.0	
01/09/2010	0.62	<0.0310		0.375	0.48	0.375	5.7	3.38	20.00	6.440	6.44	<0.09	<0.02	171.0	<20.0	ND
05/10/2010	<0.29	<0.0310		0.652	0.84	0.652	6	1.55	20.00	5.690	5.69	<0.09	<0.02	56.7	<1.0	ND
05/11/2010	0.93	<0.0310		0.315	0.41	0.315		1.41	68.00	3103	5.77	<0.09				ND
07/12/2010	2.27	<0.0310		0.514	0.66	0.514		1.02	36.00	544.0	6.80	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-06

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
13/07/2010	0.1815	<0.0030	0.0813	0.1505	0.0051	0.0117	<0.0183	0.00176	14.65	8.130	0.600	<0.00020	<0.00030	0.0262	2.1	4.519	<0.010
03/08/2010	1.6817	<0.0030	0.0703	0.0538	0.0022	0.0262	<0.0183	<0.00100	10.87	7.800	0.210	<0.00020	<0.00030	0.0792	4.3	8.404	<0.010
30/08/2010	2.4979	<0.0030	0.1599	0.0473	0.0037	0.0291	<0.0183	<0.00100	11.29	1.701	0.850	<0.00020	<0.00030	0.0999	4.1	1.769	<0.010
06/10/2010	1.3652	<0.0030	0.0748	0.0282	0.004	<0.0066	<0.0183	<0.00100	4.164	0.980	0.270	<0.00020	<0.00030	0.0173	2.8	7.192	<0.010
05/11/2010	0.6107	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.422	0.260	0.180	<0.00020	<0.00030	<0.0130		6.583	<0.010
09/12/2010	0.0900					<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.76	0.350	0.220	<0.00020	<0.00030	<0.0130		4.54	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/07/2010		<0.20	3.401	0.6467	19.61	13.80	57.00	57.00	69.54	2.0	135.5	180	5.88	23.04	34.00	<0.018	1.477
03/08/2010		<0.20	2.217	0.7387	10.98	6.80	34.00	34.00	41.48	3.0	76.6	1560	4.67	15.64	16.00	<0.018	0.37
30/08/2010		<0.20	2.252	0.419	6.546	19.00	20.00	20.00	24.40	1.6	53.8	17500	2.17	18	32.00	<0.018	0.524
06/10/2010		<0.20	0.8907	<0.2520	2.652	3.00	12.00	12.00	14.64	6.5	34.30	17500	2.57	52.39	34.00	<0.018	0.389
05/11/2010		<0.20	0.673	0.3644	4.589	19.00	7.00	13.00	15.86	8.5	3548.00	2500			30.00		0.519
09/12/2010		<0.20	0.71	0.28	4.850	ND	ND	177.00	215.94	5.5	1136.00	12.5			90.00		0.32

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/07/2010	6.54	0.186		0.371	0.48	0.371	2	24.49	220.0	150.0	6.72	<0.100	<0.02	473	<1.0	
03/08/2010	1.64	<0.0310		0.274	0.35	0.274	2.30	8.85	72.00	722.0	7.00	<0.09	<0.02	261.3	<1.0	
30/08/2010	2.32	<0.0310		0.678	0.87	0.678	5.9	6.88	104.0	6.330	6.33	0.1	<0.02	<1.0	<1.0	ND
06/10/2010	1.72	<0.0310		0.694	0.89	0.694	5.9	8.31	80.00	6.090	6.09	7746.00	<0.02	<1.0	<1.0	ND
05/11/2010	2.30	<0.0310		0.06	0.08	0.06		3.31	144.0	2182	6.16					ND
09/12/2010	1.42	<0.0310		0.274	0.35	0.274		4.35	428.0	8.000	11.3					ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-07

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
13/07/2010	<0.0742	<0.0030	0.0812	0.1376	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.938	0.250	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	3.1	5.831	<0.010
03/08/2010	0.1589	<0.0030	0.0919	0.1859	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	4.551	0.170	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0365	2.5	7.88	<0.010
30/08/2010	0.2209	<0.0030	0.1067	0.1131	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	4.034	0.040	0.030	<0.00020	<0.00030	<0.0130	4	5.76	<0.010
06/10/2010	0.3595	<0.0030	0.5516	0.0828	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	62.72	0.200	0.030	<0.00020	<0.00030	0.0133	4.5	6.47	<0.010
05/11/2010	0.2103	<0.0030	0.3678	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	63.42	0.090	0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130		4.749	<0.010
09/12/2010	0.0900					<0.0066	<0.0183	<0.00100	64.99	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130		4.42	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/07/2010		<0.20	1.265	23.16	7.471	ND	45.00	45.00	54.90	1.0	144.3	7.5	5.44	6.31	20.00	<0.018	0.317
03/08/2010		<0.20	1.083	21.89	7.163	nd	50.00	50.00	61.00	1.5	119.2	10	2.22	<5.00	16.00	<0.018	0.316
30/08/2010		<0.20	0.7196	24.33	7.008	ND	68.00	89.00	108.58	2.4	443	17.5	3.31	5.41	28.00	<0.018	0.633
06/10/2010		<0.20	0.0561	61.24	9.551	ND	70.00	130.00	158.60	5.0	515.00	17.5	4.33	14.89	46.00	<0.018	0.748
05/11/2010		<0.20	0.021	58.08	9.7	ND	ND	151.00	184.22	5.0	307	20			36.00		0.517
09/12/2010		<0.20	<0.0080	54.26	8.500	15.00	18.00	18.00	21.96		45.6	1250			28.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/07/2010	1.40	<0.0310		0.628	0.81	0.628	2.4	3.59	132.0	2.300	7.93	0.16	<0.02	<1.0	<1.0	
03/08/2010	1.40	<0.0310		0.339	0.44	0.339	2.90	1.19	108.0	2.300	8.35	<0.09	<0.02	<1.0	<1.0	
30/08/2010	2.80	0.164		0.728	0.94	0.728	6.0	4.59	200.0	9.730	9.73	0.21	<0.02	<1.0	<1.0	ND
06/10/2010	3.31	<0.0310		0.625	0.80	0.625	5.8	6.49	152.0	9.600	9.60	8.30	<0.02	171.0	10.0	ND
05/11/2010	2.29	<0.0310		0.419	0.54	0.419		4.00	448.0	24.60	11.1	<0.09				ND
09/12/2010	<0.29	<0.0310		0.089	0.11	0.089		4.76	56.00	711.0	6.40	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-08

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
13/07/2010	<0.0742	<0.0030	0.1582	0.0653	0.0093	0.0122	<0.0183	<0.00100	71.09	6.700	1.260	<0.00020	<0.00030	0.0304	2	5.58	<0.010
03/08/2010	3.1287	<0.0030	0.0766	0.0472	0.0052	0.0289	<0.0183	<0.00100	64.29	1.14	1.140	<0.00020	<0.00030	0.0696	2.8	10.31	<0.010
30/08/2010	4.46	<0.0030	0.2566	0.0842	0.0297	0.0397	<0.0183	<0.00100	76.47	1.09	4.750	<0.00020	<0.00030	0.1458	2.7	6.546	<0.010
06/10/2010	4.8488	<0.0030	0.3083	0.0806	0.0434	0.023	<0.0183	<0.00100	79.16	0.380	1.080	<0.00020	<0.00030	0.0694	4.8	9.158	<0.010
05/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	56.89	0.050	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0255		7.893	<0.010
14/12/2010	0.260	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066		<0.00100	20.51	0.120	0.030	<0.00020	<0.00030	0.015		1.080	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/07/2010		<0.20	4.985	0.6021	<1.460	12.00	165.00	165.00	201.30	2.0	295.7	200	2.05	53.15	116.00	<0.018	1.133
03/08/2010		<0.20	4.382	0.6754	1.901	2.80	161.00	161.00	196.42	2.0	255.3	2500	11.94	16	124.00	<0.018	0.391
30/08/2010		<0.20	5.384	0.8113	<1.460	17.00	150.00	150.00	183.00	1.4	285.9	10000	2.62	31.76	83.00	<0.018	0.208
06/10/2010		<0.20	5.921	0.6647	<1.460	ND	155.00	155.00	189.10	5.0	263.90	2500	3	44.2	180.00	<0.018	0.424
05/11/2010		<0.20	3.775	0.4781	<1.460	2.50	150.00	150.00	183.00	1.0	273.1	500			120.00		0.384
14/12/2010		<0.20	4.21	0.54	<1.460	3.70	156.00	156.00	190.32		280.9	1000			80.00		0.43

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/07/2010	5.02	<0.0310		0.311	0.40	0.311	5.4	14.22	200.0	541.0	7.41	<0.100	<0.02	2.4	<1.0	
03/08/2010	1.73	<0.0310		0.445	0.57	0.445	3.80	2.95	204.0	3765	8.00	<0.09	<0.02	61000	12.1	
30/08/2010	0.92	<0.0310		0.35	0.45	0.35	5.9	1.47	192.0	8.200	8.20	<0.09	<0.02	>24000	20.0	ND
06/10/2010	1.88	<0.0310		0.438	0.56	0.438	6	<0.35	196.0	8.190	8.19	<0.09	<0.02	379.0	10.0	ND
05/11/2010	1.70	<0.0310		0.248	0.32	0.248		3.18	240.0	631.0	7.95	<0.09				ND
14/12/2010	1.90	<0.0310		0.024	0.03	<0.050		2.32	220.0	337.0	7.91	<0.09				ND

ND – Não determinado



Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-09

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
11/08/2010	16.71	<0.0030	0.0255	0.0409	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	37.83	2.003	0.090	<0.00020	<0.00030	0.0249	<2.0	1.413	<0.010
09/09/2010	3.894	<0.0030	0.0306	0.02	0.0048	<0.0066	<0.0183	<0.00100	31.00	2.244	0.360	<0.00020	<0.00030	<0.0130	3.3	1.45	<0.010
21/10/2010	1.517	0.056	0.0139	0.3759	0.0054	0.0067	<0.0183	<0.00100	38.9	1.234	0.180	<0.00020	<0.00030	0.0238	3.8	3.768	<0.010
13/10/2010	9.675	<0.0030	0.08	0.0487	0.0054	0.017	<0.0183	<0.00100	41.53	2.730	0.230	<0.00020	<0.00030	0.057	<2.00	2.232	<0.010
09/11/2010	1.755	<0.0030	<0.0070	0.0056	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	38.87	0.640	0.240	<0.00020	<0.00030	0.0196		<0.0580	<0.010
14/12/2010	0.260	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066		<0.00100	20.51	0.120	0.030	<0.00020	<0.00030	0.015		1.080	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
11/08/2010		<0.20	2.811	<0.2520	<1.460	39.00	102.00	102.00	124.44	1.5	168.3	87.5	3.29	5.42	108.00	<0.018	0.121
09/09/2010		<0.20	2.65	<0.200	<1.00	23.00	93.00	93.00	113.46	10.0	178.10	750	4.57	31.62	100.00	<0.018	<0.0660
21/10/2010		<0.20	2.944	0.4422	<1.460	1.80	113.00	113.00	137.86	1.0	198.4	500	10.55	36.89	92.00	<0.018	0.424
13/10/2010		<0.20	3.05	<0.2520	<1.460	18.00	95.00	95.00	115.90	2.5	173.00	15.0	3.86	35.94	128.00	<0.018	0.128
09/11/2010		<0.20	3.278	0.4051	1.707	80.00	82.00	82.00	100.04	2.0	191.6	1300			100.00		0.2640
14/12/2010		<0.20	1.4	<0.2520	<1.460	1.80	90.00	90.00	109.80	2.5	185.7	1750			120.00		0.47

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina	
11/08/2010	0.54	<0.0310		0.11	0.14	0.11	6.1	2.77	152.0	50.00	6.55	<0.09	<0.02	9590	<1.0		
09/09/2010	<0.29	<0.0310		0.239	0.31	0.239	5.8	3.59	120.0	386.0	6.86	<0.09	<0.02	200000.0	<1.0	ND	
21/10/2010	1.88	<0.0310		0.763	0.98	0.763	3.1	<0.35	164.0	674.0	8.08	<0.09	<0.02	110000	<1.0		
13/10/2010	0.57	<0.0310		0.574	0.74	0.574	5.9	0.99	108.0		7.00	<0.09	<0.02	1210.00	<1.0	ND	
09/11/2010	1.17	<0.0310		0.528	0.68	0.528		18.38	132.0	158.0	6.34	<0.09				ND	
14/12/2010	2.08	<0.0310		0.225	0.29	0.225		1.64	144.0	773.0	7.99	<0.09				ND	

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-09

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
11/08/2010	16.71	<0.0030	0.0255	0.0409	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	37.83	2.003	0.090	<0.00020	<0.00030	0.0249	<2.0	1.413	<0.010
09/09/2010	3.894	<0.0030	0.0306	0.02	0.0048	<0.0066	<0.0183	<0.00100	31.00	2.244	0.360	<0.00020	<0.00030	<0.0130	3.3	1.45	<0.010
21/10/2010	1.517	0.056	0.0139	0.3759	0.0054	0.0067	<0.0183	<0.00100	38.9	1.234	0.180	<0.00020	<0.00030	0.0238	3.8	3.768	<0.010
13/10/2010	9.675	<0.0030	0.08	0.0487	0.0054	0.017	<0.0183	<0.00100	41.53	2.730	0.230	<0.00020	<0.00030	0.057	<2.00	2.232	<0.010
09/11/2010	1.755	<0.0030	<0.0070	0.0056	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	38.87	0.640	0.240	<0.00020	<0.00030	0.0196		<0.0580	<0.010
14/12/2010	0.260	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066		<0.00100	20.51	0.120	0.030	<0.00020	<0.00030	0.015		1.080	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
09/08/2010		<0.20	2.811	<0.2520	<1.460	39.00	102.00	102.00	124.44	1.5	168.3	87.5	3.29	5.42	108.00	<0.018	0.121
20/10/2010		<0.20	2.65	<0.200	<1.00	23.00	93.00	93.00	113.46	10.0	178.10	750	4.57	31.62	100.00	<0.018	<0.0660
08/09/2010		<0.20	2.944	0.4422	<1.460	1.80	113.00	113.00	137.86	1.0	198.4	500	10.55	36.89	92.00	<0.018	0.424
14/10/2010		<0.20	3.05	<0.2520	<1.460	18.00	95.00	95.00	115.90	2.5	173.00	15.0	3.86	35.94	128.00	<0.018	0.128
10/11/2010		<0.20	3.278	0.4051	1.707	80.00	82.00	82.00	100.04	2.0	191.6	1300			100.00		0.2640
15/12/2010		<0.20	1.4	<0.2520	<1.460	1.80	90.00	90.00	109.80	2.5	185.7	1750			120.00		0.47

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
09/08/2010	0.40	<0.0310		0.435	0.56	0.435	4.10	1.77	16.00	452.0	6.27	<0.09	<0.02	1413.6	<1.0	
20/10/2010	<0.29	<0.0310		0.689	0.89	0.689	2	<0.35	44.00	29.50	6.85	<0.09	<0.02	275.5	<1.0	
08/09/2010	0.37	<0.0310		0.353	0.45	0.353	6.0	<0.35	28.00	99.80	7.10	<0.09	<0.02	1732.9	<1.0	ND
14/10/2010	0.48	<0.0310		0.319	0.41	0.319	4.9	1.41	64.00		5.04	<0.09	<0.02	35000	<1.0	ND
10/11/2010	0.44	<0.0310		0.586	0.75	0.586		4.69	24.00	2836	5.25	<0.09				ND
15/12/2010	1.42	<0.0310		0.294	0.38	0.294		1.53	24.00	685	6.82	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-10

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
09/08/2010	6.2228	<0.0030	0.0455	0.0227	0.0035	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.5436	1.191	0.720	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.0	2.374	<0.010
20/10/2010	1.7452	<0.0030	0.0189	0.0259	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.6753	4.180	0.194	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	5.816	<0.010
08/09/2010	1.2009	<0.0030	0.1132	0.0321	0.0038	<0.0066	<0.0183	<0.001	0.6326	5.000	0.660	<0.00020	<0.00030	0.0302	<2.00	4.93	<0.010
14/10/2010	3.9416	<0.0030	0.1609	0.0584	0.0068	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.047	2.450	0.670	<0.00020	<0.00030	0.0251	3.5	5.95	<0.010
10/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.124	0.330	0.220	<0.00020	<0.00030	0.0182		3.28	<0.010
15/12/2010	<0.0742	<0.0030	0.028	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.46	0.980	0.290	<0.00020	<0.00030	0.016		2.45	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	0.3846	0.5359	<1.460	4.90	5.00	5.00	6.10	2.0	9.6	1250	<0.5	<5.0	2.00	<0.018	0.091
04/08/2010		<0.20	0.2165	0.3168	<1.460	1.80	7.00	7.00	8.54	1.0	13.11	12.5	0.55	<5.00	10.00	<0.018	<0.0660
05/10/2010		<0.20	0.2092	0.6547	<1.460	1.70	9.80	9.80	11.96	1.5	13.6	125	3.01	17.24	10.00	<0.018	0.083
05/11/2010		<0.20	0.1456	0.2732	<1.460	75.00	6.00	6.00	7.32	10.0	11.20	200	4.08	<5.00	10.00	<0.018	0.108
07/12/2010		<0.20	0.2042	<0.2520	<1.460	39.00	4.00	4.00	4.88	35.0	35.78	2000			10.00		0.0990
15/12/2010		<0.20	0.047	<0.2520	<1.460	1.70	5.00	5.00	6.10	3.0	11.64	250			10.00		0.32

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina	
12/07/2010	0.40	<0.0310		0.435	0.56	0.435	4.10	1.77	16.00	452.0	6.27	<0.09	<0.02	1413.6	<1.0		
04/08/2010	<0.29	<0.0310		0.689	0.89	0.689	2	<0.35	44.00	29.50	6.85	<0.09	<0.02	275.5	<1.0		
05/10/2010	0.37	<0.0310		0.353	0.45	0.353	6.0	<0.35	28.00	99.80	7.10	<0.09	<0.02	1732.9	<1.0	ND	
05/11/2010	0.48	<0.0310		0.319	0.41	0.319	4.9	1.41	64.00		5.04	<0.09	<0.02	35000	<1.0	ND	
07/12/2010	0.44	<0.0310		0.586	0.75	0.586		4.69	24.00	2836	5.25	<0.09				ND	
15/12/2010	1.42	<0.0310		0.294	0.38	0.294		1.53	24.00	685	6.82	<0.09				ND	

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-11

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
09/08/2010	7.7766	<0.0030	0.0752	0.041	0.0033	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.047	7.160	0.320	<0.00020	<0.00030	0.0238	<2.0	3.442	<0.010
08/09/2010	1.1074	<0.0030	0.0245	0.0216	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.001	0.445	1.050	0.240	<0.00020	<0.00030	0.0235	<2.00	1.46	<0.010
20/10/2010	2.2236	<0.0030	0.0273	0.0342	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.7252	3.188	0.225	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	2.065	<0.010
14/10/2010	10.3331	<0.0030	0.0771	0.031	0.0058	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.6972	1.890	0.690	<0.00020	<0.00030	0.0161	3.2	3.2	<0.010
10/11/2010	0.3719	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.7584	0.170	0.190	<0.00020	<0.00030	0.0148		2.87	<0.010
15/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.99	0.430	0.190	<0.00020	<0.00030	0.038		2.49	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
09/08/2010		<0.20	0.3376	0.9816	<1.460	ND	2.00	2.00	2.44	1.5	32.5	250	1.05	6.5	6.00	<0.018	0.218
08/09/2010		<0.20	0.2331	0.3235	<1.460	18.00	7.00	7.00	8.54	5.0	10.91	12500	3.4	11.14	4.00	<0.018	0.109
20/10/2010		<0.20	0.2281	0.2948	<1.460	6.50	4.00	4.00	4.88	1.0	11.12	<2.5	1.98	10.22	10.00	<0.018	0.148
14/10/2010		<0.20	0.3097	0.3288	<1.460	80.00	8.00	8.00	9.76	1.0	12.05	25.0	2.6	<5.00	4.00	<0.018	0.141
10/11/2010		<0.20	0.1768	<0.2520	<1.460	32.00	3.00	3.00	3.66	3.5	11.57	1250			8.00		0.1550
15/12/2010		<0.20	2.81	0.26	<1.460	12.00	6.00	6.00	7.32	3.0	11.61	250			10.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
09/08/2010	0.96	<0.0310		0.605	0.78	0.605	4.00	10.18	26.00	53.900	5.30	<0.09	<0.02	1.6	<1.0	
08/09/2010	0.48	<0.0310		0.301	0.39	0.301	5.9	1.75	12.00		5.89	<0.09	<0.02	1553.1	<1.0	ND
20/10/2010	0.66	<0.0310		0.226	0.29	0.226	2.2	<0.35	12.00		6.51	<0.09	<0.02	613.1	<1.0	
14/10/2010	0.62	<0.0310		0.489	0.63	0.489	5.3	0.99	36.00		5.31	<0.09	<0.02	200	1.0	ND
10/11/2010	0.69	<0.0310		0.401	0.52	0.401		3.57	16.00	866.0	5.25	<0.09				ND
15/12/2010	<0.29	<0.0310		0.248	0.32	0.248		1.57	4.00	194.0	6.38	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-12

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
11/08/2010	6.1887	<0.0030	0.4208	0.2146	0.0302	0.0629	<0.0183	<0.00100	26.6	3.393	9.870	<0.00020	<0.00030	0.2659	<2.0	5.971	<0.010
09/09/2010	14.3773	<0.0030	0.4269	0.198	0.0381	0.033	<0.0183	<0.001	12.00	1.954	3.650	<0.00020	<0.00030	0.1416	3.5	7.76	<0.010
21/10/2010	2.0026	<0.0030	0.3205	<0.0030	0.004	<0.0066	<0.0183	<0.00100	406	2.293	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0158	3.2	8.657	<0.010
13/10/2010	10.6084	<0.0030	0.2638	0.1513	0.0299	0.0377	<0.0183	<0.00100	32.57	2.070	1.400	<0.00020	<0.00030	0.1246	<2.00	8.182	<0.010
09/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.993	0.080	0.03	<0.00020	<0.00030	0.0581		3.55	<0.010
14/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183		2.05	0.090	0.020	<0.00020	<0.00030	0.015		7.850	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
11/08/2010		<0.20	1.062	0.5936	<1.460	39.00	51.00	51.00	62.22	1.5	90.3	500	3.75	104.14	64.00	<0.018	0.467
09/09/2010		<0.20	1.5	0.23	<1.46	40.00	5.00	5.00	6.10	7.5	25.00	1250	2.55	38.81	20.00	<0.018	<0.0660
21/10/2010		<0.20	5.762	0.9395	<1.460	2.40	15.00	15.00	18.30	1.0	29.17	300	7.81	151.59	24.00	<0.018	<0.0660
13/10/2010		<0.20	0.9022	0.497	<1.460	8.00	8.00	8.00	9.76	2.0	56.82	40.0	1.74	29.6	46.00	<0.018	0.195
09/11/2010		<0.20	0.1234	<0.2520	<1.460	60.00	3.00	3.00	3.66	2.5	22.01	750			20.00		0.1250
14/12/2010		<0.20	0.038	<0.2520	<1.460	4.00	10.00	10.00	12.20	3.0	16.90	2500			15.00		0.44

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
11/08/2010	2.07	<0.0310		0.208	0.27	0.208	6.20	3.65	44.00	246.0	6.35	<0.09	<0.02	727	<1.0	
09/09/2010	<0.29	<0.0310		0.221	0.28	0.221	5.9	4.47	104.0		5.55	<0.09	<0.02	19000.0	<1.0	ND
21/10/2010	<0.29	<0.0310		0.781	1.01	0.781	5.4	<0.35	160.0	322.0	7.09	<0.09	<0.02	5900	100	
13/10/2010	0.86	<0.0310		0.416	0.54	0.416	5.4	0.72	36.00	6.300	6.30	<0.09	<0.02	410.00	1.0	ND
09/11/2010	0.55	<0.0310		0.476	0.61	0.476		4.79	20.00	156.0	5.00	<0.09				ND
14/12/2010	1.95	<0.0310		0.151	0.19	0.151		1.63	52.00	2666	6.69					ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-13

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
09/08/2010	7.7371	<0.0030	0.036	0.0087	0.0012	<0.0066	<0.0183	<0.00100	12.72	3.150	0.120	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.0	5.427	<0.010
08/09/2010	0.7409	<0.0030	0.0311	0.0119	0.0014	<0.0066	<0.0183	<0.001	11.7	0.920	0.210	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	3.85	<0.010
20/10/2010	0.4903	<0.0030	0.0184	0.0139	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	13.08	1.110	0.172	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	5.924	<0.010
14/10/2010	0.6738	<0.0030	0.0076	0.0101	0.0024	<0.0066	<0.0183	<0.00100	12.13	0.450	0.170	<0.00020	<0.00030	0.0298	2.7	7.12	<0.010
10/11/2010	0.1011	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	9.549	0.040	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130		3.4	<0.010
15/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	11.73	0.440	0.050	<0.00020	<0.00030	0.021		4.09	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
09/08/2010		<0.20	1.204	1.238	<1.460	1.00	32.00	32.00	39.04	2.0	58.9	312.5	2.32	7.23	36.00	<0.018	1.049
08/09/2010		<0.20	0.939	0.5535	<1.460	4.00	38.00	38.00	46.36	5.0	67.8	2000	0.91	41.32	60.00	<0.018	0.632
20/10/2010		<0.20	0.9931	0.4413	<1.460	1.60	34.00	34.00	41.48	1.0	73	20	3.16	<5.00	20.00	<0.018	1.135
14/10/2010		<0.20	1.08	0.4012	<1.460	32.00	40.00	40.00	48.80	2.0	80.00	175.0	2.96		48.00	<0.018	0.88
10/11/2010		<0.20	0.7219	2.889	<1.460	27.00	33.00	33.00	40.26	3.0	66.6	875			40.00		0.4960
15/12/2010		<0.20	0.86	0.43	<1.460	1.50	30.00	30.00	36.60	3.0	84.00	<2.5			48.00		1.300

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
09/08/2010	4.64	<0.0310		0.161	0.21	0.161	5.10	2.10	46.00	115.0	7.79	<0.09	<0.02	179.3	<1.0	
08/09/2010	2.80	<0.0310		0.193	0.25	0.193	5.9	5.07	36.00	782.0	7.32	<0.09	<0.02	231000	365.4	ND
20/10/2010	5.02	<0.0310		0.215	0.28	0.215	3.2	1.03	44.00	36.0	7.59	<0.09	<0.02	3873	<1.0	
14/10/2010	3.90	<0.0310		0.147	0.19	0.147	5.1	1.28	92.00		6.41	<0.09	<0.02	2419.6	<1.0	ND
10/11/2010	2.20	<0.0310		0.242	0.31	0.242		7.21	16.00	345.0	6.42	<0.09				ND
15/12/2010	5.75	<0.0310		0.161	0.21	0.161		1.99	52.00	205	7.61	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-14

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
11/08/2010	36.9963	<0.0030	0.453	0.2737	0.0386	0.038	<0.0183	0.00312	325.5	0.9768	3.430	<0.00020	<0.00030	1.186	<2.0	1.138	<0.010
09/09/2010	14.5136	<0.0030	0.0742	0.052	0.0056	0.0156	<0.0183	<0.001	49.00	2.814	0.270	<0.00020	<0.00030	0.108	2.5	2.38	<0.010
21/10/2010	4.4658	0.025	0.0645	0.1029	0.0134	0.0287	<0.0183	<0.00100	30.34	1.934	0.28	<0.00020	<0.00030	0.2237	<2.0	8.385	<0.010
14/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	7.98	0.040	0.05	<0.00020	<0.00030	0.022		4.960	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
11/08/2010		<0.20	10.9	1.977	<1.460	39.00	178.00	178.00	217.16	1.0	245	15625	3.1	81.36	62.00	<0.018	0.215
09/09/2010		<0.20	3.05	0.2	<1.00	11.00	57.00	57.00	69.54	10.0	113.70	1000	4.28	194.05	82.00	<0.018	0.096
21/10/2010		<0.20	2.613	0.686	<1.460	2.30	71.00	71.00	86.62	1.0	134.2	2500	5.44	167.29	80.00	<0.018	0.798
14/12/2010		<0.20	0.38	0.29	<1.460	3.00	13.00	13.00	15.86	5.5	66	5000			60.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
11/08/2010	0.95	<0.0310		0.441	0.57	0.441	4.10	6.70	112.0	2440	6.90	<0.09	<0.02	2.5	<1.0	
09/09/2010	0.42	<0.0310		0.227	0.29	0.227	5.2	6.58	140.0	1121	6.95	<0.09	<0.02	234.0	3.1	ND
21/10/2010	3.53	<0.0310		0.803	1.03	0.803	3.8	3.56	60.00	3093	7.85	<0.09	<0.02	43000	<1.0	
14/12/2010	<0.29	<0.0310		0.404	0.52	0.404		14.30	40.00	2833	6.96	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-15

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
11/08/2010	7.7753	<0.0030	0.0229	0.0418	0.0041	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.994	2.709	0.130	<0.00020	<0.00030	0.0597	<2.0	10.58	<0.010
09/09/2010	4.2283	<0.0030	0.0244	0.0341	0.0048	<0.0066	<0.0183	<0.001	1.60	1.035	0.080	<0.00020	<0.00030	0.0763	2.5	3.37	<0.010
21/10/2010	1.3766	0.022	0.0117	0.0513	0.004	0.009	<0.0183	<0.00100	1.093	4.965	0.063	<0.00020	<0.00030	0.061	<2.0	3.682	<0.010
13/10/2010	5.8236	<0.0030	0.0346	0.0892	0.0143	0.0129	<0.0183	<0.00100	2.672	1.326	0.18	<0.00020	<0.00030	0.2884	<2.00	2.58	<0.010
09/11/2010	0.1348	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.208	0.410	0.08	<0.00020	<0.00030	0.0328		1.82	<0.010
14/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.01	<0.0390	0.03	<0.00020	<0.00030	0.075		3.46	

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
11/08/2010		<0.20	0.3466	<0.2520	<1.460	ND	103.00	103.00	125.66	1.0	168.8	4375	2.73	8.31	18.00	<0.018	2.065
09/09/2010		<0.20	0.65	<0.200	<1.46	95.00	3.00	3.00	3.66	4.0	12.10	1250	4.14	36.29	4.00	<0.018	<0.0660
21/10/2010		<0.20	0.4542	0.3141	<1.460	2.00	5.00	5.00	6.10	0.5	14.09	100	3.53	54.06	12.00	<0.018	0.209
13/10/2010		<0.20	0.8118	3059	<1.460	35.00	3.00	3.00	3.66	2.0	5154.00	30.0	2.69	6.07	36.00	<0.018	0.141
09/11/2010		<0.20	0.0932	<0.2520	<1.460	50.00	1.00	1.00	1.22	1.5	18.5	1250			8.00		0.0880
14/12/2010		<0.20	<0.0080	0.96	<1.460	FCNA	<1.00	<1.00	<1.22	6.5	23.4	2000			6.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
11/08/2010	9.14	<0.0310		0.502	0.65	0.502	6.20	6.98	40.00	1714	5.62	<0.09	<0.02	1.2	<1.0	
09/09/2010	<0.29	<0.0310		0.281	0.36	0.281	5.1	6.28	12.00		5.15	<0.09	<0.02	816.4	1	ND
21/10/2010	0.93	<0.0310		0.664	0.86	0.664	5.3	2.05	32.00	143.0	6.74	<0.09	<0.02	31000	<1.0	
13/10/2010	0.62	<0.0310		0.494	0.64	0.494	5.3	4.40	16.00		5.15	1145.0	<0.02	9900.00	<1.0	ND
09/11/2010	0.39	<0.0310		0.285	0.37	0.285		6.22	28.00	333.0	4.64	<0.09				ND
14/12/2010	<0.29	<0.0310		0.104	0.13	0.104		4.97	20.00	1611	4.39	<0.09				ND

ND – Não determinado



Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-16

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
11/08/2010	0.6986	<0.0030	0.0273	0.0143	0.0021	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.5874	1.11	0.180	<0.00020	<0.00030	0.0177	<2.0	1.58	<0.010
09/09/2010	0.3737	<0.0030	0.0531	0.0068	0.0041	<0.0066	<0.0183	<0.001	0.91	1.012	0.640	<0.00020	<0.00030	0.0253	<2.00	1.76	<0.010
21/10/2010	0.6689	<0.0030	0.0155	0.0339	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.465	4.103	0.079	<0.00020	<0.00030	0.0233	<2.0	1.353	<0.010
13/10/2010	0.4141	<0.0030	0.0442	0.0078	0.0039	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.4593	1.480	0.34	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	2.24	<0.010
09/11/2010	<0.0742	<0.0030	0.0115	<0.0030	0.0039	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.098	0.520	0.49	<0.00020	<0.00030	0.0192		1.081	<0.010
14/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	0.0330	<0.00100	0.74	0.060	0.09	<0.00020	<0.00030	0.04		1.6	

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
11/08/2010		<0.20	0.0974	<0.2520	<1.460	ND	4.00	4.00	4.88	1.0	10.88	250	2.05	9.4	8.00	<0.018	0.082
09/09/2010		<0.20	0.2	<0.200	<1.460	30.00	5.00	5.00	6.10	2.5	11.10	60.0	7.76	48.51	4.00	<0.018	<0.0660
21/10/2010		<0.20	0.13	0.3	<1.460	3.10	4.00	4.00	4.88	0.5	11.14	100	18.61	23.74	8.00	<0.018	0.12
13/10/2010		<0.20	0.0571	<0.2520	<1.460	4.00	7.00	7.00	8.54	2.0	58.30	17.5	0.76	<5.00	20.00	<0.018	0.157
09/11/2010		<0.20	0.1358	<0.2520	<1.460	98.00	4.00	4.00	4.88	1.0	14.88	75			14.00		0.0900
14/12/2010		<0.20	<0.0080	0.74	<1.460	2.40	3.00	3.00	3.66	2.5	9.5	100			6.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
11/08/2010	0.36	<0.0310		0.012	0.02	<0.050	0.90	1.47	20.00	55.50	5.14	<0.09	<0.02	1986.3	<1.0	
09/09/2010	<0.29	<0.0310		0.25	0.32	0.25	3.4	<0.35	20.00	5.690	5.69	<0.09	<0.02	906.0	<1.0	ND
21/10/2010	0.53	<0.0310		0.096	0.12	0.096	4.1	<0.35	12.00	146.0	6.43	<0.09	<0.02	770.1	<1.0	
13/10/2010	0.69	<0.0310		0.201	0.26	0.201	6.0	1.03	12.00	6.540	6.54	75.2	<0.02	4.00	<1.0	ND
09/11/2010	0.40	<0.0310		0.241	0.31	0.241		2.02	12.00	20.90	4.95	<0.09				ND
14/12/2010	<0.29	<0.0310		0.288	0.37	0.288		1.49	28.00	120.0	6.34	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-17

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
17/08/2010	9.5865	0.00537	0.1393	0.1094	0.0128	0.0158	<0.0183	<0.00100	32.18	1.12	0.650	<0.00020	<0.00030	0.513	<2.0	5.204	<0.010
14/09/2010	11.6178	<0.0030	0.224	0.0909	0.0242	0.0331	<0.0183	0.0015	18.92	2.574	0.790	<0.00020	<0.00030	0.675	<2.00	7.34	<0.010
27/10/2010	9.586	0.0172	0.2221	0.1985	0.025	0.0307	<0.0183	0.00162	44.36	1.6	1.3	<0.00020	<0.00030	0.9987	3.4	4.85	<0.010
20/10/2010	6.8087	0.01059	0.2233	0.1165	0.0252	0.0325	<0.0183	0.0012	16.89	1.349	2.07	<0.00020	<0.00030	0.4131	5.4	6.43	<0.010
17/11/2010	0.1854	<0.0030	0.0668	<0.0030	0.0193	<0.0066	<0.0183	<0.00100	14.78	0.110	1.08	<0.00020	<0.00030	0.3438		7.78	<0.010
20/12/2010	0.16	<0.0030	0.068	0.013	0.015	<0.0066	<0.0183	<0.00100	10.38	0.610	0.61	<0.00020	<0.00030	0.36		5.88	

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
17/08/2010		<0.20	2.142	0.8288	1.633	35.00	68.00	68.00	82.96	6.5	131.3	12500	3.02	63.25	120.0	<0.018	0.256
14/09/2010		<0.20	2.18	1.018	<1.46	60.00	60.00	60.00	73.20	7.5	120.00	5000	4.34	58.4	100.0	<0.018	0.434
27/10/2010		<0.20	2.198	0.6934	2.126	38.00	60.00	60.00	73.20	5.0	110.3	6000	34.89	102.32	34.00	<0.018	0.520
20/10/2010		<0.20	1.406	0.6569	1.896	95.00	22.00	22.00	26.84	2.5	68.20	5000		24.25	13.00	<0.018	0.343
17/11/2010		<0.20	1.074	0.3123	<1.460	12.00	20.00	20.00	24.40	3.0	84.2	12500			48.00		0.330
20/12/2010		<0.20	0.98	0.32	<1.460	50.00	20.00	20.00	24.40	4.5	78.00	2500			56.00		0.570

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
17/08/2010	1.13	<0.0310		0.677	0.87	0.677	5.10	12.09	248.0	1282	6.4	<0.09	<0.02	200	<1.0	
14/09/2010	1.92	<0.0310		0.832	1.07	0.832	6.0	9.76	112.0	6550	6.27	<0.09	<0.02	30.9	<1.0	ND
27/10/2010	2.30	<0.0310		0.166	0.21	0.166	2	2.62	540.0	3770	6.51	<0.09	<0.02	235.9	<1.0	
20/10/2010	1.52	<0.0310		0.455	0.59	0.455	5.0	12.82	276.0		5.73	<0.09	<0.02	2247.00	DIAA	
17/11/2010	1.46	<0.0310		0.188	0.24	0.188		18.25	64.00	1115	6.43	<0.09				
20/12/2010	2.52	<0.0310		0.458	0.59	0.458		18.01	168.0	1314	5.9	0.16				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-18

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
17/08/2010	1.7207	<0.0030	0.0705	0.1442	0.008	0.007	<0.0183	<0.00100	3.261	3.800	0.710	<0.00020	<0.00030	0.0866	<2.0	7.206	<0.010
27/10/2010	1.577	<0.0030	0.0651	0.1382	0.0111	0.0223	<0.0183	<0.00100	2.624	1.050	0.79	<0.00020	<0.00030	0.122	3.2	7.58	<0.010
14/09/2010	0.5233	<0.0030	0.0261	0.0433	0.0041	<0.0066	<0.0183	<0.001	1.24	4.310	0.320	<0.00020	<0.00030	0.0272	<2.00	4.76	<0.010
20/10/2010	1.0909	<0.0030	0.0276	0.1418	0.0081	0.0127	<0.0183	<0.00100	1.274	4.640	0.53	<0.00020	<0.00030	0.0429	4	8.848	<0.010
17/11/2010	0.1044	<0.0030	<0.0070	<0.0030	0.0015	<0.0066	<0.0183	<0.00100	8.333	0.090	0.17	<0.00020	<0.00030	0.0316		5.87	<0.010
20/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	0.0081	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	0.95	0.050	0.09	<0.00020	<0.00030	0.051		4.8	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
17/08/2010		<0.20	0.436	0.5191	<1.460	75.0	4.00	4.00	4.88	2.5	14.46	1000	3.82	19.99	14.00	<0.018	0.086
27/10/2010		<0.20	0.1572	0.2918	<1.460	3.00	5.00	5.00	6.10	1.0	20.52	1250	21.78	76.47	10.00	<0.018	0.262
14/09/2010		<0.20	0.159	0.3577	<1.46	18.00	7.00	7.00	8.54	5.0	22.18	3000	2.62	17.85	20.00	<0.018	0.173
20/10/2010		<0.20	0.237	0.3565	<1.460	100.00	8.00	8.00	9.76	2.0	68.20	1500	0.63	15.25	4.00	<0.018	3.21
17/11/2010		<0.20	0.3028	0.3028	<1.460	60.00	3.00	3.00	3.66	3.0	13.66	10000			12.00		0.3180
20/12/2010		<0.20	0.052	<0.2520	<1.460	26.00	4.00	4.00	4.88	4.0	27.33	2000			20.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
17/08/2010	0.38	<0.0310		0.535	0.69	0.535	5.40	2.98	36.00	40.70	5.08	<0.09	<0.02	2400000	<1.0	
27/10/2010	1.16	<0.0310		0.374	0.48	0.374	4.1	3.98	108.0	1081	6.45	<0.09	<0.02	866.4	<1.0	
14/09/2010	0.77	<0.0310		0.202	0.26	0.202	5.8	5.67	20.00		5.09	<0.09	<0.02	29.5	<1.0	ND
20/10/2010	14.21	<0.0310		0.353	0.45	0.353	5.1	4.59	44.00		5.73	<0.09	<0.02	2347.0	49000	
17/11/2010	1.41	<0.0310		0.121	0.16	0.121		2.83	16.00	500.0	5.01	<0.09				ND
20/12/2010	<0.29	<0.0310		0.66	0.85	0.66		4.40	48.00	1199	5.52					ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-19

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
17/08/2010	4.1878	<0.0030	0.0341	0.0622	0.003	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.503	2.900	0.080	<0.00020	<0.00030	0.0487	<2.0	5.055	<0.010
27/10/2010	2.4754	<0.0030	0.0282	0.0529	0.0047	0.0205	<0.0183	<0.00100	4.291	1.28	0.24	<0.00020	<0.00030	0.1329	<2.0	3.1	<0.010
14/09/2010	6.3722	<0.0030	0.0524	0.1055	0.008	0.0113	<0.0183	<0.001	2.57	1.468	0.110	<0.00020	<0.00030	0.0765	<2.00	3.23	<0.010
20/10/2010	5.0517	<0.0030	0.0522	0.158	0.0174	0.0242	<0.0183	0.0012	8.371	1.22	0.38	<0.00020	<0.00030	0.1959	3.8	5.991	<0.010
17/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	4.323	0.050	0.05	<0.00020	<0.00030	0.0156		3.32	<0.010
20/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.87	0.040	0.03	<0.00020	<0.00030	0.175		4.09	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
17/08/2010		<0.20	0.8401	0.3266	<1.460	48.00	2.00	2.00	2.44	3.5	13.33	10000	1.14	29.44	10.00	<0.018	0.457
27/10/2010		<0.20	0.231	<0.2520	<1.460	9.70	5.00	5.00	6.10	1.0	21.38	1300	32.72	40.42	8.00	<0.018	0.568
14/09/2010		<0.20	1.431	0.839	<1.46	100.00	3.00	3.00	3.66	6.5	10.44	10000	1.19	34.96	ND	<0.018	0.449
20/10/2010		<0.20	1.16	0.4145	<1.460	30.00	9.00	9.00	10.98	2.0	17.04	5000	0.62	11.75	12.00	<0.018	0.45
17/11/2010		<0.20	0.2445	0.6891	<1.460	7.60	6.00	6.00	7.32	2.5	25.43	7500			20.00		0.6600
20/12/2010		<0.20	0.11	0.35	<1.460	20.00	3.00	3.00	3.66	3.5	16.92	2500			8.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
17/08/2010	2.02	<0.0310		0.615	0.79	0.615	5.60	11.81	92.00	683.0	4.99	<0.09	<0.02	15000	<1.0	
27/10/2010	2.51	<0.0310		0.696	0.90	0.696	2.1	3.89	76.00	1076	5.96	<0.09	<0.02	8400	<1.0	
14/09/2010	1.99	<0.0310		0.646	0.83	0.646	5.6	10.21	48.00	4.920	4.92	<0.09	<0.02	83.6	<1.0	ND
20/10/2010	1.99	<0.0310		0.737	0.95	0.737	5.4	4.00	48.00	4.870	4.87	6283.0	<0.02	24000.00	836	
17/11/2010	2.92	<0.0310		0.265	0.34	0.265		3.34	124.0	541.0	6.24	<0.09				ND
20/12/2010	<0.29	<0.0310		0.463	0.60	0.463		4.19	56.00	1941	5.5	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-20

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
17/08/2010	2.198	<0.0030	0.1231	0.12	0.0054	0.0074	<0.0183	<0.00100	34.74	0.670	0.890	<0.00020	<0.00030	0.0673	<2.0	5.15	<0.010
27/10/2010	5.7994	0.0103	0.2931	0.1808	0.028	0.0472	<0.0183	0.00141	32.37	1.63	3.9	<0.00020	<0.00030	0.4186	2.9	5.1	<0.010
14/09/2010	7.6315	<0.0030	0.2702	0.0922	0.024	0.0202	<0.0183	0.00166	37.42	2.062	1.440	<0.00020	<0.00030	0.2517	<2.00	5.59	<0.010
20/10/2010	5.7682	0.0077	0.2507	0.1714	0.0298	0.0322	<0.0183	0.0019	27.41	1.494	1.24	<0.00020	<0.00030	0.2452	4.1	5.93	<0.010
17/11/2010	0.0761	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.173	0.430	0.05	<0.00020	<0.00030	0.0241		2.35	<0.010
20/12/2010	<0.0742	<0.0030	0.025	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	6.65	0.040	0.03	<0.00020	<0.00030	0.023		6.97	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	1.143	0.4555	<1.460	24.00	60.00	60.00	73.20	7.5	144.9	15000	4.93	79.61	100.00	<0.018	0.208
04/08/2010		<0.20	1.103	0.6683	<1.460	3.60	92.71	92.71	113.11	1.0	187.1	2500	36.23	71.01	92.00	<0.018	0.222
05/10/2010		<0.20	2.114	0.81	<1.46	40.00	48.00	48.00	58.56	10.0	121.00	12500	3.58	45.38	100.00	<0.018	0.204
05/11/2010		<0.20	1.774	0.7067	<1.460	60.00	34.00	34.00	41.48	3.0	104.60	5000	3.5	12.25	33.00	<0.018	0.207
07/12/2010		<0.20	0.0572	<0.2520	<1.460	33.00	2.00	2.00	2.44	3.5	7.95	5000			6.00		0.6450
20/12/2010		<0.20	0.26	<0.2520	<1.460	14.00	15.00	15.00	18.30	2.0	69.70	2000			26.00		<0.066

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	0.92	<0.0310		0.779	1.00	0.779	5.50	18.01	236.0	3364	6.65	<0.09	<0.02	14000	<1.0	
04/08/2010	0.98	<0.0310		0.047	0.06	0.047	2.2	13.69	444.0	2748	7.75	<0.09	<0.02	240000	<1.0	
05/10/2010	0.90	<0.0310		0.35	0.45	0.35	5.8	13.72	192.0	4882	6.36	<0.09	<0.02	87.9	<1.0	ND
05/11/2010	0.92	<0.0310		0.301	0.39	0.301	5.3	15.07	164.0		6.08	<0.09	<0.02	44000.00	52	
07/12/2010	2.86	<0.0310		0.721	0.93	0.721		1.14	16.00	438.0	5.1	<0.09				ND
20/12/2010	<0.29	<0.0310		0.424	0.55	0.424		16.14	100.0	1030	6.3	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-21

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
17/08/2010	0.6528	<0.0030	0.0162	0.0422	0.0015	<0.0066	<0.0183	<0.00100	34.74	2.350	0.040	<0.00020	<0.00030	0.0244	<2.0	4.45	<0.010
27/10/2010	0.7778	<0.0030	0.0133	0.0549	0.0025	<0.0066	<0.0183	<0.00100	1.355	5.600	0.09	<0.00020	<0.00030	1.39	<2.0	2.04	<0.010
14/09/2010	0.6701	<0.0030	0.0115	0.0699	0.0032	<0.0066	<0.0183	0.00211	0.90	1.543	0.050	<0.00020	<0.00030	0.0289	<2.00	2.26	<0.010
20/10/2010	1.0211	<0.0030	<0.0070	0.0588	0.0052	0.0088	<0.0183	<0.00100	0.4803	8.200	0.07	<0.00020	<0.00030	0.0198	3.7	3.69	<0.010
17/11/2010	0.3992	<0.0030	0.0274	<0.0030	0.0033	<0.0066	<0.0183	<0.00100	10.61	0.160	0.47	<0.00020	<0.00030	0.0728		5.68	<0.010
20/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	6.71	0.100	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.11		2.65	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	0.1747	<0.2520	<1.460	18.00	1.00	5.03	6.14	3.5	10.33	5000	1.2	<5.00	8.00	<0.018	0.38
04/08/2010		<0.20	0.0961	<0.2520	<1.460	3.10	3.00	3.00	3.66	1.0	13.88	275	17.52	24.76	6.00	<0.018	0.576
05/10/2010		<0.20	0.19	<0.2520	<1.46	110.00	10.00	10.00	12.20	3.0	11.64	350	<0.50	20.08	10.00	<0.018	0.383
05/11/2010		<0.20	0.2184	<0.2520	<1.460	50.00	2.00	2.00	2.44	1.5	10.01	250	2.34	<5.00	2.00	<0.018	0.43
07/12/2010		<0.20	0.4417	0.2629	<1.460	12.00	20.00	20.00	24.40	2.5	85.8	7500			56.00		0.3630
20/12/2010		<0.20	0.26	<0.2520	<1.460	20.00	2.00	2.00	2.44	2.5	8.28	2000			8.00		<0.0660

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	1.68	<0.0310		0.511	0.66	0.511	5.90	2.86	24.00	126.0	5.03	<0.09	<0.02	14000	<1.0	
04/08/2010	2.55	<0.0310		0.105	0.14	0.105	3.7	2.12	80.00	243.0	5.95	<0.09	<0.02	140000	5300	
05/10/2010	1.70	<0.0310		0.625	0.80	0.625	5.7	4.04	16.00		4.86	<0.09	<0.02	19.7	<1.0	ND
05/11/2010	1.90	<0.0310		0.751	0.97	0.751	5.6	2.60	16.00		4.93	<0.09	<0.02		2413.00	
07/12/2010	1.61	<0.0310		0.196	0.25	0.196		22.17	108.0	481.0	6.52	<0.09	<0.02			ND
20/12/2010	<0.29	<0.0310		0.714	0.92	0.714		2.22	36.00	737.0	5.26	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-22

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
28/07/2010	0.5045	<0.0030	<0.0070	0.0107	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.84	0.460	0.02	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.0	1.727	<0.010
18/08/2010	0.4116	<0,00300	0.0134	0.05	<0,0010	<0,0066	<0,0183	<0,00100	6.01	2.960	0.090	<0,00020	<0,00030	0.0222	<2,0	2.89	<0,010
15/09/2010	0.1366	<0.0030	<0.0070	0.0063	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.0010	2.85	0.170	0.020	<0.00020	<0.00030	0.015	<2.00	0.662	<0.010
18/10/2010	4.5825	<0.0030	0.0184	0.0288	0.0111	0.0081	<0.0183	<0.00100	4.558	1.684	0.11	<0.00020	<0.00030	0.0364	<2.00	4.18	<0.010
18/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.388	<0.0390	0.02	<0.00020	<0.00030	<0.0130		6.24	<0.010
22/12/2010	0.0800	<0.0030	<0.0070	0.011	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.0011	3.09	0.180	0.02	0.00134	<0.00030	0.024	0.024	3.190	<0.010

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	0.1827	0.3473	1.504	38.00	6.00	6.00	7.32	2.0	29.87	100	69.76		18.00	<0.018	1.318
04/08/2010		<0,20	0.3788	0.3782	<1,460	48.00	24.00	24.00	29.28	5.0	87.1	200	0.86	<500	50.00	<0,018	1.439
05/10/2010		<0.20	0.19	0.27	<1.46	13.00	5.00	5.00	6.10	3.0	27.65	87.5	2.19	6.32	25.00	<0.018	1.44
05/11/2010		<0.20	0.8412	<0.2520	<1.460	25.00	8.00	8.00	9.76	0.5	20.50	2000	3.66	11.76	12.00	<0.018	0.302
07/12/2010		<0.20	0.1467	<0.2520	<1.460	9.80	4.00	4.00	4.88	2.0	28.25	750			28.00		1.840
22/12/2010		<0.20	0.2	0.39	<1.460	5.00	16.00	16.00	19.52	5.0	48.2	400			24.00		1.41

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	5.83	<0.0310		0.14	0.18	0.14	2.4	<0.35	56.00	72.20	5.58	<0.09	<0.02	70.6	6.3	
04/08/2010	6.37	<0,0310		0.136	0.18	0.136	5.80	5.01	12.00	129.0	6.15	<0,09	<0,02	39000	6.2	
05/10/2010	6.37	<0.0310		0.584	0.75	0.584	5.7	3.16	24.00	5.91	5.9	<0.09	<0.02	4100.0	<1.0	ND
05/11/2010	1.34	<0.0310		0.236	0.30	0.236	5.8	1.83	36.00		5.8	<0.09	<0.02	165.00	<1.0	
07/12/2010	8.14	<0.0310		0.361	0.46	0.361		3.81	64.00	154.0	5.9	<0.09				ND
22/12/2010	6.24	<0.0310		0.096	0.12	0.096		3.73	30.00	168.0	6.08	<0.09				ND

ND – Não determinado

Tabela C7 - Continuação

Ponto PC-23

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
28/07/2010	<0.0742	<0.0030	0.0183	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	68.46	<0.0390	<0.200	<0.00020	<0.00030	28/07/20	<0.0742	<0.0030	0.0183
18/08/2010	11.8871	<0,00300	0.0546	0.0281	0.0073	0.0115	<0,0183	<0,00100	6.283	6.030	0.080	<0,00020	<0,00030	18/08/20	11.8871	<0,00300	0.0546
15/09/2010	7.9869	<0.0030	0.03	0.0512	0.0092	0.0087	<0.0183	0.02061	4.83	1.576	0.080	<0.00020	<0.00030	15/09/20	7.9869	<0.0030	0.03
18/10/2010	0.5123	<0.0030	<0.0070	0.0176	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.423	1.620	0.07	<0.00020	<0.00030	18/10/20	0.5123	<0.0030	<0.0070
18/11/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	0.0033	<0.0066	<0.0183	<0.00100	3.211	4.570	0.04	<0.00020	<0.00030	18/11/20	<0.0742	<0.0030	<0.0070
22/12/2010	<0.0742	<0.0030	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	2.84	4.960	0.02	<0.00020	<0.00030	22/12/20	<0.0742	<0.0030	<0.0070

	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/07/2010		<0.20	8.128	0.4965	2.027	6.00	195.00	195.00	237.90	1.5	336	<2.5	34.45		206.00	<0.018	0.189
04/08/2010		<0,20	1.198	0.3393	<1,460	40.00	13.00	13.00	15.86	5.0	85.42	200	4.44	58.16	80.00	<0,018	0.191
05/10/2010		<0.20	0.81	0.31	<1.46	18.00	7.00	7.00	8.54	5.0	30.60	3500	3.81	17.85	30.00	<0.018	0.36
05/11/2010		<0.20	0.2918	0.2731	<1.460	25.00	8.00	8.00	9.76	1.0	33.00	1000	2.3	6.76	22.00	<0.018	1.37
07/12/2010		<0.20	0.3028	<0.2520	<1.460	16.00	9.00	9.00	10.98	4.0	20.56	12500			20.00		1.30
22/12/2010		<0.20	0.24	<0.2520	<1.460	50.00	17.00	17.00	20.74	2.0	39.3	2500			30.00		0.38

	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/07/2010	0.84	<0.0310		0.318	0.41	0.318	3.6	3.13	224.0	0.230	7.7	<0.09	<0.02	<1.0	<1.0	
04/08/2010	0.85	<0,0310		0.421	0.54	0.421	6.70	16.56	36.00	112.0	5.8	<0,09	<0,02	2950	2	
05/10/2010	1.59	<0.0310		0.864	1.11	0.864	5.7	5.89	36.00		5.87	<0.09	<0.02	1.1	<1.0	ND
05/11/2010	6.06	<0.0310		0.566	0.73	0.566	6	5.66	24.00		5.8	492.0	<0.02	9322.00	72.2	ND
07/12/2010	5.75	<0.0310		0.303	0.39	0.303		1.92	<2.0	1655	6	<0.09				ND
22/12/2010	1.68	<0.0310		0.436	0.56	0.436		1.46	40.00	1254	5.81	<0.09				ND

ND – Não determinado



## 2.2 Águas Superficiais

### 2.2.1 Canal de irrigação

Tabela C.8 - Resultados de Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas – Amostras do Canal de Irrigação

Ponto S3D2-4 Canal de irrigação: ponte na área de cultivo orgânico																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
20/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0050	0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	32.90	0.1700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.028	20.00	10.20	<0.020
17/06/2008	0.0640	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.003	46.00	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.120	5.60	9.090	<0.020
15/07/2008	0.1600	<0.0030	0.0137	0.0310	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00900	47.09	0.0900	0.019	<0.00020	<0.0003	0.088	<2.00	7.760	<0.020
19/08/2008	0.0300	<0.0030	0.0130	<0.007	<0.0020	<0.01	<0.0006	<0.00006	47.09	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.048	8.00	22.33	<0.020
16/09/2008	1.3000	<0.0030	<0.0020	0.0190	<0.0020	0.06	<0.0006	<0.00006	4.04	0.1700	0.020	<0.00020	<0.0003	4.300	7.20	8.141	<0.010
14/10/2008	0.0980	<0.003	0.0120	<0.007	<0.002	0.020	0.0010	<0.00006	49.25	0.2600	0.030	<0.0002	<0.0003	0.19	<2.00	7.160	<0.010
18/11/2008	0.0330	<0.0030	0.0150	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	61.75	0.4600	0.040	<0.00020	<0.0003	0.018	<2.00	8.930	<0.010
17/12/2008	1.380	<0.0030	0.0890	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	38.10	0.3100	0.028	<0.00020	<0.0003	0.009	2.40	11.45	<0.010
20/01/2009	0.180	0.0053	0.0380	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.80	1.4300	0.090	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	4.820	<0.010
18/02/2009	0.0920	<0.0030	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0050	<0.00006	36.50	0.6300	0.070	<0.00020	<0.0003	0.112	3.20	7.480	<0.010
17/03/2009	0.0160	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	35.30	0.4500	0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	2.80	7.250	<0.010
23/04/2009	0.0280	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0096	<0.00006	46.60	0.2800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	<2.00	6.470	<0.010
19/05/2009	0.0190	<0.0030	0.0260	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	49.90	0.5300	0.040	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	6.850	<0.010
17/06/2009	0.0230	<0.0030	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0080	<0.00006	42.60	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	2.80	6.240	<0.010
13/07/2009	0.1230	<0.0030	0.0364	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	0.00165	43.90	0.1700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.083	2.00	6.730	<0.010
25/08/2009	0.1190	<0.0030	0.0320	<0.0070	<0.0020	0.070	<0.0006	<0.00006	70.00	0.2400	0.030	<0.00020	<0.0003	0.035	<2.00	9.000	<0.010
21/09/2009	0.0020	<0.0030	0.0170	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0012	<0.00006	51.36	0.1300	0.030	<0.00020	<0.0003	0.020	4.00	9.250	<0.010
20/10/2009	0.0180	<0.0030	0.0090	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.69	0.2300	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	12.00	9.140	<0.010
17/11/2009	0.0080	<0.00300	0.0140	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.80	0.7090	0.051	<0.00020	<0.00030	<0.008	3.00	4.260	<0.010
10/12/2009	0.2200	<0.00300	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00140	31.00	0.6400	0.040	<0.00020	<0.00030	0.190	16.30	10.86	<0.010
19/01/2010	1.030	<0.00300	0.0515	0.0078	<0.0020	<0.010	0.0040	0.00140	47.33	1.5600	0.050	<0.00020	<0.00030	0.110	<2.00	4.860	<0.010
03/03/2010	0.0430	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	52.16	0.2900	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	7.780	<0.010
24/03/2010	<0.0020	<0.00300	0.0086	0.0068	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00102	47.42	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.267	<2.00	9.203	<0.010
27/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0098	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	50.48	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.016	<2.00	9.110	<0.010
18/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0157	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	52.66	0.4300	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0569	<2.00	8.138	<0.010

Tabela C.8 - Continuação

Ponto S3D2-4 Canal de irrigação: ponte na área de cultivo orgânico

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
20/05/2008	<0.062	<0.20	3.440	0.430	1.030	5.0	143.50	143.50	175.07	4.60	220.0	20	5.50	75.44	85.6	<0.018	1.62
17/06/2008	<0.062	<0.20	3.450	0.760	<1.000	11.0	133.90	133.90	163.36	2.10	215.0	5	6.10	16.40	177.8	<0.018	1.38
15/07/2008	<0.062	<0.20	3.430	0.780	0.999	14.0	127.60	127.60	155.67	2.80	235.0	<2.5	4.50	6.70	163.7	<0.018	0.37
19/08/2008	<0.062	0.51	3.43	0.780	<1.00	7.0	127.60	127.60	155.67	2.80	225.0	10	3.67	<5.00	150.0	<0.018	0.37
16/09/2008	<0.031	<0.20	3.850	0.390	<1.000	11.0	138.70	138.70	169.21	3.00	215.0	5.0	2.50	<5.00	149.8	<0.018	0.79
14/10/2008	<0.031	<0.20	3.36	0.49	<1.000	18.0	140.80	140.80	171.78	2.30	240.0	20	4.00	8.30	157.0	<0.018	3.15
18/11/2008	<0.031	<0.20	2.987	0.360	1.000	12.0	127.4	127.4	155.43	<2.00	210.0	2.5	3.80	15.40	157.9	<0.018	<0.20
17/12/2008	<0.031	<0.20	2.730	13.290	1.000	16.0	124.90	124.90	152.38	2.0	205.0	25	50.4	50.40	138.1	<0.018	0.96
20/01/2009	<0.031	<0.20	2.927	0.530	1.100	10.0	138.10	138.10	168.48	3.00	225.0	25	3.80	138.00	142.0	<0.018	0.35
18/02/2009	<0.031	<0.20	2.500	0.330	<1.000	13.0	105.80	105.80	129.08	3.00	195.0	20	3.40	28.30	120.2	<0.018	1.97
17/03/2009	<0.031	<0.20	2.98	0.460	<1.000	14.0	122.60	122.60	149.57	2.80	230.0	10	PADA	16.60	130.3	<0.018	0.92
23/04/2009	<0.031	<0.20	2.850	0.600	<1.000	16.0	118.70	118.70	144.81	2.70	215.0	15	3.10	21.70	137.2	<0.018	<0.20
19/05/2009	<0.031	<0.20	2.930	0.290	<1.000	14.0	129.80	129.80	158.36	2.00	252.3	5.0	3.90	20.70	160.5	<0.018	<0.20
17/06/2009	<0.031	<0.20	3.080	0.380	<1.000	10.0	141.60	141.60	172.75	2.00	215.0	10	1.50	19.80	147.5	<0.018	<0.20
13/07/2009	<0.031	<0.20	2.640	0.540	1.380	0.7	134.80	134.80	164.46	2.10	243.0	5.0	12.00	17.80	166.1	<0.018	<0.20
25/08/2009	<0.031	<0.20	3.810	0.890	2.130	7.0	139.60	139.60	170.31	2.80	221.0	5.0	5.39	11.51	140.0	<0.018	<0.20
21/09/2009	<0.031	<0.20	2.960	0.390	1.780	10.0	141.10	141.10	172.14	2.70	225.0	5.0	1.80	73.87	159.6	<0.018	<0.20
20/10/2009	<0.031	<0.20	3.870	0.440	<1.000	12.0	137.60	137.60	167.87	2.50	225.8	25	3.48	7.10	145.0	<0.018	0.37
17/11/2009	<0.031	<0.20	3.584	0.259	<1.000	9.0	136.10	136.10	166.04	3.20	233.1	20	4.73	<5.00	156.4	<0.018	0.25
10/12/2009	<0.031	<0.20	2.570	0.420	1.340	5.0	118.20	118.20	144.20	2.90	215.5	25	4.13	36.40	126.3	<0.018	0.29
19/01/2010	<0.031	<0.20	3.520	0.540	<1.000	5.0	131.80	131.80	160.80	7.50	245.0	5.0	5.19	32.07	142.1	<0.018	<0.20
03/03/2010	<0.031	<0.20	3.480	0.310	<1.460	13.0	141.2	141.2	172.26	<2.00	261.8	10	1.16	<5.00	143.6	<0.018	0.371
24/03/2010	<0.031	<0.20	3.350	0.680	<1.460	11.0	135.1	135.1	164.82	<2.00	246.7	2.5	4.31	10.04	137.6	<0.018	0.272
27/04/2010	<0.031	<0.20	3.548	0.4138	<1.460	8.0	140.2	140.2	171.04	<2.00	253.6	2.5	1.61	<5.00	149.1	<0.018	<0.200
18/05/2010	<0.031	<0.20	3.601	0.3669	<1.460	11.0	147.20	147.20	179.58	<2.00	254.7	20	1.87	<5.00	145.8	<0.018	<0.200

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.8 - Continuação

Ponto S3D2-4 Canal de irrigação: ponte na área de cultivo orgânico

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
20/05/2008	7.17	<0.017	<0.056	0.475	0.612	0.48	6.10	<0.1	194.0	3.65	8.00	0.110	<0.02	2.0E+04	1.6E+02	ND
17/06/2008	6.11	<0.017	<0.056	0.215	0.277	0.22	6.20	<0.1	160.0	2.40	7.30	<0.100	<0.02	2149.6	32.7	ND
15/07/2008	1.64	<0.017	<0.056	0.221	0.285	0.22	6.30	6.2	188.0	5.49	7.00	<0.100	<0.02	1413.6	21.3	ND
19/08/2008	1.64	<0.017	<0.056	1.34	1.726	1.84	6.30	<0.1	156.0	2.04	7.90	<0.100	<0.02	7.2E+04	8.5	ND
16/09/2008	3.50	<0.017	<0.056	0.201	0.259	0.20	6.30	<0.1	142.0	0.62	8.00	<0.100	<0.02	6190	66.3	ND
14/10/2008	13.94	<0.007	<0.02	0.259	0.334	0.26	6.20	6.40	164.0	0.48	7.60	<0.10	<0.02	AVRR	AVRR	-
18/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.281	0.362	0.28	5.90	<0.1	158.0	2.70	7.70	<0.100	<0.02	1.3E+06	3.1E+04	-
17/12/2008	4.25	<0.007	<0.02	0.278	0.358	0.28	6.30	<0.1	156.0	10.2	7.4	<0.100	<0.02	>240000	488.4	ND
20/01/2009	1.55	<0.007	<0.02	0.183	0.236	0.18	6.30	12.1	170.0	8.56	7.50	0.110	<0.02	1.732.9	19.2	ND
18/02/2009	8.72	<0.007	<0.02	0.032	0.041	<0.05	6.00	<0.1	130.0	7.80	7.30	<0.100	<0.02	>240000	1732.90	ND
17/03/2009	4.07	<0.007	<0.02	0.495	0.637	0.495	5.70	<0.1	152.0	8.60	7.50	<0.100	<0.02	2.4E+05	238.1	-
23/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.036	0.046	<0.050	6.10	<0.1	142.0	3.82	7.40	<0.100	<0.02	3450.0	20.3	-
19/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.233	0.300	0.233	6.20	<0.1	142.0	4.60	7.20	<0.100	<0.02	1.4E+04	17.1	DEQA
17/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.079	0.102	0.079	6.00	0.1	152.0	1.41	7.60	<0.100	<0.02	2.0E+03	3.5E+01	DEQA
13/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.881	1.135	0.881	6.30	0.1	180.0	2.90	7.63	<0.100	<0.02	9.8E+04	4.1E+02	ND
25/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.676	0.871	0.676	6.40	<0.1	150.0	13.00	7.79	<0.100	<0.02	6440.0	71.2	ND
21/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.295	0.380	0.295	6.30	<0.1	216.0	3.60	7.83	<0.100	<0.02	2.4E+05	2.4E+04	ND
20/10/2009	1.64	<0.007	<0.02	0.22	0.283	0.220	6.20	<0.1	188.0	1.80	7.79	<0.100	<0.02	3740.0	43.7	DEQA
17/11/2009	1.11	<0.007	<0.02	0.290	0.373	0.29	6.40	<0.1	144.0	4.30	7.46	<1.00	<0.02	24719.6	19.9	DEQA
10/12/2009	1.28	<0.007	<0.02	0.107	0.138	0.107	5.80	<0.1	156.0	6.10	7.42	<0.100	<0.02	>2419.6	14.6	DEQA
19/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.268	0.345	0.268	6.40	<0.1	192	14.20	7.600	0.120	<0.02	>2419.6	387.3	DEQA
03/03/2010	1.64	<0.007	<0.02	0.628	0.809	0.628	6.50	<0.1	156	7.9	7.420	0.100	<0.02	4.1E+04	30.9	DEQA
24/03/2010	1.20	<0.007	<0.02	0.123	0.158	0.123	6.6	<0.1	164	2.9	7.430	0.13	<0.02	>2.4E+05	114.5	DEQA
27/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	<0.011	<0.014	<0.050	6.50	<0.1	168.0	0.5	7.500	<0.13	<0.02	920.8	21.8	DEQA
18/05/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.224	0.288	0.224	6.50	<0.1	172.0	0.70	7.430	<0.13	<0.02	3550.0	72.7	DEQA

AVRR– Amostra vencida

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.8 - Continuação

Ponto S3D2-5 Canal de irrigação: após a lagoa do quiosque

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
20/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0450	0.1670	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.016	32.90	0.3500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.056	12.40	9.900	<0.020
17/06/2008	0.0840	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.0011	40.60	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.063	4.90	8.480	<0.020
15/07/2008	0.8900	<0.0030	0.0110	0.0360	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.05200	46.00	0.1200	0.020	<0.00020	<0.0003	0.060	<2.00	10.76	<0.020
19/08/2008	1.300	<0.0030	0.0050	0.0100	<0.0020	0.109	<0.0006	<0.00006	49.45	0.0800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.065	10	4.845	<0.020
16/09/2008	0.3000	<0.0030	0.0800	0.0810	<0.0020	0.04	<0.0006	<0.00006	50.82	0.0900	0.020	<0.00020	<0.0003	0.056	8.40	6.213	<0.010
14/10/2008	0.0870	<0.003	0.0110	<0.0070	<0.002	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.20	0.1300	0.020	<0.0002	<0.0003	0.22	<2.00	4.810	<0.010
18/11/2008	0.0800	<0.0030	0.0140	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	70.76	0.1100	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	10.06	<0.010
17/12/2008	1.300	<0.0030	0.0980	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	33.60	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.017	2.80	9.390	<0.010
20/01/2009	0.0380	<0.003	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	42.60	0.1700	0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	4.900	<0.010
18/02/2009	0.1500	<0.0030	0.0110	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	41.00	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.089	5.20	6.810	<0.010
17/03/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	19.16	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.012	2.40	7.590	<0.010
23/04/2009	0.0070	<0.0030	0.0110	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	44.80	0.1500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	6.580	<0.010
19/05/2009	0.0192	<0.0030	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.50	0.1000	0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	6.320	<0.010
17/06/2009	0.0710	<0.0030	0.0110	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0078	<0.00006	39.41	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	7.330	<0.010
13/07/2009	0.0590	<0.0030	0.0275	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	44.51	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.013	<2.00	8.500	<0.010
25/08/2009	0.1470	<0.0030	0.0270	<0.0070	<0.0020	0.030	<0.0006	0.1630	54.90	0.0600	0.020	<0.00020	<0.0003	0.317	<2.00	9.500	<0.010
21/09/2009	0.1300	<0.0030	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00150	45.99	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.070	4.80	6.600	<0.010
20/10/2009	0.4000	<0.0030	0.0110	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.14	0.3100	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	6.70	4.100	<0.010
17/11/2009	0.0300	<0.00300	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.31	0.1230	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	3.30	9.920	<0.010
10/12/2009	0.1000	<0.00300	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	31.00	0.1600	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.090	4.70	10.50	<0.010
19/01/2010	0.1420	<0.00300	0.0912	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0031	<0.00006	47.33	1.0000	0.030	<0.00020	<0.00030	0.070	2.00	9.590	<0.010
03/03/2010	0.3500	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	47.99	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.22	<2.00	6.020	<0.010
24/03/2010	<0.0020	<0.00300	0.0076	0.2097	<0.0010	0.0093	<0.0183	0.10841	49.58	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.29	<2.00	7.893	<0.010
27/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0098	<0.0030	<0.0010	0.0093	<0.0183	<0.00100	48.05	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	7.883	<0.010
18/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.1440	<0.0030	<0.0010	0.0159	<0.0183	<0.00100	52.05	0.2700	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.1084	<2.00	7.270	<0.010

Tabela C.8 - Continuação

Ponto S3D2-5 Canal de irrigação: após a lagoa do quiosque

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
20/05/2008	<0.062	<0.20	3.480	0.710	1.400	4.0	135.60	135.60	165.43	4.10	215.0	20	5.30	59.25	82.8	<0.018	1.60
17/06/2008	<0.062	<0.20	3.440	0.820	1.020	8.0	127.50	127.50	155.55	3.10	210.0	10	6.10	17.90	149.6	<0.018	1.16
15/07/2008	<0.062	<0.20	3.450	0.760	1.000	12.0	133.90	133.90	163.36	2.10	200.0	3	2.00	8.90	149.7	<0.018	1.38
19/08/2008	<0.062	<0.20	3.54	0.990	<1.00	2.0	120.00	120.00	146.40	4.40	225.0	10	2.46	6.75	149.0	<0.018	0.28
16/09/2008	<0.031	<0.20	3.820	0.500	<1.000	13.0	129.30	129.30	157.75	2.70	200.0	5.0	3.00	13.40	150.6	<0.018	0.60
14/10/2008	<0.031	<0.20	3.35	0.48	<1.000	12.0	121.40	121.40	148.11	2.30	210.0	10	1.70	15.40	146.3	<0.018	3.71
18/11/2008	<0.031	<0.20	3.007	0.310	<1.000	12.0	127.5	127.5	155.55	<2.00	195.0	2.5	3.10	11.60	136.2	<0.018	<0.20
17/12/2008	<0.031	<0.20	2.540	13.460	1.200	15.0	119.60	119.60	145.91	2.50	195.0	20	29.3	29.30	132.2	<0.018	2.22
20/01/2009	<0.031	<0.20	2.590	0.530	1.000	14.0	116.20	116.20	141.76	2.10	200.0	20	1.50	75.20	142.9	<0.018	<0.20
18/02/2009	<0.031	<0.20	2.460	0.370	<1.000	9.0	106.20	106.20	129.56	2.80	195.0	20	4.20	30.80	123.4	<0.018	1.99
17/03/2009	<0.031	<0.20	2.88	0.470	<1.000	9.0	119.50	119.50	145.79	2.70	215.0	20	3.89	14.00	137.1	<0.018	0.8
23/04/2009	<0.031	<0.20	2.700	0.650	<1.000	15.0	111.30	111.30	135.79	2.50	205.0	10	3.10	22.80	144.8	<0.018	<0.20
19/05/2009	<0.031	<0.20	2.980	0.250	<1.000	10.0	131.60	131.60	160.55	2.00	234.4	2.5	2.20	5.00	193.0	<0.018	<0.20
17/06/2009	<0.031	<0.20	3.120	0.310	1.130	8.0	133.10	133.10	162.38	2.40	210.0	10	1.40	21.30	145.3	<0.018	<0.20
13/07/2009	<0.031	<0.20	2.650	0.490	1.370	0.6	134.10	134.10	163.60	3.40	231.3	5.0	30.00	151.36	161.7	<0.018	<0.20
25/08/2009	<0.031	<0.20	3.780	1.140	2.050	8.0	129.60	129.60	158.11	3.30	208.0	5.0	3.94	5.00	142.0	<0.018	<0.20
21/09/2009	<0.031	<0.20	3.780	0.550	1.790	12.0	121.30	121.30	147.99	2.00	195.0	5.0	2.00	99.76	147.6	<0.018	<0.20
20/10/2009	<0.031	<0.20	3.850	0.750	<1.000	11.0	126.10	126.10	153.84	3.20	209.2	30	2.60	6.72	139.9	<0.018	0.24
17/11/2009	<0.031	<0.20	3.479	0.335	<1.000	4.8	128.60	128.60	156.89	3.70	218.6	20	2.81	<5.00	145.5	<0.018	0.22
10/12/2009	<0.031	<0.20	2.850	0.260	1.080	5.0	121.10	121.10	147.74	3.20	223.7	10	2.37	62.70	127.7	<0.018	0.30
19/01/2010	<0.031	<0.20	3.480	0.300	<1.000	4.0	135.10	135.10	164.82	3.00	230.0	5.0	4.30	5.53	129.7	<0.018	<0.20
03/03/2010	<0.031	<0.20	3.250	0.930	<1.460	10	130.4	130.40	159.09	<2.00	241.6	20	5.81	9.72	139.5	<0.018	0.350
24/03/2010	<0.031	<0.20	3.428	0.880	<1.460	10.0	134.7	134.70	164.33	<2.00	246.6	2.5	2.64	10.78	151.9	<0.018	0.263
27/04/2010	<0.031	<0.20	3.518	0.4624	<1.460	11.0	140	140.00	170.80	<2.00	246.4	2.5	2.1	37.95	149.1	<0.018	<0.200
18/05/2010	<0.031	<0.20	3.650	0.4402	<1.460	15.0	141.70	141.70	172.87	<2.00	256.7	5.0	1.92	<5.00	151.5	<0.018	<0.200

Tabela C.8 - Continuação

Ponto S3D2-5 Canal de irrigação: após a lagoa do quiosque

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
20/05/2008	7.08	<0.017	<0.056	0.342	0.440	0.34	5.90	<0.1	186.0	4.90	8.00	0.110	<0.02	2.0E+05	2.7E+04	ND
17/06/2008	5.13	<0.017	<0.056	0.224	0.288	0.22	6.20	<0.1	160.0	1.90	7.60	<0.100	<0.02	2.6E+04	10.9	ND
15/07/2008	6.11	<0.017	<0.056	0.367	0.473	0.37	6.20	5.0	140.0	7.40	7.80	<0.100	<0.02	1986.3	0.0	ND
19/08/2008	1.24	<0.017	<0.056	0.287	0.370	0.29	6.40	7.3	150.0	0.90	8.20	<0.100	<0.02	1.6E+02	7.4	ND
16/09/2008	2.66	<0.017	<0.056	0.342	0.440	0.34	6.20	<0.1	156.0	2.82	8.00	<0.100	<0.02	3500	5.2	ND
14/10/2008	16.42	<0.007	<0.02	0.011	0.014	<0.05	6.10	<0.10	134.0	2.24	7.90	<0.10	<0.02	AVRR	AVRR	
18/11/2008	<0.89	<0.007	<0.02	0.253	0.326	0.25	6.10	<0.1	344.0	2.00	8.00	<0.100	<0.02	1.7E+04	108.6	
17/12/2008	9.83	<0.007	<0.02	0.248	0.319	0.25	6.20	<0.1	<2.0	8.48	7.8	<0.100	<0.02	2.7E+04	275.5	ND
20/01/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.257	0.331	0.26	6.20	27.4	132.0	4.43	7.90	<0.1	<0.02	717.0	32.3	ND
18/02/2009	8.81	<0.007	<0.02	0.246	0.317	0.25	6.20	<0.1	116.0	4.72	7.80	<0.100	<0.02	9.8E+04	24.30	ND
17/03/2009	3.54	<0.007	<0.02	0.407	0.524	0.407	6.10	<0.1	36.0	3.90	8.00	<0.100	<0.02	4.60E+04	35.1	-
23/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.086	0.111	0.086	6.00	<0.1	134.0	3.00	7.80	<0.100	<0.02	1.1E+04	100.0	-
19/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.518	0.667	0.518	6.10	<0.1	136.0	2.50	7.40	<0.100	<0.02	4.9E+04	285.1	DEQA
17/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.177	0.228	0.177	5.90	0.1	138.0	1.36	7.80	<0.100	<0.02	1.0E+04	3.5E+01	DEQA
13/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.657	0.846	0.657	6.30	0.1	172.0	2.60	7.85	<0.100	<0.02	1.6E+04	5.7E+02	ND
25/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.289	0.372	0.289	6.30	<0.1	156.0	2.60	8.03	<0.100	<0.02	6.5E+04	76.8	ND
21/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.516	0.665	0.516	6.10	<0.1	156.0	2.90	7.85	<0.100	<0.02	1.9E+05	325.5	ND
20/10/2009	1.06	<0.007	<0.02	0.23	0.296	0.230	6.30	<0.1	168.0	4.30	7.91	<0.100	<0.02	1.4E+04	520.0	DEQA
17/11/2009	0.97	<0.007	<0.02	0.298	0.384	0.298	6.40	<0.1	156.0	2.00	7.86	0.290	<0.02	1.7E+04	57.6	DEQA
10/12/2009	1.33	<0.007	<0.02	0.297	0.382	0.297	5.90	<0.1	148.0	2.00	7.61	<0.100	<0.02	>2419.6	27.9	DEQA
19/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.515	0.663	0.515	6.50	<0.1	156	0.30	7.700	0.190	<0.02	>2419.6	686.7	DEQA
03/03/2010	1.55	<0.007	<0.02	0.409	0.527	0.409	6.50	<0.1	156	5.4	7.620	<0.100	<0.02	>2.4E+05	1.4E+04	DEQA
24/03/2010	1.16	<0.007	<0.02	0.254	0.327	0.254	6.4	<0.1	160	3	7.470	0.1	<0.02	>2.4E+05	488.4	DEQA
27/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.138	0.178	0.138	6.50	<0.1	156.0	0.9	7.700	<0.13	<0.02	2.6E+04	178.5	DEQA
18/05/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.236	0.304	0.236	6.50	<0.1	148.0	1.00	7.500	<0.13	<0.02	1.7E+04	146.7	DEQA

AVRR– Amostra vencida

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

## 2.2.2 Corpos d'Água Lóticos

Tabela C.9 - Resultados das Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas – Amostras dos Córregos

Ponto SID1-1 Córrego Jequitibá-Mirim: bomba do pivô 2

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
05/05/2008	0.1400	<0.0030	0.0900	0.0440	<0.0020	<0.010	0.003	0.01538	6.17	1.400	0.180	<0.00020	<0.0003	0.430	<2.00	14.04	<0.020
02/06/2008	0.1500	<0.0030	0.0840	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.032	7.34	1.600	0.280	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	9.140	<0.020
30/06/2008	0.1900	<0.0030	0.0570	0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	11.29	0.900	0.090	<0.00020	<0.0003	0.034	6.40	15.900	<0.020
04/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.1200	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	28.12	0.5300	0.060	<0.00020	<0.0003	0.058	6.40	61.430	<0.020
01/09/2008	0.5300	<0.0030	0.3700	<0.0070	<0.0020	0.01	<0.0006	<0.00006	13.01	1.900	0.200	<0.00020	<0.0003	0.029	<2.00	14.660	<0.010
29/09/2008	0.1500	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	0.060	<0.0006	0.00110	36.58	0.3700	0.040	<0.00020	<0.0003	0.110	5.60	9.267	<0.010
03/11/2008	0.1300	<0.0030	0.0400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.90	26.00	0.050	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	8.406	<0.010
01/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.5000	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	34.20	0.3400	0.040	<0.00020	<0.0003	0.010	3.60	7.650	<0.010
05/01/2009	0.2400	<0.0030	0.0411	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0110	<0.00006	35.20	1.010	0.170	<0.00020	<0.0003	<0.008	3.20	6.660	<0.010
02/02/2009	0.7550	<0.0030	0.0180	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	18.01	0.5400	0.060	<0.00020	<0.0003	0.410	<2.00	4.900	<0.010
03/03/2009	0.2200	<0.0030	0.0320	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	29.41	0.6800	0.090	<0.00020	<0.0003	0.245	6.80	5.980	<0.010
06/04/2009	0.0650	<0.0030	0.0250	0.0200	<0.0020	0.010	0.0150	<0.00006	38.70	0.5100	0.110	<0.00020	<0.0003	0.040	10.00	7.370	<0.010
04/05/2009	0.1800	<0.0030	0.0180	0.0085	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	16.20	0.2900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.133	3.20	4.410	<0.010
02/06/2009	0.0280	<0.0030	0.0160	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	26.96	0.3300	0.060	<0.00020	<0.0003	0.022	16.80	7.290	<0.010
29/06/2009	0.1300	<0.0030	0.0550	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	31.10	0.3600	0.040	<0.00020	<0.0003	0.020	2.00	3.850	<0.010
03/08/2009	0.0020	<0.0030	0.0376	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	28.18	0.2500	0.050	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	3.450	<0.010
09/09/2009	0.0160	<0.0030	3.400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	23.72	0.0400	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	0.058	<0.010
05/10/2009	0.0690	<0.0030	0.0250	0.0388	0.0020	0.025	<0.0006	0.00200	43.66	0.2800	0.040	<0.00020	<0.0003	0.102	<2.00	8.120	<0.010
03/11/2009	0.0790	<0.00300	0.0270	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.02	0.3500	0.090	<0.00020	<0.00030	<0.008	2.70	4.860	<0.010
23/11/2009	0.1260	<0.00300	0.0320	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00200	42.85	0.2430	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.165	3.30	8.720	<0.010
data																	
01/02/2010	0.2070	<0.0030	0.0446	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	31.00	0.4800	0.100	<0.00020	<0.00030	0.110	<2.00	7.280	<0.010
11/03/2010	0.2600	<0.00300	0.105	0.0068	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	35.41	0.7100	0.15	<0.00020	<0.00030	0.246	<2.00	0.706	<0.010
05/04/2010	0.0910	<0.00300	0.0301	0.009	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00279	39.44	0.5000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0604	<2.00	9.503	<0.010
04/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0189	0.0142	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00558	38.18	0.1500	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.1076	<2.00	7.387	<0.010

Tabela C.9 Continuação

Ponto S1D1-1 Córrego Jequitibá-Mirim: bomba do pivô 2

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
05/05/2008	<0.062	<0.20	1.560	2.000	4.900	8.0	42.80	42.80	52.22	4.50	63.0	50	5.88	13.02	46.5	<0.018	1.43
02/06/2008	<0.062	<0.20	1.120	1.750	4.370	8.0	38.30	38.30	46.73	4.00	75.0	40	5.30	8.40	43.8	<0.018	2.55
30/06/2008	<0.062	<0.20	1.560	1.560	4.200	18.00	33.10	33.10	40.38	3.70	73.0	20	4.00	17.40	42.7	<0.018	2.35
04/08/2008	<0.062	<0.20	2.260	1.040	2.590	17.0	65.90	65.90	80.40	3.00	120.0	30	3.20	8.60	76.3	<0.018	7.42
01/09/2008	<0.031	<0.20	2.080	1.610	4.870	9.0	46.40	46.40	56.61	3.40	85.0	50	5.10	15.3	43.5	<0.018	60.60
29/09/2008	<0.031	<0.20	3.680	1.220	1.800	6.0	112.80	112.80	137.62	5.20	200.0	25	5.10	6.30	155.4	<0.018	6.71
03/11/2008	<0.031	<0.20	4.18	1.210	<1.000	6.0	122.80	122.80	149.82	2.00	215.0	40	3.10	10.20	128.7	<0.018	1.14
01/12/2008	<0.031	<0.20	3.383	0.7200	1.300	5.0	121.60	121.60	148.35	2.60	220.0	20	3.00	9.90	129.3	<0.018	0.45
05/01/2009	<0.031	<0.20	2.680	1.280	1.700	9.0	84.60	84.60	103.21	2.00	155.0	300	5.80	19.00	101.9	<0.018	0.94
02/02/2009	<0.031	<0.20	1.530	1.440	2.050	16.0	52.30	52.30	63.81	3.20	110.0	50	5.50	20.10	67.7	<0.018	1.03
03/03/2009	<0.031	<0.20	2.380	0.8600	1.410	9.0	82.10	82.10	100.16	3.00	160.0	40	4.10	5.50	98.2	<0.018	1.13
06/04/2009	<0.031	<0.20	2.770	0.5400	1.910	7.0	58.70	58.70	71.61	3.70	210.0	40.0	2.30	7.41	118.5	<0.018	5.56
04/05/2009	<0.031	<0.20	1.250	0.9000	1.480	9.0	45.60	45.60	55.63	3.90	82.0	30	5.50	13.20	63.4	<0.018	<0.20
02/06/2009	<0.031	<0.20	2.170	0.5400	1.410	10.0	86.00	86.00	104.92	2.00	127.70	25	3.10	5.00	101.0	<0.018	0.23
29/06/2009	<0.031	<0.20	2.270	0.6600	1.230	8.0	90.10	90.10	109.92	2.00	152.00	10	2.55	5.00	100.6	<0.018	<0.20
03/08/2009	<0.031	<0.20	2.730	1.360	1.320	7.0	85.80	85.80	104.68	2.80	154	30	4.32	21.75	94.0	<0.018	<0.20
09/09/2009	<0.031	<0.20	1.350	1.620	1.390	3.0	28.90	28.90	35.26	6.50	96.6	2.5	1.00	7.48	55.4	<0.018	6.46
05/10/2009	<0.031	<0.20	3.790	0.6400	1.860	7.0	126.40	126.40	154.21	7.30	238.7	20	2.49	21.10	136.6	<0.018	0.29
03/11/2009	<0.031	<0.20	3.590	0.8000	1.550	8.0	103.40	103.40	126.15	3.85	188.6	25	5.34	8.22	106.0	<0.018	0.38
23/11/2009	<0.031	<0.20	3.746	0.7460	1.320	6.4	118.80	118.80	144.94	2.70	222.9	30	3.62	21.40	136.0	<0.018	0.37
data																	
01/02/2010	<0.031	<0.20	3.000	0.5600	1.300	8.0	93.00	93.00	113.46	<2.00	155.0	30	1.29	<5.00	106.7	<0.018	0.40
11/03/2010	<0.031	<0.20	2.986	0.9600	<1.460	9.0	98.7	98.70	120.41	<2.00	184.3	40	5.3	7.2	100.0	<0.018	0.235
05/04/2010	<0.031	<0.20	3.477	0.6320	<1.460	10.0	105.9	105.9	129.20	<2.00	210.5	30	1.57	<5.00	113.7	<0.018	0.213
04/05/2010	<0.031	<0.20	3.589	0.5902	1.52	11.0	128.70	128.70	157.01	<2.00	205.00	30	3.22	6.18	126.1	<0.018	0.300



Tabela C.9 Continuação

Ponto S1D1-1 Córrego Jequitibá-Mirim: bomba do pivô 2

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
05/05/2008	6.33	<0.017	<0.056	0.100	0.129	0.10	5.80	0.2	72.0	9.70	6.80	<0.100	<0.02	6.3E+06	4.9E+03	ND
02/06/2008	11.29	<0.017	<0.056	0.026	0.033	<0.05	6.00	38.6	70.0	8.21	6.70	<0.100	<0.02	1.6E+00	43.3	ND
30/06/2008	10.40	<0.017	<0.056	0.238	0.306	0.24	6.30	0.6	76.0	6.60	6.90	<0.100	<0.02	>240000	866.4	ND
04/08/2008	32.85	<0.017	<0.056	0.020	0.026	<0.02	6.20	0.4	92.0	29.2	7.20	<0.100	<0.02	1.0E+04	113.70	ND
01/09/2008	268.25	<0.017	<0.056	0.448	0.577	0.45	6.20	9.1	66.0	27.8	7.00	<0.100	<0.02	3.40E+04	40.8	ND
29/09/2008	29.70	<0.017	<0.056	0.426	0.549	0.43	6.20	<0.1	144.0	13.20	7.60	<0.100	<0.02	3.41E+03	48.1	ND
03/11/2008	5.05	<0.017	<0.056	0.048	0.062	<0.05	5.80	33.2	162.0	3.30	7.80	<0.100	<0.02	6770.0	43.5	ND
01/12/2008	1.99	<0.017	<0.056	0.416	0.536	0.42	6.20	18.2	138.0	7.7	7.80	<0.100	<0.02	3840.0	2.0	ND
05/01/2009	4.16	<0.017	<0.056	0.154	0.198	0.15	6.40	2.1	110.0	87.50	7.50	<0.100	<0.02	7.7E+04	2.4E+03	ND
02/02/2009	4.56	<0.017	<0.056	0.412	0.531	0.41	6.20	<0.1	64.0	86.90	6.80	<0.100	<0.02	2.4E+04	2.0E+02	ND
03/03/2009	5.00	<0.017	<0.056	0.528	0.680	0.53	5.90	<0.1	114.0	12.80	7.30	<0.100	<0.02	2.4E+05	100.0	ND
06/04/2009	24.61	0.015	0.05	0.516	0.665	0.516	6.10	<0.1	154.0	15.30	6.60	<0.100	<0.02	1.3E+04	6.3	-
04/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.011	0.014	0.050	6.10	<0.1	42.0	8.06	7.10	<0.100	<0.02	2.4E+05	16.1	
02/06/2009	1.02	<0.007	<0.02	0.692	0.891	0.692	6.10	15.1	104.0	21.70	7.50	<0.100	<0.02	8.1E+04	64	DEQA
29/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.016	0.021	0.050	6.20	0.1	136.0	6.20	7.45	<0.100	<0.02	2.4E+05	38.6	DEQA
03/08/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.668	0.860	0.668	6.00	6.8	152.0	4.88	7.410	0.120	<0.02	2.4E+05	980.4	ND
09/09/2009	28.60	<0.007	<0.02	0.371	0.478	0.371	5.80	6.5	76.0	42.90	8.170	<0.100	<0.02	39.9	1.0	ND
05/10/2009	1.28	<0.007	<0.02	0.044	0.057	<0.050	6.40	<0.1	160.0	5.90	7.550	0.180	<0.02	3310.0	40.8	ND
03/11/2009	1.68	<0.007	<0.02	0.416	0.536	0.416	6.10	<0.1	148.0	5.60	7.680	0.120	<0.02	1.2E+05	71.2	DEQA
23/11/2009	1.64	<0.007	<0.02	0.210	0.270	0.210	5.90	<0.1	152.0	6.00	7.760	0.140	<0.02	1986.3	4.1	DEQA
data																
01/02/2010	1.77	<0.007	<0.02	0.127	0.164	0.127	6.30	<0.1	116.0	5.40	7.700	0.220	<0.02	7170.0	4.1	DEQA
11/03/2010	1.04	<0.007	<0.02	0.727	0.936	0.727	6.20	2.3	108.0	12.00	7.710	0.11	<0.02	>2.4E+05	500	DEQA
05/04/2010	0.94	<0.007	<0.02	0.358	0.461	0.358	6.40	<0.1	144.0	10.1	7.280	<0.1000	<0.02	2.4E+04	56.5	DEQA
04/05/2010	1.33	<0.007	<0.02	0.356	0.458	0.356	6.20	<0.1	312.0	8.30	7.540	<0.13	-	9.2E+04	83.0	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S1D2-2 Córrego Marinheiro: ponte na fazenda Marinheiro

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
06/05/2008	0.0400	<0.0030	0.0260	0.0120	<0.0020	<0.010	0.0090	0.0070	56.00	0.2800	0.060	<0.00020	<0.0003	0.140	<2.00	8.057	<0.020
03/06/2008	0.0049	<0.0030	0.0080	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.0026	37.10	0.2200	0.030	<0.00020	<0.0003	0.080	6.40	6.210	<0.020
01/07/2008	0.0600	<0.0030	PADA	PADA	PADA	<0.010	PADA	PADA	42.90	0.2100	0.030	<0.00020	<0.0003	0.123	3.20	10.80	<0.020
05/08/2008	0.0170	<0.0030	0.0980	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.60	0.3100	0.030	<0.00020	<0.0003	0.032	7.60	8.140	<0.020
02/09/2008	0.0080	<0.0030	0.0760	<0.0070	<0.0020	0.0100	<0.0006	0.0010	27.31	0.2800	0.030	<0.00020	<0.0003	0.065	<2.00	9.563	<0.010
30/09/2008	0.1800	<0.0030	0.1800	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0238	<0.00006	14.91	0.8200	0.100	<0.00020	<0.0003	0.180	9.60	11.11	<0.010
04/11/2008	0.0500	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.80	0.1700	0.030	<0.00020	<0.0003	0.010	3.20	57.54	<0.010
02/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1500	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	43.60	0.2500	0.020	<0.00020	<0.0003	0.024	<2.00	15.72	<0.010
06/01/2009	1.910	<0.0030	0.0980	<0.0070	<0.0020	0.310	0.084	<0.00006	33.40	1.720	0.190	<0.00020	<0.0003	0.230	<2.00	8.900	<0.010
03/02/2009	0.1400	<0.0030	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0160	<0.00006	44.25	0.6500	0.070	<0.00020	<0.0003	0.049	<2.00	9.600	<0.010
04/03/2009	0.0490	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.00	0.3600	0.040	<0.00020	<0.0003	0.022	6.00	9.500	<0.010
07/04/2009	0.0720	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	33.50	0.7400	0.080	<0.00020	<0.0003	0.080	4.40	6.470	<0.010
05/05/2009	0.1240	<0.0030	0.0380	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00006	47.57	0.4900	0.070	<0.00020	<0.0003	0.038	5.600	9.160	<0.010
03/06/2009	0.0440	<0.0030	0.0310	0.0131	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.60	0.3300	0.040	<0.00020	<0.0003	0.135	7.60	6.540	<0.010
30/06/2009	0.0200	<0.0030	0.0180	0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	50.55	0.2200	0.030	<0.00020	<0.0003	0.008	2.00	11.19	<0.010
04/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.031	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.16	0.2200	0.030	<0.00020	<0.0003	0.084	<2.00	5.400	<0.010
10/09/2009	0.0220	<0.0030	0.0400	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0070	<0.00006	58.30	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.016	2.50	11.90	<0.010
06/10/2009	0.1800	<0.0030	0.0210	<0.0070	0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	40.08	0.2200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.051	<2.00	8.700	<0.010
04/11/2009	0.1750	<0.00300	0.0230	0.0120	<0.0020	<0.010	0.0110	<0.00006	50.66	0.3300	0.050	<0.00020	<0.00030	<0.008	29.30	2.540	<0.010
24/11/2009	0.2600	<0.00300	0.0240	0.0130	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.35	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	31.30	7.670	<0.010
Data																	
02/02/2010	0.1660	<0.0030	0.0950	0.0095	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	49.80	0.2600	0.040	<0.00020	<0.0003	0.240	<2.00	9.600	<0.010
10/03/2010	0.1900	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.92	0.3600	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.267	<2.00	0.556	<0.010
07/04/2010	0.0870	<0.00300	0.0184	0.004	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00164	49.96	0.4700	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.1802	6.8	8.155	<0.010
05/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0125	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	51.42	0.2300	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0224	<2.00	6.738	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S1D2-2 Córrego Marinheiro: ponte na fazenda Marinheiro

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
06/05/2008	<0.062	<0.20	3.950	0.6500	1.500	9.0	148.40	148.40	181.05	2.60	200.0	25	4.14	<5.00	173.2	<0.018	1.27
03/06/2008	<0.062	<0.20	2.900	0.6800	2.170	12.0	149.50	149.50	182.39	3.60	240.0	3	6.00	7.40	157.8	<0.018	1.06
01/07/2008	<0.062	<0.20	4.170	0.6600	1.400	19.0	137.30	137.30	167.51	2.00	240.0	2.5	2.50	<5.00	173.4	<0.018	1.30
05/08/2008	<0.062	<0.20	3.750	0.3000	1.420	11.0	138.70	138.70	169.21	<2.00	245.0	10	2.8	14.00	170.7	<0.018	9.18
02/09/2008	<0.031	<0.20	3.990	0.3200	1.100	22.0	142.90	142.90	174.34	2.40	255.0	5.0	4.80	9.90	175.8	<0.018	2.25
30/09/2008	<0.031	<0.20	1.64	1.250	3.340	16.0	149.50	149.50	182.39	3.90	280.0	20	2.30	<5.00	175.5	<0.018	1.95
04/11/2008	<0.031	<0.20	4.070	0.8900	1.660	16.0	155.7	155.70	189.95	3.20	270.0	20	4.20	7.50	176.6	<0.018	1.39
02/12/2008	<0.031	<0.20	3.803	0.4600	1.400	12.0	161.50	161.50	197.03	2.70	275.0	20	2.20	<5.00	173.7	<0.018	0.25
06/01/2009	<0.031	<0.20	2.64	3.6700	2.5	20.0	70.00	70.00	85.40	25.00	185.0	400	4.90	14.90	102.8	<0.018	0.20
03/02/2009	<0.031	<0.20	3.050	1.460	1.800	15.0	116.40	116.40	142.01	3.60	225.0	40	6.30	5.40	130.1	<0.018	0.71
04/03/2009	<0.031	<0.20	3.060	0.6700	1.370	8.0	127.60	127.60	155.67	4.00	240.0	20	4.60	10.40	142.9	<0.018	1.12
07/04/2009	<0.031	<0.20	3.040	1.200	2.000	7.0	92.00	92.00	112.24	3.00	215.0	40	1.80	<0.2	129.5	<0.018	<0.20
05/05/2009	<0.031	<0.20	3.280	0.800	1.380	9.0	129.80	129.80	158.36	3.80	225.0	20.0	2.80	6.60	147.6	<0.018	<0.20
03/06/2009	<0.031	<0.20	3.330	0.7800	1.870	23.0	151.30	151.30	184.59	3.00	269.0	5.0	2.60	9.90	156.1	<0.018	<0.20
30/06/2009	<0.031	<0.20	3.100	3.090	1.000	29.0	131.80	131.80	160.80	3.40	269.4	10	3.59	19.20	67.5	<0.018	0.43
04/08/2009	<0.031	<0.20	4.180	0.7200	1.250	14.0	151.30	151.30	184.59	4.00	263	20	2.72	6.86	166.0	<0.018	0.28
10/09/2009	<0.031	<0.20	4.840	1.020	2.030	18.0	160.10	160.10	195.32	2.90	257	5.0	5.42	26.20	166.5	<0.018	<0.20
06/10/2009	<0.031	<0.20	3.700	0.5700	1.730	14.0	153.20	153.20	186.90	2.60	279.1	5.0	2.46	35.51	168.3	<0.018	0.61
04/11/2009	<0.031	<0.20	4.290	1.030	2.490	8.0	140.10	140.10	170.92	2.30	244.9	30	4.18	6.30	147.2	<0.018	0.62
24/11/2009	<0.031	<0.20	0.108	<0.200	<1.000	7.0	161.80	161.80	197.40	6.60	299.0	25	3.06	7.26	167.8	<0.018	0.25
Data																	
02/02/2010	<0.031	<0.20	4.140	0.5800	3.260	10.0	144.60	144.60	176.41	<2.00	290.0	20	0.94	<5.00	154.9	<0.018	0.290
10/03/2010	<0.031	<0.20	3.580	1.088	1.698	10.0	140.6	140.60	171.53	<2.00	251.3	20	1.38	12.25	135.9	<0.018	0.445
07/04/2010	<0.031	<0.20	3.630	1.165	1.844	10.0	145.3	145.30	177.27	<2.00	240.7	35	4.3	17.91	150.1	<0.018	0.322
05/05/2010	<0.031	<0.20	3.799	0.5100	<1.460	10.0	152.00	152.00	185.44	<2.00	269.30	20	3.31	16.73	155.8	<0.018	0.423

Tabela C.9 Continuação

Ponto S1D2-2 Córrego Marinheiro: ponte na fazenda Marinheiro

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
06/05/2008	5.62	<0.017	<0.056	0.260	0.335	0.26	5.80	<0.1	164.0	4.22	7.90	<0.100	<0.02	7.3E+04	77.1	ND
03/06/2008	4.69	<0.017	<0.056	0.261	0.336	0.26	6.10	<0.1	176.0	7.36	7.50	<0.100	<0.02	4790.0	32.7	ND
01/07/2008	5.75	<0.017	<0.056	0.281	0.362	0.28	6.30	5.3	196.0	5.90	7.50	<0.100	<0.02	9.5E+03	112.4	ND
05/08/2008	40.64	<0.017	<0.056	0.34	0.438	0.34	6.20	<0.1	168.0	8.78	7.60	<0.100	<0.02	5980.0	275.5	ND
02/09/2008	9.96	<0.017	<0.056	0.592	0.762	0.59	6.30	1.1	182.0	5.53	7.60	<0.100	<0.02	2.6E+04	86.0	ND
30/09/2008	8.63	<0.017	<0.056	0.342	0.440	0.34	6.30	5.3	206.0	5.03	7.40	<0.100	<0.02	>240000	204.6	<0.100
04/11/2008	6.15	<0.007	<0.02	0.130	0.167	0.13	6.20	0.7	90.0	2.90	7.60	<0.100	<0.02	1.80E+05	2.69E+03	ND
02/12/2008	1.11	<0.007	<0.02	0.167	0.215	0.17	6.20	0.7	150.0	3.74	7.50	<0.100	<0.02	1.7E+05	73.8	ND
06/01/2009	0.89	<0.007	<0.02	0.29	0.373	0.29	6.30	14.6	200	137.0	6.60	<0.100	<0.02	3.2E+04	1.6E+03	ND
03/02/2009	3.14	<0.007	<0.02	0.216	0.278	0.22	6.20	<0.1	160.0	14.20	7.40	<0.100	<0.02	>240000	1986.30	ND
04/03/2009	4.96	<0.007	<0.02	0.044	0.057	<0.05	6	<0.1	138.0	3.09	7.50	<0.100	<0.02	-	-	-
07/04/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.356	0.458	0.356	6.20	<0.1	166.0	18.00	7.20	<0.100	<0.02	>2.4E+05	195.1	-
05/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.272	0.350	0.272	6.10	<0.1	62.0	4.96	7.50	<0.100	<0.02	2.7E+04	146.7	-
03/06/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.411	0.529	0.411	6.10	<0.1	160.0	4.64	7.50	<0.100	<0.02	1.4E+05	510.0	DEQA
30/06/2009	1.90	<0.007	<0.02	0.238	0.306	0.238	6.30	1.0	156.0	13.60	7.79	<0.100	<0.02	2400.0	310.0	ND
04/08/2009	1.24	<0.007	<0.02	0.303	0.390	0.303	6.40	<0.1	192.0	2.00	7.8	0.11	<0.02	2.4E+05	517.2	ND
10/09/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.359	0.462	0.359	6.40	<0.1	188.0	3.60	7.63	0.110	<0.02	2419.6	1203.3	ND
06/10/2009	2.70	<0.007	<0.02	0.238	0.306	0.238	6.40	<0.1	184.0	2.40	7.59	0.110	<0.02	1.1E+04	93.3	ND
04/11/2009	2.74	<0.007	<0.02	0.548	0.706	0.548	6.40	<0.1	160.0	6.40	7.64	0.100	<0.02	1.5E+05	6380.0	DEQA
24/11/2009	1.11	<0.007	<0.02	0.042	0.054	<0.050	6.20	<0.1	188.0	5.20	7.78	0.110	<0.02	>2.4E+05	770.1	DEQA
Data																
02/02/2010	1.28	<0.007	<0.02	0.289	0.372	0.289	6.50	<0.1	148.0	2.70	7.500	0.150	<0.02	>2.4e+5	161.6	DEQA
10/03/2010	1.97	<0.007	<0.02	0.212	0.273	0.212	6.40	<0.1	188.0	14.60	7.590	0.13	<0.02	>2.4E+05	1.9E+04	DEQA
07/04/2010	1.43	<0.007	<0.02	0.363	0.467	0.363	6.50	<0.1	84.0	10.7	7.590	<0.13	<0.02	4.4E+04	178.5	DEQA
05/05/2010	1.87	<0.007	<0.02	0.344	0.443	0.344	6.50	0.8	160.0	2.60	7.420	<0.13	<0.02	5.0E+04	547.5	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D1-4 Córrego Jequitibá-Mirim: ponte da oficina da Epamig

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
19/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0610	0.0120	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.004	30.20	0.2000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.110	<2.00	7.400	<0.020
16/06/2008	0.1840	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.0013	26.12	0.7600	0.270	<0.00020	<0.0003	0.053	8.40	10.74	<0.020
14/07/2008	0.0050	<0.0030	0.0090	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	22.50	0.6500	0.200	<0.00020	<0.0003	0.027	2	9.720	<0.020
18/08/2008	0.2300	<0.0030	0.1200	<0.007	<0.0020	0.07	<0.0006	<0.00006	23.91	0.9300	0.300	<0.00020	<0.0003	0.09	4.00	9.436	<0.010
15/09/2008	0.0290	<0.0030	0.0990	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	20.24	<0.0390	0.070	<0.00020	<0.0003	<0.008	10.00	7.698	<0.010
13/10/2008	0.1600	<0.0030	0.0440	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	22.14	0.7900	0.300	<0.00020	<0.0003	0.060	7.20	11.95	<0.010
17/11/2008	0.1200	<0.0030	0.0910	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	18.65	0.7800	0.200	<0.00020	<0.0003	0.124	9.30	7.670	<0.010
16/12/2008	0.2800	<0.0030	0.2000	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	16.50	1.790	0.110	<0.00020	<0.0003	0.018	2.80	11.00	<0.010
19/01/2009	<0.0020	<0.0030	0.0430	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	18.10	0.0400	0.030	<0.00020	<0.0003	0.020	6.00	3.480	<0.010
17/02/2009	0.1900	<0.0030	0.0420	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	16.57	1.210	0.110	<0.00020	<0.0003	0.030	2.40	8.380	<0.010
16/03/2009	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	23.73	0.7800	0.110	<0.00020	<0.0003	0.008	<2.00	8.080	<0.010
22/04/2009	0.0450	<0.0030	0.0350	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	0.80	0.1000	0.100	<0.00020	<0.0003	0.120	<2.00	8.750	<0.010
18/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0530	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	20.72	0.7200	0.080	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	8.900	<0.010
16/06/2009	0.2800	<0.0030	0.0290	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	20.90	0.6300	0.040	<0.00020	<0.0003	0.040	3.60	8.150	<0.010
14/07/2009	0.1350	<0.0030	0.0509	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	20.71	0.5100	0.070	<0.00020	<0.0003	0.043	2.00	10.85	<0.010
24/08/2009	0.2790	<0.0030	0.0070	0.0120	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00200	22.54	0.5100	0.090	<0.00020	<0.0003	0.435	<2.00	12.00	<0.010
22/09/2009	0.6400	<0.0030	0.0730	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0013	<0.00006	24.78	0.6700	0.100	<0.00020	<0.0003	<0.008	6.60	9.690	0.129
19/10/2009	<0.0020	<0.00300	0.0090	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	10.30	0.0700	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.008	5.50	0.480	0.088
16/11/2009	0.5600	<0.00300	0.0500	<0.0070	<0.0020	0.142	<0.0006	<0.00006	28.55	1.034	0.166	<0.00020	<0.00030	0.232	<2.00	12.69	<0.010
09/12/2009	0.2330	<0.00300	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	22.00	1.120	0.140	<0.00020	<0.00030	0.040	<2.00	12.64	<0.010
18/01/2010	0.2130	<0.00300	0.0374	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0019	0.00200	23.44	0.9000	0.140	<0.00020	<0.00030	0.150	<2.00	7.620	<0.010
04/03/2010	1.200	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	20.36	1.8900	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	6.580	<0.010
22/03/2010	0.6000	<0.00300	0.0370	0.604	<0.0010	0.016	<0.0183	0.287	28.43	0.9500	0.14	<0.00020	<0.00030	0.415	<2.00	0.679	<0.010
19/04/2010	0.2720	<0.00300	0.0385	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	21.31	0.8000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.1136	<2.00	7.140	<0.010
19/05/2010	0.2769	<0.00300	0.0403	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	24.44	0.5000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0415	<2.00	3.554	<0.010

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D1-4 Córrego Jequitibá-Mirim: ponte da oficina da Epamig

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
19/05/2008	<0.062	<0.20	4.580	0.420	1.080	6.0	112.80	112.80	137.62	2.60	195.0	5	3.80	6.26	125.6	<0.018	1.52
16/06/2008	<0.062	<0.20	1.940	1.270	5.720	4.0	73.60	73.60	89.79	4.00	140.0	30	3.20	10.30	101.9	<0.018	1.30
14/07/2008	<0.062	<0.20	1.500	1.290	5.020	7.0	64.30	64.30	78.45	3.60	130.0	25	0.90	7.40	79.5	<0.018	5.11
18/08/2008	<0.062	<0.20	1.980	1.710	4.800	7.0	65.80	65.80	80.28	3.50	135.0	60	3.15	<5.00	74.0	<0.018	0.95
15/09/2008	<0.031	<0.20	1.490	0.420	2.360	13.0	68.20	68.20	83.20	3.80	145.0	50	2.90	9.30	60.7	<0.018	2.58
13/10/2008	<0.031	<0.20	1.880	1.480	5.340	12.0	74.10	74.10	90.40	3.00	140.0	50	2.40	25.7	92.7	<0.018	7.83
17/11/2008	<0.031	<0.20	2.053	2.070	4.700	11.0	83.20	83.20	101.50	2.50	155.0	20	2.2	43.00	86.0	<0.018	<0.20
16/12/2008	<0.031	<0.20	1.650	6.810	2.900	8.00	63.60	63.60	77.59	3.00	115.0	250	3.60	26.40	70.1	<0.018	1.79
19/01/2009	<0.031	<0.20	1.277	0.6700	2.400	8.0	43.10	43.10	52.58	8.60	110.0	10	1.90	63.80	60.7	<0.018	<0.20
17/02/2009	<0.031	<0.20	1.770	1.490	3.280	8.0	68.9	68.90	84.06	4.20	225.0	90	1.30	22.20	73.1	<0.018	1.99
16/03/2009	<0.031	<0.20	1.860	0.9600	2.440	11.0	67.80	67.80	82.72	3.50	135.0	50	<0.50	5.70	83.6	<0.018	0.85
22/04/2009	<0.031	<0.20	1.940	1.510	3.200	9.0	65.60	65.60	80.03	3.50	125.0	40	3.60	7.90	93.1	<0.018	<0.20
18/05/2009	<0.031	<0.20	1.700	0.7500	4.190	9.0	70.80	7.80	9.52	3.30	128.90	35	1.60	11.30	97.4	<0.018	<0.20
16/06/2009	<0.031	<0.20	1.880	0.6900	3.000	7.0	72.20	72.20	88.08	2.70	120.00	30	2.10	17.60	70.4	<0.018	<0.20
14/07/2009	<0.031	<0.20	2.350	0.8800	4.420	7.0	69.70	69.70	85.03	6.00	144	30	4.50	5.76	75.0	<0.018	0.58
24/08/2009	<0.031	<0.20	2.360	1.920	4.790	6.0	70.70	70.70	86.25	5.00	136	30.0	2.76	5.00	73.0	<0.018	0.77
22/09/2009	0.40	0.22	2.330	1.185	4.390	8.0	79.10	79.10	96.50	6.30	159	60	23.55	91.39	102.0	<0.018	0.42
19/10/2009	0.27	<0.20	0.740	1.180	1.700	3.0	30.90	30.90	37.70	3.50	63.40	3	1.07	<5.00	37.8	<0.018	0.49
16/11/2009	<0.031	<0.20	2.770	2.343	4.131	3.0	86.40	86.40	105.41	4.30	147.8	50	PADA	39.62	91.2	<0.018	<0.20
09/12/2009	<0.031	<0.20	1.900	1.010	4.150	2.0	77.20	77.20	94.18	3.10	146.2	50	2.81	<5.00	74.2	<0.018	0.38
18/01/2010	<0.031	<0.20	2.400	0.7200	3.410	4.0	75.80	75.80	92.48	3.00	140.0	50	3.48	17.64	76.6	<0.018	<0.20
04/03/2010	<0.031	<0.20	1.850	2.190	2.420	8.0	61.2	61.2	74.66	<2.00	122.5	100	0.6	<5.00	62.3	<0.018	0.364
22/03/2010	<0.031	<0.20	2.410	1.540	3.650	8.0	7.96	7.96	9.71	<2.00	153.9	40	2.83	21.97	76.3	<0.018	0.337
19/04/2010	<0.031	<0.20	2.120	1.136	3.694	5.0	68.7	68.70	83.81	<2.00	130.6	20	2.71	30.89	67.6	<0.018	0.225
19/05/2010	<0.031	<0.20	2.264	1.104	<1.460	8.0	72.70	72.70	88.69	<2.00	138.90	30	3.30	<5.00	74.9	<0.018	0.379

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D1-4 Córrego Jequitibá-Mirim: ponte da oficina da Epamig

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
19/05/2008	6.73	<0.017	<0.056	0.032	0.041	<0.05	6.20	8.4	130.0	2.54	7.90	0.170	<0.02	4.60E+04	15.8	ND
16/06/2008	5.75	0.049	0.16	0.380	0.489	0.38	5.90	<0.1	98.0	13.50	7.80	<0.100	<0.02	4.9E+04	5560.0	ND
14/07/2008	22.62	<0.017	<0.056	0.667	0.859	0.67	5.90	3.3	92.0	11.60	7.30	<0.100	<0.02	8550.0	1119.9	ND
18/08/2008	4.21	0.049	0.16	0.369	0.475	0.37	6.10	0.5	106.0	11.20	7.5	<1.00	<0.02	4430.0	1299.7	ND
15/09/2008	11.42	0.042	0.14	0.330	0.425	0.33	5.40	4.7	116.0	24.20	7.30	<0.100	<0.02	1.50E+05	1.100	ND
13/10/2008	34.66	<0.007	<0.02	0.330	0.425	0.33	5.60	<0.1	110.0	12.70	7.30	<0.100	<0.02	6.30E+04	410.6	ND
17/11/2008	<0.89	0.054	0.18	0.496	0.639	0.5	5.30	<0.1	196.0	6.7	7.50	<0.100	<0.02	2.70E+04	866.4	ND
16/12/2008	7.92	<0.007	<0.02	0.361	0.465	0.36	6.20	11.3	140.0	83.90	7.30	<0.100	<0.02	2.4E+05	3050.0	ND
19/01/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.100	0.129	0.10	6.30	<0.1	134.0	3.54	7.00	<0.100	<0.02	7.710.0	8.60	ND
17/02/2009	8.81	<0.007	<0.02	0.100	0.129	0.10	5.20	1.6	98.0	32.60	7.40	<0.100	<0.02	34000.0	2.230.0	ND
16/03/2009	3.76	0.011	0.04	0.340	0.438	0.340	4.80	<0.1	82.0	17.00	7.20	<0.100	<0.02	2.0E+04	980.4	-
22/04/2009	<0.89	0.012	0.04	0.019	0.024	<0.050	6.30	<0.1	76.0	15.60	7.10	<0.100	<0.02	4.1E+04	0.0	-
18/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.314	0.404	0.314	5.70	<0.1	72.0	13.90	7.50	<0.100	<0.02	3.1E+04	2700	DEQA
16/06/2009	<0.89	0.018	0.06	0.252	0.325	0.252	5.10	<0.1	82.0	8.30	7.40	<0.100	<0.02	4.3E+04	4.1E+03	DEQA
14/07/2009	2.57	<0.007	<0.02	0.899	1.158	0.899	4.90	<0.1	96.0	5.80	7.23	<0.100	<0.02	5.5E+04	7.1E+03	ND
24/08/2009	3.41	<0.007	<0.02	0.620	0.798	0.620	5.30	<0.1	116.0	8.40	7.45	0.150	<0.02	5.5E+04	28.5	ND
22/09/2009	1.86	0.072	0.24	1.46	1.880	1.680	4.90	0.8	132.0	21.90	7.55	0.120	<0.02	2.4E+05	119.9	ND
19/10/2009	2.17	<0.007	<0.02	0.332	0.428	0.332	5.90	4.7	64.0	0.70	7.4	<0.100	<0.02	2.4E+05	<1.0	DEQA
16/11/2009	<0.89	<0.007	<0.02	0.425	0.547	0.425	5.10	<0.1	104.0	8.90	7.43	0.170	<0.02	2.6E+04	3640.0	DEQA
09/12/2009	1.68	<0.007	<0.02	0.507	0.653	0.507	6.00	0.6	128.0	18.90	7.43	<0.100	<0.02	9.8E+04	2.2E+04	DEQA
18/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	0.681	0.877	0.681	6.00	0.4	84.0	12.50	7.800	0.120	<0.02	>2.4E+5	2.0E+03	DEQA
04/03/2010	1.61	<0.007	<0.02	0.051	0.066	0.051	6.20	4.7	104	71.9	7.470	<0.100	<0.02	6.1E+04	3130	DEQA
22/03/2010	1.49	0.018	0.06	0.507	0.653	0.507	6.1	<0.1	120	14.3	7.430	0.11	<0.02	>2.4E+05	2.9E+04	DEQA
19/04/2010	1.00	0.019	0.06	0.342	0.440	0.342	5.10	<0.1	44.0	8.4	7.350	0.15	<0.02	1.8E+04	235	DEQA
19/05/2010	1.68	<0.007	<0.02	0.332	0.428	0.332	5.90	0.2	12.0	5.60	7.240	0.17	<0.02	>2419.6	>2419.6	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D1-6 Córrego Forquilha: ponte sede da Epamig

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
15/09/2008	0.0210	<0.0030	0.0970	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	53.60	0.0380	0.020	<0.00020	<0.0003	0.019	8.80	8.225	<0.010
13/10/2008	0.0070	<0.0030	0.0190	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	21.36	<0.0390	0.100	<0.00020	<0.0003	<0.008	2.40	4.054	<0.010
17/11/2008	0.0300	<0.0030	0.0360	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	31.36	0.1500	0.040	<0.00020	<0.0003	0.102	6.40	7.720	<0.010
16/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1700	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.40	0.4500	0.080	<0.00020	<0.0003	0.021	3.60	10.92	<0.010
19/01/2009	0.0600	<0.0030	0.1000	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	23.00	1.050	0.130	<0.00020	<0.0003	0.060	<2.00	5.980	<0.010
17/02/2009	0.1370	<0.0030	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0050	<0.00006	44.75	0.3400	0.030	<0.00020	<0.0003	0.020	5.20	4.750	<0.010
16/03/2009	0.2540	<0.0030	0.0775	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.65	0.1900	0.040	<0.00020	<0.0003	0.012	<2.00	5.160	<0.010
22/04/2009	0.1500	<0.0030	0.0250	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	45.70	0.2600	0.040	<0.00020	<0.0003	0.310	<2.00	6.470	<0.010
18/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0420	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.64	0.1700	0.030	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	6.700	<0.010
16/06/2009	0.0460	<0.0030	0.0190	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	42.50	0.2100	0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	2.80	5.870	<0.010
14/07/2009	0.1270	<0.0030	0.0349	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	0.00650	44.52	0.1800	0.030	<0.00020	<0.0003	0.073	2.00	3.000	<0.010
24/08/2009	0.0290	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	55.50	0.1200	0.020	<0.00020	<0.0003	0.058	<2.00	5.800	<0.010
22/09/2009	0.0020	<0.0030	0.0500	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	42.75	0.1300	0.040	<0.00020	<0.0003	<0.008	5.10	6.800	<0.010
19/10/2009	0.0730	<0.00300	0.0286	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0046	0.0022	PADA	0.3100	0.070	<0.00020	<0.00030	0.140	12.20	6.090	<0.010
16/11/2009	0.0980	<0.00300	0.0270	0.0480	<0.0020	0.030	<0.0006	<0.00006	44.13	0.4090	0.095	<0.00020	<0.00030	0.106	<2.00	9.390	<0.010
09/12/2009	0.2550	<0.00300	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.01000	32.00	0.4200	0.030	<0.00020	<0.00030	0.030	<2.00	10.10	<0.010
18/01/2010	0.1900	<0.00300	0.0205	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0017	<0.00006	46.61	0.3900	0.090	<0.00020	<0.00030	1.140	<2.00	7.870	<0.010
Data																	
22/03/2010	0.0410	<0.00300	0.0140	0.031	<0.0010	0.0093	<0.0183	0.0021	48.69	0.2600	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.24	<2.00	6.583	<0.010
19/04/2010	<0.0742	<0.00300	0.0197	0.0435	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.01114	47.10	0.2400	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0892	<2.00	5.380	<0.010
19/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0275	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	48.90	0.3100	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0291	<2.00	<1.460	0.173

PADA – Perda da amostra durante a análise



Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D1-6 Córrego Forquilha: ponte sede da Epamig

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
15/09/2008	<0.031	<0.20	0.410	1.610	1.230	14.0	68.70	68.70	83.81	5.10	145.0	50	4.80	6.70	69.7	<0.018	2.21
13/10/2008	<0.031	<0.20	1.560	0.5900	2.120	36.0	62.10	62.10	75.76	3.10	120.0	5	2.70	13.4	85.1	<0.018	7.88
17/11/2008	<0.031	<0.20	1.551	0.8600	2.700	81.0	121.30	121.30	147.99	2.40	200.0	20	2.8	51.90	134.7	<0.018	<0.20
16/12/2008	<0.031	<0.20	1.650	0.6300	1.700	18.0	121.40	121.40	148.11	2.80	200.0	15	2.30	8.90	137.4	<0.018	2.25
19/01/2009	<0.031	<0.20	1.953	1.610	3.000	8.0	65.90	65.90	80.40	3.70	130.0	50	3.00	109.80	69.7	<0.018	<0.20
17/02/2009	<0.031	<0.20	1.580	0.8600	1.270	9.0	90.6	90.6	110.53	7.30	200.0	25	2.40	16.70	121.7	<0.018	1.98
16/03/2009	<0.031	<0.20	1.410	0.6100	<1.000	14.0	109.60	109.60	133.71	3.50	220.0	20	<0.50	6.40	148.3	<0.018	1.04
22/04/2009	<0.031	<0.20	1.470	0.7600	1.600	18.0	105.10	105.10	128.22	9.00	210.0	25	4.10	5.90	147.5	<0.018	<0.20
18/05/2009	<0.031	<0.20	1.380	0.4300	1.290	9.0	117.40	117.40	143.23	3.70	226.10	10	2.20	5.00	146.8	<0.018	0.20
16/06/2009	<0.031	<0.20	1.460	0.3200	1.400	10.0	117.80	117.80	143.72	2.60	195.00	10	1.00	20.60	135.5	<0.018	<0.20
14/07/2009	<0.031	<0.20	1.650	0.5600	1.300	5.0	116.30	116.30	141.89	4.00	218	10	0.75	5.00	136.0	<0.018	<0.20
24/08/2009	<0.031	<0.20	1.790	0.4600	2.670	3.0	124.10	124.10	151.40	3.00	203	5.0	2.65	7.68	129.0	<0.018	0.20
22/09/2009	<0.031	<0.20	1.650	0.3500	1.650	9.0	43.70	43.70	53.31	2.40	217	2.5	2.67	43.79	134.4	<0.018	<0.20
19/10/2009	<0.031	<0.20	2.160	0.710	2.100	11.0	116.20	116.20	141.76	2.60	211.0	20	1.74	<5.00	132.4	<0.018	0.29
16/11/2009	<0.031	<0.20	1.764	1.376	1.771	3.0	105.60	105.60	128.83	3.40	197.0	25	4.12	8.76	130.6	<0.018	<0.20
09/12/2009	<0.031	<0.20	1.400	0.6300	1.360	1.0	94.60	94.60	115.41	3.70	189.6	30	2.01	<5.00	106.8	<0.018	0.41
18/01/2010	<0.031	<0.20	1.630	0.5400	1.350	3.0	114.50	114.50	139.69	2.40	215.0	15	2.17	9.95	115.9	<0.018	<0.20
Data																	
22/03/2010	<0.031	<0.20	1.700	0.7669	1.760	12.0	121.5	121.5	148.23	<2.00	231.8	2.5	<0.50	AFRS	132.1	<0.018	0.293
19/04/2010	<0.031	<0.20	1.678	0.8696	1.781	7.0	43.8	43.8	53.44	<2.00	163.5	43.8	3.49	58.89	134.1	<0.018	0.235
19/05/2010	0.54	<0.20	1.698	0.5316	<1.460	11.0	124.90	124.90	152.38	<2.00	235.50	5.0	5.07	12.70	134.5	<0.018	0.206

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D1-6 Córrego Forquilha: ponte sede da Epamig

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
15/09/2008	9.78	0.041	0.13	0.373	0.480	0.37	6.30	3.4	96.0	10.40	7.20	<0.100	<0.02	1.1.E+05	1.00E+03	ND
13/10/2008	34.88	<0.007	<0.023	0.257	0.331	0.26	6.30	1.9	86.0	0.36	6.60	<0.100	<0.02	4.950	13.2	ND
17/11/2008	<0.89	<0.007	<0.023	0.212	0.273	0.21	6.10	0.2	124.0	0.9	7.70	0.120	<0.02	1.6E+04	16.0	ND
16/12/2008	9.96	0.019	0.06	0.154	0.198	0.15	6.30	<0.1	148.0	5.08	7.80	0.140	<0.02	2.5E+0	32.8	ND
19/01/2009	<0.89	0.019	0.06	0.282	0.363	0.28	6.30	1.5	124.0	23.10	7.50	<0.100	<0.02	2.1E+04	1119.9	ND
17/02/2009	8.76	<0.007	<0.023	0.028	0.036	<0.05	6.10	17.6	40.0	6.89	7.30	<0.100	<0.02	51000.0	43.1	ND
16/03/2009	4.60	<0.007	<0.023	0.303	0.390	0.303	5.60	14.5	<2.0	4.12	7.70	0.120	<0.02	3.9E+04	151.5	
22/04/2009	<0.89	0.055	0.18	<0.011	<0.014	<0.05	6.30	12.4	138.0	3.29	7.50	<0.100	<0.02	2.4E+05	1203.3	
18/05/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.318	0.410	0.318	6.20	12.8	118.0	2.37	7.70	0.130	<0.02	4.9E+04	410.0	DEQA
16/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.302	0.389	0.302	6.00	10.1	112.0	2.04	7.50	0.110	<0.02	5.7E+03	1.0E+02	DEQA
14/07/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.202	0.260	0.202	6.30	9.8	136.0	2.30	7.70	0.100	<0.02	1.3E+04	2.4E+03	ND
24/08/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.077	0.099	0.077	6.40	0.7	156.0	1.31	7.91	0.260	<0.02	1.9E+04	28.8	ND
22/09/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.175	0.225	0.175	6.50	<0.1	152.0	1.90	8.07	0.150	<0.02	2.4E+05	1600.0	ND
19/10/2009	1.28	0.019	0.06	0.218	0.281	0.218	6.20	<0.1	196.0	3.20	7.67	0.150	<0.02	2.1E+04	88.2	DEQA
16/11/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.281	0.362	0.281	6.40	<0.1	144.0	2.80	7.65	0.140	<0.02	4.5E+04	28.5	DEQA
09/12/2009	1.81	<0.007	<0.023	0.195	0.251	0.195	6.30	<0.1	132.0	5.60	7.49	0.14	<0.02	1.9E+04	200.0	DEQA
18/01/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.589	0.759	0.589	6.10	<0.1	128.0	1.30	7.80	<0.100	<0.02	3.9E+04	100.0	DEQA
Data																
22/03/2010	1.30	<0.007	<0.023	0.282	0.363	0.282	6.5	<0.1	156.0	2.3	7.73	0.24	<0.02	1.4E+04	29.5	DEQA
19/04/2010	1.04	<0.007	<0.023	0.38	0.489	0.380	6.50	3.8	132.0	1.2	6.85	0.16	<0.02	2.8E+04	151.5	DEQA
19/05/2010	0.91	<0.007	<0.023	0.238	0.306	0.238	6.60	<0.1	140.0	<0.29	7.56	0.16	<0.02	>2419.6	387.3	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D2-1 Rio Jequitibá: ponte fazenda Monjolos

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
20/05/2008	0.0440	0.0096	0.1100	0.0520	<0.0020	0.068	<0.0006	0.075	28.50	1.330	0.220	<0.00020	<0.0003	0.114	18.40	14.900	0.703
17/06/2008	0.4000	<0.0030	0.0320	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.02	0.0027	50.66	1.390	0.170	<0.00020	<0.0003	0.120	9.60	7.310	0.806
15/07/2008	2.1000	<0.0030	0.0422	0.1200	<0.0020	0.010	<0.0006	0.03400	45.58	1.290	0.130	<0.00020	<0.0003	0.149	18.00	1.150	1.027
19/08/2008	0.1900	<0.0030	0.1300	<0.007	<0.0020	0.087	0.014	0.00100	64.15	2.2	0.24	<0.00020	<0.0003	0.22	18	19.68	2.310
16/09/2008	4.7000	<0.0030	0.1900	0.0250	<0.0020	0.08	<0.0006	<0.00006	56.90	1.760	0.170	<0.00020	<0.0003	0.190	15.20	31.91	2.037
14/10/2008	0.7600	<0.003	0.0410	0.008	0.005	<0.010	0.008	<0.00006	40.00	0.92	0.23	<0.0002	<0.0003	0.14	7.60	17.75	2.70
18/11/2008	2.0000	0.1256	0.1300	0.014	<0.0020	0.020	<0.0006	<0.00006	81.25	12.38	0.360	<0.00020	<0.0003	0.137	<2.00	7.910	<0.010
17/12/2008	4.920	<0.0030	0.3500	0.0310	<0.0020	0.350	0.0030	<0.00006	26.13	3.170	0.280	<0.00020	<0.0003	0.200	3.20	7.740	0.735
20/01/2009	1.900	0.0062	0.0790	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0010	0.00150	43.60	2.380	0.310	<0.00020	<0.0003	0.120	5.20	6.470	1.474
18/02/2009	0.5500	<0.0030	0.0390	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	39.19	1.240	0.080	<0.00020	<0.0003	0.033	5.60	9.910	<0.010
17/03/2009	0.1340	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	33.89	1.190	0.430	<0.00020	<0.0003	0.034	6.00	6.430	0.282
23/04/2009	0.2800	<0.0030	0.0340	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	41.70	1.120	0.150	<0.00020	<0.0003	0.360	<2.00	9.130	0.420
19/05/2009	0.1800	<0.0030	0.0780	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	44.00	1.120	0.380	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	7.410	0.641
17/6/2009	0.1300	<0.0030	0.0330	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	40.59	1.000	0.210	<0.00020	<0.0003	0.050	4.40	10.40	0.693
13/07/2009	0.2920	<0.0030	0.0992	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	0.00079	42.37	1.300	0.140	<0.00020	<0.0003	0.314	3.50	12.00	0.086
25/08/2009	0.7600	<0.0030	0.1140	<0.0070	<0.0020	0.020	0.0012	0.00180	49.38	3.290	0.210	<0.00020	<0.0003	0.195	8.30	9.000	0.321
21/09/2009	0.9400	<0.0030	0.0650	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.60	0.9700	0.200	<0.00020	<0.0003	0.150	7.70	12.80	1.242
20/10/2009	1.500	<0.0030	0.0480	0.0170	<0.0020	<0.010	0.0030	0.0020	34.79	2.590	0.300	<0.00020	<0.00030	0.286	12.00	9.060	0.612
17/11/2009	0.2600	0.0040	0.0490	0.1061	<0.0020	0.457	<0.0006	0.00988	45.59	0.952	0.323	<0.00020	<0.00030	3.613	7.30	12.57	0.494
10/12/2009	1.010	<0.00300	0.0610	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00100	25.70	2.080	0.210	<0.00020	<0.00030	0.180	4.30	10.44	<0.010
19/01/2010	0.2760	<0.00300	0.1060	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00180	42.31	1.060	0.130	<0.00020	<0.00030	0.260	4.00	10.40	<0.010
03/03/2010	1.160	<0.00300	0.04	0.0129	0.0038	0.0091	<0.0183	<0.00100	26.37	1.490	0.21	<0.00020	<0.00030	1.071	2.6	11.29	0.359
24/03/2010	0.1820	<0.00300	0.0360	0.061	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.01927	39.09	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0948	2.2	10.100	0.312
27/04/2010	0.4819	0.0086	0.0365	0.0418	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.01158	42.41	1.090	0.42	<0.00020	<0.00030	0.3696	<2.00	11.00	0.217
18/05/2010	0.2346	<0.00300	0.0411	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	42.71	1.450	0.270	<0.00020	<0.00030	0.1041	7.10	20.08	1.050

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D2-1 Rio Jequitibá: ponte fazenda Monjolos

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
20/05/2008	2.18	6.50	2.810	4.160	65.700	16.0	224.60	224.60	274.01	33.40	450.0	80	48.60	62.36	140.9	<0.018	1.57
17/06/2008	2.50	<0.20	3.200	4.040	87.590	20.0	247.70	247.70	302.19	38.40	500.0	50	29.60	79.90	277.6	<0.018	2.13
15/07/2008	3.18	<0.20	2.120	8.350	114.000	20.0	283.90	283.90	346.36	30.00	620.0	50	66.30	112.70	162.8	<0.018	4.85
19/08/2008	7.16	1.68	6.47	21.42	207	30.0	473.00	473.00	577.06	100.00	1230.0	200	PADA	158.14	170.0	0.052	308.00
16/09/2008	6.31	0.67	3.980	10.10	73.550	36.0	301.50	301.50	367.83	46.40	640.0	80	39.00	83.00	181.1	<0.018	5.45
14/10/2008	8.37	1.8	6.2	20.50	223.6	48.0	503.20	503.20	613.90	109.10	1300.0	250	9.10	104.3	253.8	<0.018	80.78
18/11/2008	<0.031	0.22	3.062	5.090	1.300	30.0	150.0	150.00	183.00	20.80	380.0	40	18.90	33.80	131.5	<0.018	<0.20
17/12/2008	2.28	2.52	1.650	14.82	4.500	13.0	85.30	85.30	104.07	19.0	190.0	200	68.2	215.00	128.8	<0.018	2.22
20/01/2009	4.57	2.19	3.193	10.20	4.000	20.0	221.80	221.80	270.60	27.40	480.0	120	89.50	179.50	162.8	<0.018	0.98
18/02/2009	<0.031	0.62	2.240	3.060	13.180	9.0	112.90	112.90	137.74	12.50	245.0	50	68.20	97.90	111.9	<0.018	2.23
17/03/2009	0.87	0.50	1.93	2.770	11.420	17.0	98.70	98.70	120.41	10.10	240.0	80	14.10	23.30	115.5	<0.018	1.46
23/04/2009	1.30	0.45	2.590	4.530	3.200	16.0	107.90	107.90	131.64	33.00	370.0	60	29.10	38.50	201.8	<0.018	<0.20
19/05/2009	1.99	0.56	2.570	3.860	25.400	18.0	167.80	167.80	204.72	29.60	384.00	50	13.20	92.4	150.0	<0.018	<0.20
17/6/2009	2.15	0.84	2.750	7.50	60.850	23.0	244.30	244.30	298.05	47.60	480.00	50	18.30	117.80	164.8	<0.018	<0.20
13/07/2009	0.27	1.69	2.360	6.82	39.000	1.4	199.60	199.60	243.51	18.40	426.00	60	19.20	34.34	176.6	<0.018	<0.20
25/08/2009	0.99	0.84	3.110	6.140	17.460	21.0	153.20	153.20	186.90	16.00	298	80	25.85	73.70	123.0	<0.018	0.35
21/09/2009	3.85	3.64	2.970	13.06	67.050	38.0	230.80	230.80	281.58	73.30	559	60	25.26	93.29	264.4	<0.018	0.32
20/10/2009	1.90	1.96	2.620	5.260	18.840	8.0	114.90	114.90	140.18	14.60	254.5	160	27.16	35.50	54.9	<0.018	0.42
17/11/2009	1.53	2.41	3.364	7.361	33.120	10.2	196.50	196.50	239.73	18.70	407.0	70	10.03	18.29	140.0	<0.018	0.32
10/12/2009	<0.031	0.40	1.940	1.900	10.400	6.0	102.70	102.70	125.29	7.60	235.5	200	6.94	27.17	107.5	<0.018	0.78
19/01/2010	<0.031	0.39	3.000	2.400	27.700	20.2	155.10	155.10	189.22	16.90	340.0	50	7.57	18.06	118.9	<0.018	<0.20
03/03/2010	1.11	0.95	1.700	3.820	7.330	13.0	74.6	74.60	91.01	5.6	166.2	200	9.61	61.97	70.8	<0.018	0.688
24/03/2010	0.97	0.4	3.020	7.418	39.23	16.0	163.3	163.30	199.23	37.05	463	40	AFRS	AFRS	129.2	<0.018	0.792
27/04/2010	0.67	1.23	2.873	6.774	41.04	22.0	236.4	236.40	288.41	21.2	488	60	13.28	23.35	140.8	<0.018	<0.200
18/05/2010	3.25	1.29	3.812	16.420	94.18	34.0	347.60	347.60	424.07	53.50	877.00	200	5.89	5.98	126.2	<0.018	0.412

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D2-1 Rio Jequitibá: ponte fazenda Monjolos

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
20/05/2008	6.95	<0.017	<0.056	9.520	12.260	16.02	<0.50	27.4	366.0	35.80	7.50	0.170	<0.02	1.8E+06	3.6E+05	ND
17/06/2008	9.43	<0.017	<0.056	8.340	10.740	9.35	<0.50	58.2	382.0	27.50	7.60	0.160	<0.02	1.3E+05	1.7E+04	ND
15/07/2008	21.47	<0.017	<0.056	9.580	12.337	14.90	<0.5	106.7	496.0	59.10	7.70	0.130	<0.02	5.5E+05	1.1E+05	ND
19/08/2008	1363.39	<0.017	<0.056	20.66	26.606	22.34	<0.50	173.5	892.0	89.00	7.80	0.19	<0.02	1.9E+07	3.20E+06	ND
16/09/2008	24.12	<0.017	<0.056	14.28	18.390	14.95	<0.50	34.4	444.0	52.30	7.50	0.170	<0.02	1.1E+07	2.90E+07	ND
14/10/2008	357.58	<0.007	<0.02	24.3	31.294	26.1	10.10	142.7	824.0	130	7.60	0.18	<0.02	AVRR	AVRR	
18/11/2008	<0.89	0.020	0.07	10.14	13.058	10.36	0.50	28.7	244.0	88.40	7.30	0.14	<0.02	2.5E+05	1.0E+04	
17/12/2008	9.83	0.018	0.06	4.48	5.769	7.00	4.90	34.2	156.0	468	7.30	0.180	<0.02	5.5E+06	8.8E+05	ND
20/01/2009	4.34	<0.007	<0.02	7.78	10.019	9.97	3.90	<0.1	384.0	104.00	7.60	0.160	<0.02	6.5E+06	9.9E+05	ND
18/02/2009	9.87	<0.007	<0.02	3.36	4.327	3.98	0.50	28.4	170.0	86.30	7.30	0.140	<0.02	4.1E+04	1986.30	ND
17/03/2009	6.46	0.073	0.24	5.99	7.714	6.496	<0.50	18.1	142.0	33.50	7.40	0.140	<0.02	1.10E+05	1.3E+04	-
23/04/2009	<0.89	0.108	0.35	8.51	10.959	8.960	3.20	25.9	244.0	44.00	7.30	0.140	<0.02	5.8E+04	9600.0	-
19/05/2009	<0.89	0.012	0.04	11.76	15.145	12.320	<0.50	12.0	214.0	18.70	7.60	0.130	<0.02	9.6E+05	3.2E+04	DEQA
17/6/2009	<0.89	<0.007	<0.02	10.53	13.561	11.370	<0.50	19.8	400.0	13.00	7.50	0.140	<0.02	2.7E+06	6.5E+04	DEQA
13/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	9.30	11.977	10.980	1.20	15.6	332.0	31.10	7.63	0.180	<0.02	1.2E+05	1.3E+04	ND
25/08/2009	1.55	<0.007	<0.02	9.46	12.183	10.300	2.90	25.7	202.0	81.00	7.52	0.180	<0.02	2.2E+06	501.2	ND
21/09/2009	1.42	<0.007	<0.02	10.25	13.200	13.890	1.80	17.6	728.0	12.20	7.20	0.600	<0.02	9850.0	228.2	ND
20/10/2009	1.86	0.037	0.12	3.98	5.125	5.940	2.10	23.3	260.0	59.90	7.49	0.200	<0.02	3.8E+05	7.5E+04	DEQA
17/11/2009	1.42	0.011	0.04	10.75	13.844	13.160	4.00	1.9	316.0	10.60	7.51	0.150	<0.02	2.4E+05	6.9E+04	DEQA
10/12/2009	3.45	0.090	0.30	2.46	3.168	2.860	5.10	20.3	172.0	104.00	7.34	0.140	<0.02	>2419.6	2.1E+02	DEQA
19/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	4.37	5.628	4.76	4.80	5.7	228	21.80	7.800	0.230	<0.02	6.1E+04	7.3E+03	DEQA
03/03/2010	3.05	0.100	0.33	1.74	2.241	2.690	5.00	8.7	120	672	7.310	0.690	<0.02	4.1E+05	4.0E+04	DEQA
24/03/2010	3.51	0.132	0.43	3.02	3.889	3.420	4.1	20.6	316	14.1	7.680	0.16		1.6E+05	9840	DEQA
27/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	7.00	9.015	8.230	3.40	15.1	336.0	11.7	7.550	0.19	<0.02	1.7	4.4E+04	DEQA
18/05/2010	1.82	<0.007	<0.02	10.53	13.561	11.82	3.40	71.5	632.0	10.50	7.600	<0.13	<0.02	4.6E+06	4.2E+05	DEQA

AVRR– Amostra vencida

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D2-2 Ribeirão Matadouro: ponte no bairro Areias

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	SiO <sub>2</sub>	Fosfato
20/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.1300	<0.0070	<0.0020	0.01300	<0.0006	<0.00006	32.90	1.090	0.300	<0.00020	<0.0003	0.081	41.20	24.00	1.965
17/06/2008	0.3200	<0.0030	0.0430	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0050	0.00230	38.30	2.120	0.270	<0.00020	<0.0003	0.250	61.60	30.41	2.063
15/07/2008	<0.0020	<0.0030	0.0860	0.0160	<0.0020	0.010	0.00130	0.00290	55.38	1.180	0.310	<0.00020	<0.0003	0.155	34.00	29.60	2.428
19/08/2008	2.700	<0.0030	0.1200	<0.007	<0.0020	0.029	0.004	<0.00006	42.05	1.7	0.19	<0.00020	<0.0003	0.147	10	2.530	1.422
16/09/2008	9.8000	<0.0030	0.1800	0.0080	<0.0020	0.13000	<0.0006	<0.00006	67.00	2.010	0.190	<0.00020	<0.0003	0.240	19.60	6.071	2.560
14/10/2008	0.8000	<0.003	0.0040	<0.007	<0.002	<0.010	<0.0006	<0.00006	44.20	1.21	0.190	<0.0002	<0.0003	0.140	4.00	24.23	2.570
18/11/2008	0.7500	<0.0030	0.0500	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	37.45	1.640	0.150	<0.00020	<0.0003	0.132	<2.00	7.540	<0.010
17/12/2008	4.200	<0.0030	0.2900	0.0220	<0.0020	0.011	<0.0006	<0.00006	35.20	2.340	0.250	<0.00020	<0.0003	0.200	7.60	10.48	0.705
20/01/2009	1.100	0.0063	0.1100	<0.0070	<0.0020	0.030	0.0010	<0.00006	38.30	1.100	0.140	<0.00020	<0.0003	0.080	8.40	10.25	0.309
18/02/2009	0.2100	<0.0030	0.0390	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0060	<0.00006	36.97	1.090	0.130	<0.00020	<0.0003	0.058	5.60	9.470	<0.010
17/03/2009	0.0230	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	44.46	0.9700	0.180	<0.00020	<0.0003	0.124	6.80	10.81	0.637
23/04/2009	0.2400	<0.0030	0.0300	0.0270	<0.0020	0.180	0.0050	0.00520	37.50	0.9400	0.180	<0.00020	<0.0003	0.340	<2.00	13.88	0.893
19/05/2009	0.2900	<0.0030	0.1060	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.50	1.290	0.240	<0.00020	<0.0003	0.060	<2.00	14.00	1.006
17/6/2009	0.2600	0.0037	0.0380	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0060	<0.00006	42.80	1.110	0.220	<0.00020	<0.0003	0.040	8.40	23.05	1.127
13/07/2009	1.420	0.0030	0.1104	<0.0070	<0.0020	0.060	0.0006	0.01199	44.64	1.840	0.190	<0.00020	<0.0003	0.329	10.00	14.00	0.064
25/08/2009	1.590	<0.0030	0.1430	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0031	<0.00006	59.22	2.500	0.250	<0.00020	<0.0003	<0.008	15.70	25.00	0.434
21/09/2009	0.7600	<0.0030	0.0620	0.0110	<0.0020	0.010	0.0018	0.00110	55.74	1.440	0.220	<0.00020	<0.0003	0.190	14.00	22.61	2.784
20/10/2009	2.000	<0.0030	0.0670	0.0130	<0.0020	<0.010	0.0020	<0.00006	29.32	2.580	0.300	<0.00020	<0.00030	0.109	10.70	11.92	0.828
17/11/2009	0.8500	<0.00300	0.0530	0.0168	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00260	37.42	0.951	0.317	<0.00020	<0.00030	0.303	6.30	12.39	0.952
10/12/2009	0.7900	<0.00300	0.0490	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.01300	26.10	1.100	0.090	<0.00020	<0.00030	0.090	2.00	7.470	<0.010
19/01/2010	0.3150	<0.00300	0.0849	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.01300	41.93	0.940	0.150	<0.00020	<0.00030	0.130	4.30	10.73	<0.010
03/03/2010	1.400	<0.00300	0.026	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	31.47	0.7800	0.1	<0.00020	<0.00030	0.36	2.1	4.890	0.239
24/03/2010	<0.0020	<0.00300	0.0360	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	39.15	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.082	2.00	7.743	0.361
27/04/2010	0.9825	0.0069	0.0388	0.0045	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.84	1.290	0.28	<0.00020	<0.00030	0.0747	4.3	14.51	0.306
18/05/2010	1.0197	<0.00300	0.4120	0.0493	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.0012	42.79	1.600	0.250	<0.00020	<0.00030	0.3031	6.20	16.01	1.029

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D2-2 Ribeirão Matadouro: ponte no bairro Areias

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
20/05/2008	6.09	8.01	4.570	5.580	69.300	25.0	361.50	361.50	441.03	84.30	800.0	200	83.60	111.00	156.1	<0.018	14.50
17/06/2008	6.39	5.27	5.780	4.040	87.590	31.0	423.60	423.60	516.79	79.30	950.0	120	115.60	251.20	345.6	0.023	9.26
15/07/2008	7.52	<0.20	3.870	14.10	208.900	32.0	396.10	396.10	483.24	98.50	1000.0	160	74.20	152.70	253.4	<0.018	67.50
19/08/2008	4.41	1.51	5.62	17.72	173.65	12.0	300.70	300.70	366.85	2.70	660.0	200	PADA	27.00	151.0	<0.018	7.35
16/09/2008	7.93	3.7	7.630	23.10	199.8	62.0	558.70	558.70	681.61	124.10	1300.0	250	121.10	304.60	334.2	<0.018	56.20
14/10/2008	7.96	0.95	6.1	22.00	214.5	51.0	498.40	498.40	608.05	113.90	1300.0	250	9.20	758.0	271.2	<0.018	77.45
18/11/2008	<0.031	<0.20	1.911	5.090	1.200	19.0	127.0	127.00	154.94	24.50	310.0	100	23.60	30.00	91.6	<0.018	<0.20
17/12/2008	2.18	0.84	1.850	14.89	4.500	15.0	73.10	73.10	89.18	26.0	205.0	250	4.9	86.90	116.2	<0.018	2.02
20/01/2009	0.96	0.39	2.326	4.700	4.000	9.0	134.70	134.70	164.33	14.30	290.0	40	68.70	176.90	118.5	<0.018	1.14
18/02/2009	<0.031	0.7	2.670	4.750	24.80	15.0	138.30	138.30	168.73	16.60	310.0	40	41.80	82.30	107.9	<0.018	2.14
17/03/2009	1.97	3.58	3.31	7.530	48.75	18.0	161.20	161.20	196.66	53.80	480.0	60	27.80	35.10	136.6	<0.018	3.62
23/04/2009	2.77	1.07	3.290	6.930	3.200	4.0	345.10	345.10	421.02	45.50	630.0	80	51.90	177.20	230.0	<0.018	<0.20
19/05/2009	3.12	0.39	3.830	9.590	76.15	25.0	226.20	226.20	275.96	80.80	630.00	90	22.10	79.0	282.2	<0.018	<0.20
17/6/2009	3.49	3.36	4.360	15.73	114.0	27.0	353.70	353.70	431.51	75.50	760.00	90	70.30	501.20	202.6	<0.018	<0.20
13/07/2009	0.20	1.62	3.000	11.12	53.90	2.2	208.30	208.30	254.13	32.10	522.00	100	68.70	152.64	180.2	<0.018	<0.20
25/08/2009	1.34	3.80	4.760	14.96	74.65	22.0	279.70	279.70	341.23	47.00	599	100	86.11	138.95	158.0	<0.018	0.25
21/09/2009	8.63	7.05	4.920	20.99	97.10	40.0	342.10	342.10	417.36	76.40	749	100	58.25	95.96	190.8	<0.018	0.33
20/10/2009	2.57	0.56	2.470	6.050	15.850	8.0	94.40	94.40	115.17	17.10	222.1	400	1.96	26.16	59.6	<0.018	0.53
17/11/2009	2.95	1.52	3.022	10.35	49.050	9.7	205.50	205.50	250.71	15.60	421.0	80	32.41	55.24	122.8	<0.018	0.38
10/12/2009	<0.031	0.84	2.700	5.000	30.800	7.0	173.10	173.10	211.18	17.50	371	80	10.81	41.99	119.6	<0.018	0.85
19/01/2010	<0.031	1.28	3.820	9.500	96.300	18.0	239.40	239.40	292.07	43.50	570.0	50	10.61	35.76	125.5	<0.018	<0.20
03/03/2010	0.74	1.35	2.060	5.220	16.46	8.0	108.2	108.20	132.00	11.5	249.1	200	6.87	30.98	92.8	<0.018	0.587
24/03/2010	1.12	0.56	3.080	7.340	39.96	9.0	164.4	164.40	200.57	35	465	40	15.82	20.83	127.8	<0.018	0.73
27/04/2010	0.95	2.97	3.921	14.64	79.14	60.0	334.9	334.90	408.58	64.55	867	300	18.94	54.01	145	<0.018	<0.20
18/05/2010	3.19	1.06	3.845	16.62	94.89	15.0	356.70	356.70	435.17	49.60	866.00	200	50.36	100.16	136.8	<0.018	0.401

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.9 Continuação

Ponto S3D2-2 Ribeirão Matadouro: ponte no bairro Areias

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
20/05/2008	64.19	<0.017	<0.056	16.46	21.197	24.47	<0.50	18.9	616.0	71.00	7.30	0.240	<0.02	2.0E+07	3.0E+06	ND
17/06/2008	40.99	<0.017	<0.056	16.46	21.197	21.73	<0.50	76.2	730.0	74.50	7.50	0.190	<0.02	3.9E+08	5.6E+07	ND
15/07/2008	298.80	<0.017	<0.056	21.28	27.404	24.81	<0.5	174.0	668.0	119.00	7.60	0.210	<0.02	2.4E+07	6.5E+06	ND
19/08/2008	32.54	<0.017	<0.056	10.14	13.058	11.65	<0.50	90.4	470.0	48.00	8.00	0.14	<0.02	2.6E+05	4.10E+04	ND
16/09/2008	248.77	<0.017	<0.056	24.64	31.731	28.34	<0.50	102.4	328.0	122.00	7.60	0.270	<0.02	1.8E+08	4.80E+07	ND
14/10/2008	342.84	<0.007	<0.02	22.51	28.988	23.46	10.10	141.4	846.0	107	7.60	0.18	<0.02	AVRR	AVRR	
18/11/2008	<0.89	0.158	0.52	7.11	9.156	7.22	0.50	42.5	232.0	35.00	7.90	0.21	<0.02	1.1E+06	9.8E+04	
17/12/2008	8.94	<0.007	<0.02	4.37	5.628	5.21	5.20	27.5	168.0	528	7.00	0.150	<0.02	2.7E+06	4.3E+05	ND
20/01/2009	5.05	<0.007	<0.02	6.55	8.435	6.94	4.10	<0.1	204.0	204.00	7.60	0.140	<0.02	>2.4E+05	6.5E+04	ND
18/02/2009	9.47	<0.007	<0.02	4.09	5.267	4.80	0.90	16.3	202.0	17.90	7.30	0.130	<0.02	>240000	>240000	ND
17/03/2009	16.02	<0.007	<0.02	5.77	7.431	9.352	<0.50	21.3	304.0	37.50	7.40	0.120	<0.02	>2.4E+05	6.1E+04	-
23/04/2009	<0.89	0.140	0.46	8.62	11.101	9.690	2.10	41.9	496.0	22.70	8.20	0.150	<0.02	1.7E+05	2940.0	-
19/05/2009	<0.89	<0.007	<0.02	10.98	14.140	11.370	<0.50	25.4	386.0	36.80	7.40	0.130	<0.02	1.5E+07	8.2E+05	DEQA
17/6/2009	<0.89	<0.007	<0.02	12.15	15.647	15.510	<0.50	47.1	614.0	26.90	7.60	0.160	<0.02	2.7E+08	3.2E+06	DEQA
13/07/2009	<0.89	<0.007	<0.02	13.72	17.669	13.720	1.30	16.9	380.0	36.70	7.47	0.160	<0.02	9.2E+06	1.3E+06	ND
25/08/2009	1.11	<0.007	<0.02	14.06	18.106	17.860	2.10	26.1	442.0	79.00	7.59	0.250	<0.02	2.4E+07	3.5E+06	ND
21/09/2009	1.46	<0.007	<0.02	19.66	25.318	26.710	1.50	29.0	788.0	67.20	7.30	0.250	<0.02	2.4E+05	2.4E+05	ND
20/10/2009	2.35	0.069	0.23	4.76	6.130	5.320	2.00	30.7	256.0	448.00	7.41	0.180	<0.02	4.9E+05	2.9E+05	DEQA
17/11/2009	1.68	0.063	0.21	7.50	9.659	9.020	3.00	2.4	364.0	39.40	7.59	0.160	<0.02	1.5E+07	3.5E+05	DEQA
10/12/2009	3.76	0.107	0.35	16.63	21.416	3.810	5.00	7.2	304.0	19.40	7.71	0.140	<0.02	>2419.6	>2419.6	DEQA
19/01/2010	<0.89	<0.007	<0.02	4.82	6.207	6.10	4.30	23.3	412	17.90	7.700	0.300	<0.02	1.1E+05	3.2E+04	DEQA
03/03/2010	2.60	0.103	0.34	2.18	2.807	3.530	5.10	15.9	160	253	7.440	0.370	<0.02	8.0E+05	7.4E+04	DEQA
24/03/2010	3.23	0.131	0.43	2.97	3.825	3.530	4.1	21.8	312	14.9	7.740	0.14		3.7E+04	3790	DEQA
27/04/2010	<0.89	<0.007	<0.02	8.85	11.397	11.820	1.80	67.2	752.0	76.2	7.280	0.22	<0.02	>2.4E+07	5.0E+06	DEQA
18/05/2010	1.78	<0.007	<0.02	10.98	14.140	12.04	3.40	71.4	580.0	11.10	7.790	0.17	<0.02	4.4E+06	7.3E+05	DEQA

AVRR– Amostra vencida

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise



## 2.2.3 Corpos d'Água Lênticos

Tabela C.10 Resultados de Análises Físico-Químicas e Bacteriológicas – Amostras das Lagoas

Ponto SID1-2 Represa do papudo																	
Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
05/05/2008	0.2700	<0.0030	0.1100	0.0070	<0.0020	<0.010	0.002	<0.00006	13.40	1.1600	0.490	<0.00020	<0.0003	0.140	<2.00	13.83	<0.020
02/06/2008	0.0560	<0.0030	0.0630	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.013	10.20	0.6800	0.110	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	4.530	<0.020
30/06/2008	0.0510	<0.0030	0.0830	0.0250	<0.0020	0.21	<0.0006	<0.00006	11.65	0.6300	0.090	<0.00020	<0.0003	0.194	8.00	12.90	<0.020
04/08/2008	0.2200	<0.0030	0.2000	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	12.62	0.7200	0.100	<0.00020	<0.0003	0.046	5.60	12.37	<0.020
01/09/2008	<0.0020	<0.0030	0.1600	<0.0070	<0.0020	0.01	<0.0006	<0.00006	6.03	0.8200	0.090	<0.00020	<0.0003	0.011	<2.00	10.430	<0.010
29/09/2008	0.2500	<0.0030	0.1800	<0.0070	<0.0020	0.020	0.0030	0.00300	14.65	0.8200	0.100	<0.00020	<0.0003	0.220	3.60	15.450	<0.010
03/11/2008	0.0350	<0.0030	0.1000	0.0090	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	13.43	0.5900	0.140	<0.00020	<0.0003	0.010	2.80	9.830	<0.010
01/12/2008	0.4600	<0.0030	0.3000	0.0860	<0.0020	0.040	<0.0006	<0.00006	10.70	0.8700	0.070	<0.00020	<0.0003	0.300	<2.00	7.220	<0.010
05/01/2009	0.2700	<0.0030	0.0360	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	33.10	0.790	0.110	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	6.430	<0.010
02/02/2009	0.5900	<0.0030	0.2500	0.0090	<0.0020	<0.010	0.0018	0.00100	36.28	0.8700	0.060	<0.00020	<0.0003	0.054	3.20	7.220	<0.010
03/03/2009	0.0690	<0.0030	0.0700	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	13.41	0.6900	0.060	<0.00020	<0.0003	0.091	12.00	7.550	<0.010
06/04/2009	0.0880	<0.0030	0.0650	<0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	15.13	0.5100	0.120	<0.00020	<0.0003	0.030	11.60	10.78	<0.010
04/05/2009	0.1300	<0.0030	0.1400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00090	14.93	0.6900	0.180	0.00020	0.0003	0.122	4.00	9.390	<0.010
02/06/2009	0.1000	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0027	<0.00006	14.60	0.5000	0.130	<0.00020	<0.0003	0.068	14.40	13.32	<0.010
29/06/2009	0.0086	<0.0030	0.1190	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	14.20	0.5500	0.100	<0.00020	<0.0003	0.020	2.00	9.580	<0.010
03/08/2009	0.3180	<0.0030	0.1030	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	15.15	0.5500	0.130	<0.00020	<0.0003	0.136	<2.00	8.100	<0.010
09/09/2009	0.2460	<0.0030	0.0930	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	12.84	2.670	0.450	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	16.10	<0.010
05/10/2009	0.1400	<0.0030	0.0740	0.0387	0.0027	0.018	<0.0006	0.00270	10.57	0.5000	0.035	<0.00020	<0.0003	0.220	<2.00	15.40	<0.010
03/11/2009	0.1500	<0.00300	0.0610	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	10.12	0.8200	0.140	<0.00020	<0.00030	0.250	<2.00	1.310	<0.010
23/11/2009	0.0360	<0.00300	0.0990	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00270	15.47	1.095	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.636	6.00	10.74	<0.010
Data																	
01/02/2010	0.2010	0.00300	0.1060	0.0072	<0.0020	0.010	0.0048	<0.00006	13.80	1.150	0.240	<0.00020	<0.0003	0.690	<2.00	12.35	<0.010
11/03/2010	0.1560	<0.00300	0.0895	0.011	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.003	12.68	0.5200	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.192	<2.00	0.818	<0.010
05/04/2010	0.0556	<0.00300	0.0733	0.1317	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.02196	16.19	0.8400	0.19	<0.00020	<0.00030	0.1898	<2.00	15.42	<0.010
04/05/2010	<0.0742	<0.00300	0.0649	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00122	15.15	0.7600	0.120	<0.00020	<0.00030	0.3271	<2.00	8.13	<0.010

Tabela C. 10 Continuação

Ponto S1D1-2 Represa do papudo

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
05/05/2008	<0.062	<0.20	1.730	1.000	2.000	7.0	43.90	43.90	53.56	3.40	64.0	60	4.57	53.15	42.8	<0.018	1.48
02/06/2008	<0.062	<0.20	1.210	1.090	2.800	6.0	45.20	45.20	55.14	2.60	77.0	30	5.90	14.60	47.3	<0.018	1.59
30/06/2008	<0.062	<0.20	1.340	1.880	1.340	8.00	38.80	38.80	47.34	2.70	72.0	30	4.10	21.90	43.9	<0.018	1.64
04/08/2008	<0.062	<0.20	1.480	0.650	2.930	11.0	38.10	38.10	46.48	3.00	76.0	60	4.80	9.30	48.5	<0.018	7.29
01/09/2008	<0.031	<0.20	1.300	0.610	2.200	8.0	44.60	44.60	54.41	4.20	83.0	30	3.80	14.2	44.8	<0.018	0.33
29/09/2008	<0.031	<0.20	1.620	1.340	3.740	4.0	46.50	46.50	56.73	3.30	81.0	40	5.50	8.90	56.1	<0.018	6.20
03/11/2008	<0.031	<0.20	1.64	1.6	1.800	4.0	60.10	60.10	73.32	2.00	105.0	40	4.20	66.20	57.2	<0.018	0.39
01/12/2008	<0.031	<0.20	1.682	3.470	3.500	6.0	47.50	47.50	57.95	3.00	86.0	25	3.80	8.40	56.8	<0.018	0.34
05/01/2009	<0.031	<0.20	2.660	1.270	1.600	7.0	84.30	84.30	102.85	2.00	150.0	300	5.60	18.20	102.3	<0.018	0.58
02/02/2009	<0.031	<0.20	2.570	1.580	1.240	9.0	90.70	90.70	110.65	3.30	180.0	120	5.60	18.00	116.4	<0.018	0.49
03/03/2009	<0.031	<0.20	1.670	1.230	<1.000	6.0	64.40	64.40	78.57	2.50	125.0	30	4.50	6.30	80.4	<0.018	0.79
06/04/2009	<0.031	<0.20	1.550	1.110	3.200	6.0	41.40	41.40	50.51	6.00	100.0	80.0	4.00	11.11	52.0	<0.018	2.60
04/05/2009	<0.031	<0.20	1.690	1.500	2.290	9.0	47.60	47.60	58.07	3.20	84.0	35	5.20	11.70	66.1	<0.018	<0.20
02/06/2009	<0.031	<0.20	1.780	1.590	2.600	8.0	53.10	53.10	64.78	2.40	115.40	30	2.90	7.70	54.5	<0.018	<0.20
29/06/2009	<0.031	<0.20	1.600	0.840	1.830	6.0	50.20	50.20	61.24	2.00	95.20	30	5.13	18.30	54.5	<0.018	<0.20
03/08/2009	<0.031	<0.20	2.220	1.610	2.160	6.0	57.80	57.80	70.52	3.00	97.2	40	5.00	18.31	56.7	<0.018	<0.20
09/09/2009	<0.031	<0.20	1.640	1.130	5.150	5.0	46.90	46.90	57.22	4.20	84.4	120	2.91	52.41	47.8	<0.018	<0.20
05/10/2009	<0.031	<0.20	1.920	1.210	3.810	5.0	58.90	58.90	71.86	2.80	104.9	25	2.95	26.72	63.8	<0.018	0.29
03/11/2009	<0.031	<0.20	1.950	2.120	2.120	5.0	45.80	45.80	55.88	3.00	83.70	60	5.95	22.05	51.0	<0.018	0.45
23/11/2009	<0.031	<0.20	1.987	2.509	2.285	0.6	50.80	50.80	61.98	3.60	103.9	50	6.44	18.02	54.5	<0.018	0.26
Data																	
01/02/2010	<0.031	<0.20	1.910	1.000	2.220	12.0	39.10	39.10	47.70	<2.00	89.0	60	1.08	<5.00	47.1	<0.018	0.32
11/03/2010	<0.031	<0.20	1.535	2.030	1.710	8.0	43.6	43.60	53.19	<2.00	83.5	40	4.23	20.17	39.2	<0.018	0.243
05/04/2010	<0.031	<0.20	1.860	1.948	2.152	6.0	46.8	46.80	57.10	<2.00	99.4	35	3.33	10.96	50.2	<0.018	<0.200
04/05/2010	<0.031	<0.20	1.942	1.418	2.198	6.0	51.60	51.60	62.95	<2.00	95.50	30	4.22	16.00	72.3	<0.018	0.229

Tabela C. 10 Continuação

Ponto SID1-2 Represa do papudo

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
05/05/2008	6.55	<0.017	<0.056	0.096	0.124	0.10	6.10	<0.1	52.0	18.00	7.00	<0.100	<0.02	1.1E+04	2.0	ND
02/06/2008	7.04	<0.017	<0.056	0.177	0.228	0.18	6.10	3.5	72.0	5.80	7.10	<0.100	<0.02	2419.6	4.1	ND
30/06/2008	7.26	<0.017	<0.056	0.165	0.212	0.17	5.80	0.5	46.0	6.10	7.30	<0.100	<0.02	4.1E+04	6.3	ND
04/08/2008	32.27	<0.017	<0.056	0.134	0.173	0.13	6.10	1.0	78.0	23.2	7.40	<0.100	<0.02	4.9E+04	1431.60	ND
01/09/2008	1.46	<0.017	<0.056	0.324	0.417	0.35	6.30	<0.1	68.0	7.21	7.20	<0.100	<0.02	3.10E+04	275.5	ND
29/09/2008	27.44	<0.017	<0.056	0.261	0.336	0.26	6.30	<0.1	72.0	6.30	7.30	<0.100	<0.02	1.90E+04	60.5	ND
03/11/2008	1.73	<0.007	<0.023	0.074	0.095	<0.05	6.30	12.9	76.0	3.30	7.50	<0.100	<0.02	2.9E+04	104.6	ND
01/12/2008	1.51	<0.007	<0.023	0.221	0.285	0.22	6.20	<0.1	64.0	6.76	7.70	<0.100	<0.02	4500.0	0.0	ND
05/01/2009	2.57	<0.007	<0.023	0.099	0.127	0.10	6.20	2.1	112.0	65.90	7.50	<0.100	<0.02	2.5E+04	1.1E+03	ND
02/02/2009	2.17	<0.007	<0.023	0.502	0.646	0.50	6.20	2.4	132.0	51.30	7.40	<0.100	<0.02	2.0E+04	2.8E+03	ND
03/03/2009	3.50	<0.007	<0.023	0.280	0.361	0.28	5.50	<0.1	86.0	7.55	7.40	0.140	<0.02	105.0	2.0	ND
06/04/2009	11.51	<0.007	<0.023	0.277	0.357	0.277	6.00	<0.1	96.0	8.09	7.30	<0.100	<0.02	1.1E+04	5.2	-
04/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.011	0.014	0.050	5.80	<0.1	22.0	5.56	7.20	<0.100	<0.02	1.6E+04	13.4	-
02/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.104	0.134	0.104	6.00	<0.1	68.0	6.09	7.50	<0.100	<0.02	1.9E+04	61	DEQA
29/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.012	0.015	0.050	6.40	<0.1	76.0	5.96	7.44	<0.100	<0.02	2.2E+04	40.5	DEQA
03/08/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.853	1.098	0.853	6.20	<0.1	80.0	5.24	7.37	0.250	<0.02	1.1E+04	57.8	ND
09/09/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.555	0.715	0.555	6.10	6.5	80.0	55.60	7.15	0.120	<0.02	3.8E+04	150.0	ND
05/10/2009	1.28	<0.007	<0.023	0.305	0.393	0.305	6.40	<0.1	76.0	3.20	7.36	0.210	<0.02	2790.0	31.7	ND
03/11/2009	1.99	<0.007	<0.023	0.464	0.598	0.464	6.30	<0.1	68.0	11.30	7.47	0.310	<0.02	2.3E+03	62.0	ND
23/11/2009	1.15	<0.007	<0.023	0.172	0.222	0.172	6.20	<0.1	160.0	4.90	7.19	0.450	<0.02	3140.0	40.8	DEQA
Data																
01/02/2010	1.42	<0.007	<0.023	0.195	0.251	0.195	6.10	6.7	84.0	6.70	7.10	0.600	<0.02	2690.0	17.5	DEQA
11/03/2010	1.08	<0.007	<0.023	0.516	0.665	0.516	6.30	0.3	76.0	7.20	7.32	<0.100	<0.02	2.8E+04	1340	DEQA
05/04/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.366	0.471	0.366	6.20	<0.1	96.0	5.39	7.06	<0.1000	<0.02	2419.6	24.6	DEQA
04/05/2010	1.01	<0.007	<0.023	0.224	0.288	0.224	6.40	<0.1	72.0	4.40	7.19	<0.13	<0.02	2.9E+04	20.1	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C. 10 Continuação

Ponto S1D1-3 Lagoa da Subida da Estação

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
05/05/2008	0.0110	<0.0030	0.0330	0.0080	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	24.00	0.4000	0.180	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	5.768	<0.020
02/06/2008	0.0240	<0.0030	0.0180	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.01	27.30	0.6200	0.130	<0.00020	<0.0003	0.370	<2.00	<0.0580	<0.020
30/06/2008	0.0330	<0.0030	0.0210	0.0080	<0.0020	0.03	<0.0006	<0.00006	39.80	0.0510	0.110	<0.00020	<0.0003	0.140	11.60	7.800	<0.020
04/08/2008	0.0370	<0.0030	0.1000	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	27.50	0.6600	0.130	<0.00020	<0.0003	<0.008	5.60	6.321	<0.020
01/09/2008	0.0570	<0.0030	0.1000	<0.0070	<0.0020	0.01	<0.0006	<0.00006	36.53	0.6200	0.230	<0.00020	<0.0003	0.073	<2.00	7.113	<0.010
29/09/2008	0.4800	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	0.010	0.0010	<0.00006	29.26	0.4600	0.100	<0.00020	<0.0003	0.030	8.80	11.10	<0.010
03/11/2008	0.1400	<0.0030	0.0400	0.0130	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.63	0.3000	0.100	<0.00020	<0.0003	0.040	<2.00	10.56	<0.010
01/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.2000	<0.0070	<0.0020	0.230	<0.0006	<0.00006	36.00	0.3800	0.050	<0.00020	<0.0003	0.040	3.60	7.450	<0.010
05/01/2009	0.0600	<0.0030	0.0330	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0055	<0.00006	31.30	0.8500	0.100	<0.00020	<0.0003	0.02	<2.00	6.920	<0.010
02/02/2009	0.4900	<0.0030	0.0260	<0.0070	<0.0020	0.020	0.0020	<0.00006	38.12	0.8000	0.090	<0.00020	<0.0003	0.032	3.60	6.320	<0.010
03/03/2009	0.2800	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	35.07	0.4800	0.090	<0.00020	<0.0003	0.070	8.40	6.170	<0.010
06/04/2009	0.4100	<0.0030	0.0290	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.81	0.4700	0.100	<0.00020	<0.0003	0.030	9.20	6.730	<0.010
04/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0330	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	27.69	0.5100	0.090	<0.00020	<0.0003	0.020	4.00	5.350	<0.010
02/06/2009	0.0280	<0.0030	0.0440	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0028	<0.00006	41.05	0.4400	0.110	<0.00020	<0.0003	0.020	16.00	8.870	<0.010
29/06/2009	0.0733	<0.0030	0.0720	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	42.74	0.3500	0.060	<0.00020	<0.0003	0.060	2.00	5.910	<0.010
03/08/2009	0.0290	<0.0030	0.0580	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.03580	19.50	0.3700	0.080	<0.00020	<0.0003	0.070	<2.00	5.450	<0.010
09/09/2009	0.1970	<0.0030	0.0820	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.40	0.3600	0.070	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	0.700	<0.010
05/10/2009	0.1700	<0.0030	0.0149	0.0129	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.91	0.4400	0.075	<0.00020	<0.0003	0.065	<2.00	4.840	<0.010
03/11/2009	0.0450	<0.00300	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	57.47	0.7100	0.140	<0.00020	<0.00030	<0.008	<2.00	3.030	<0.010
23/11/2009	0.1160	<0.00300	0.0340	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	44.90	0.3640	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.128	4.70	3.740	<0.010
Data																	
01/02/2010	0.5200	0.00319	0.0511	0.0330	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	37.00	0.6800	0.100	<0.00020	<0.0003	0.120	<2.00	7.290	<0.010
11/03/2010	0.1690	<0.00300	0.0086	0.0126	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	39.50	0.7300	0.18	<0.00020	<0.00030	0.117	<2.00	0.669	<0.010
05/04/2010	<0.0020	<0.00300	0.0231	0.003	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	42.82	0.4500	0.11	<0.00020	<0.00030	0.0213	<2.00	9.091	<0.010
04/05/2010	0.0817	<0.00300	0.0200	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	43.55	0.0460	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.0701	<2.00	4.791	<0.010

Tabela C. 10 Continuação

Ponto SID1-3 Lagoa da Subida da Estação

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
05/05/2008	<0.020	<0.062	<0.20	3.550	0.400	1.700	11.0	107.30	107.30	130.91	5.10	150.0	30	3.57	11.96	117.5	<0.018
02/06/2008	<0.020	<0.062	<0.20	2.980	0.840	2.140	12.0	112.60	112.60	137.37	2.50	180.0	25	5.30	7.30	127.5	<0.018
30/06/2008	<0.020	<0.062	<0.20	3.660	0.670	1.500	12.00	96.20	96.20	117.36	2.20	170.0	25	4.30	36.00	123.6	<0.018
04/08/2008	<0.020	<0.062	<0.20	2.680	0.320	2.170	11.0	79.30	79.30	96.75	3.50	140.0	30	3.40	22.30	97.6	<0.018
01/09/2008	<0.010	<0.031	<0.20	4.040	0.330	6.200	10.0	114.40	114.40	139.57	3.50	190.0	25	5.40	11.6	129.7	<0.018
29/09/2008	<0.010	<0.031	<0.20	3.950	0.490	1.119	9.0	75.80	75.80	92.48	4.30	135.0	20	4.70	31.20	99.6	<0.018
03/11/2008	<0.010	<0.031	<0.20	4.42	0.7	<1.000	9.0	123.50	123.50	150.67	2.50	225.0	30	2.00	29.10	145.3	<0.018
01/12/2008	<0.010	<0.031	<0.20	3.504	0.760	1.800	10.0	131.80	131.80	160.80	3.20	240.0	30	4.20	24.60	137.8	<0.018
05/01/2009	<0.010	<0.031	<0.20	2.620	1.290	1.300	8.0	86.50	86.50	105.53	2.30	150.0	200	5.30	16.30	96.6	<0.018
02/02/2009	<0.010	<0.031	<0.20	2.730	1.180	1.700	8.0	94.30	94.30	115.05	4.10	175.0	80	5.50	7.50	113.2	<0.018
03/03/2009	<0.010	<0.031	<0.20	2.970	0.690	1.530	12.0	103.70	103.70	126.51	3.70	200.0	30	4.10	7.00	121.3	<0.018
06/04/2009	<0.010	<0.031	<0.20	2.790	0.530	2.580	7.0	75.00	75.00	91.50	7.50	170.0	40.0	3.40	5.19	105.0	<0.018
04/05/2009	<0.010	<0.031	<0.20	2.480	0.640	<1.000	11.0	88.30	88.30	107.73	4.10	145.0	40	5.30	7.00	100.5	<0.018
02/06/2009	<0.010	<0.031	<0.20	3.270	0.480	1.250	15.0	122.30	122.30	149.21	2.40	221.50	25	3.00	5.00	126.0	<0.018
29/06/2009	<0.010	<0.031	<0.20	3.030	0.800	1.370	8.0	122.50	122.50	149.45	2.50	226.80	10	3.82	46.13	129.8	<0.018
03/08/2009	<0.010	<0.031	<0.20	4.520	0.700	1.000	6.0	136.20	136.20	166.16	3.50	230	30	3.39	20.22	142.3	<0.018
09/09/2009	<0.010	<0.031	<0.20	2.970	0.640	2.280	14.0	140.50	140.50	171.41	2.40	223	20	5.16	21.71	151.3	<0.018
05/10/2009	<0.010	<0.031	<0.20	3.490	0.540	2.280	11.0	135.30	135.30	165.07	5.40	249.8	20	2.53	45.71	145.1	<0.018
03/11/2009	<0.010	<0.031	<0.20	4.020	1.120	<1.000	7.0	116.50	116.50	142.13	3.10	205.4	30	4.22	11.21	124.0	<0.018
23/11/2009	<0.010	<0.031	<0.20	4.013	0.692	1.346	7.2	126.60	126.60	154.45	3.80	234.9	30	5.65	35.67	137.2	<0.018
Data																	
01/02/2010	<0.010	<0.031	<0.20	3.820	0.500	1.880	8.0	120.70	120.70	147.25	<2.00	190.0	30	<0.50	<5.00	120.4	<0.018
11/03/2010	<0.010	<0.031	<0.20	3.360	0.82	<1.460	8.0	112.1	112.10	136.76	<2.00	205	30	3.67	18.73	117.9	<0.018
05/04/2010	<0.010	<0.031	<0.20	3.735	0.5726	<1.460	10.0	121.6	121.60	148.35	<2.00	223.2	25	3.3	13.89	117.5	<0.018
04/05/2010	<0.010	<0.031	<0.20	1.067	<0.2520	<1.460	14.0	12.56	12.56	15.32	<2.00	239.80	80	4.58	8.36	133.5	<0.018

Tabela C. 10 Continuação

Ponto S1D1-3 Lagoa da Subida da Estação

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
05/05/2008	8.76	<0.017	<0.056	0.188	0.242	0.19	6.20	<0.1	100.0	7.10	7.60	<0.100	<0.02	1.1E+04	16.0	ND
02/06/2008	7.66	<0.017	<0.056	0.358	0.461	0.36	6.00	<0.1	126.0	9.12	7.40	<0.100	<0.02	5200.0	201.4	ND
30/06/2008	8.81	<0.017	<0.056	0.911	1.173	0.91	6.20	5.9	136.0	13.90	7.60	<0.100	<0.02	2.0E+05	159.7	ND
04/08/2008	31.87	<0.017	<0.056	0.548	0.706	0.55	6.30	<0.1	108.0	12.5	7.40	<0.100	<0.02	1.6E+04	218.70	ND
01/09/2008	2.43	<0.017	<0.056	0.103	0.133	0.10	6.20	<0.1	128.0	8.29	7.60	<0.100	<0.02	4.50E+03	4.1	ND
29/09/2008	27.44	<0.017	<0.056	0.197	0.254	0.20	6.20	<0.1	98.0	11.50	7.10	<0.100	<0.02	>2.4E+07	2.00E+03	ND
03/11/2008	2.17	<0.007	<0.023	0.217	0.279	<0.05	5.20	2.5	152.0	6.40	7.70	<0.100	<0.02	980.4	11.9	ND
01/12/2008	2.04	<0.007	<0.023	0.127	0.164	0.13	6.10	<0.1	138.0	7.56	7.70	<0.100	<0.02	0.0	0.0	ND
05/01/2009	1.55	<0.007	<0.023	0.141	0.182	0.14	6.00	0.9	118.0	39.80	7.50	<0.100	<0.02	2.0E+04	8.7E+02	ND
02/02/2009	1.86	<0.007	<0.023	0.291	0.375	0.29	6.10	2.0	128.0	45.70	7.60	<0.100	<0.02	5.1E+04	8.6E+02	ND
03/03/2009	4.87	<0.007	<0.023	0.429	0.552	0.43	5.80	<0.1	114.0	11.90	7.20	<0.100	<0.02	3.0E+04	200.0	ND
06/04/2009	9.47	<0.007	<0.023	0.462	0.595	0.462	6.00	<0.1	130.0	7.18	7.30	<0.100	<0.02	2.0E+04	4.1	-
04/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.011	0.014	0.050	6.00	<0.1	82.0	10.20	7.30	<0.100	<0.02	3.3E+04	41.4	-
02/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.495	0.637	0.495	6.10	<0.1	126.0	6.33	7.90	<0.100	<0.02	3.8E+04	160	DEQA
29/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.142	0.183	0.142	6.20	<0.1	192.0	3.55	7.87	<0.100	<0.02	1533.1	9.6	DEQA
03/08/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.492	0.634	0.492	6.10	<0.1	104.0	3.89	7.79	<0.100	<0.02	3500.0	30.7	ND
09/09/2009	1.11	<0.007	<0.023	0.877	1.129	0.877	6.00	<0.1	152.0	9.78	7.90	<0.100	<0.02	3500.0	13.4	ND
05/10/2009	1.20	<0.007	<0.023	0.410	0.528	0.410	6.40	<0.1	168.0	5.00	7.60	0.130	<0.02	6220.0	30.5	ND
03/11/2009	1.99	<0.007	<0.023	0.365	0.470	0.365	6.30	<0.1	156.0	3.40	7.79	<0.100	<0.02	4.0E+03	29.5	DEQA
23/11/2009	1.28	<0.007	<0.023	0.221	0.285	0.221	5.50	<0.1	188.0	4.80	7.66	0.210	<0.02	9.8E+04	68.3	DEQA
Data																
01/02/2010	1.51	<0.007	<0.023	0.341	0.439	0.341	6.40	<0.1	144.0	4.20	7.900	0.150	<0.02	5910.0	32.3	DEQA
11/03/2010	0.97	<0.007	<0.023	0.34	0.438	0.34	6.50	<0.1	132.0	6.00	7.810	<0.100	<0.02	2.4E+04	410	DEQA
05/04/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.318	0.410	0.318	6.50	<0.1	136.0	10.1	7.590	<0.1000	<0.02	2.0E+05	860	DEQA
04/05/2010	1.25	<0.007	<0.023	0.420	0.541	0.420	6.30	5.3	272.0	25.50	7.380	<0.13	-	1.5E+04	16.9	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C. 10 Continuação

Ponto S1D2-4 Lagoa da Baiana -Vertedor

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
19/05/2008	<0.0020	<0.0030	0.0800	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	32.90	0.2000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.057	<2.00	8.500	<0.020
16/06/2008	0.0470	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	0.08	<0.0006	<0.00006	38.00	0.2200	0.050	<0.00020	<0.0003	0.040	60.00	7.860	<0.020
14/07/2008	0.1400	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.007	0.0009	51.45	0.2000	0.050	<0.00020	<0.0003	0.074	2.8	11.45	<0.020
18/08/2008	0.2400	<0.0030	0.0440	<0.007	<0.0020	<0.01	0.0030	0.0040	54.5	0.4000	0.030	<0.00020	<0.0003	0.058	7.60	5.177	<0.010
02/09/2008	0.0480	<0.0030	0.0410	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	55.80	0.3200	0.060	<0.00020	<0.0003	0.070	2.4	7.101	<0.010
30/09/2008	0.1300	<0.0030	0.1400	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	52.9	0.3400	0.040	<0.00020	<0.0003	0.090	9.20	10.95	<0.010
04/11/2008	0.1600	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.40	0.2600	0.060	<0.00020	<0.0003	0.090	3.60	11.04	<0.010
02/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1100	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.90	0.2800	0.050	<0.00020	<0.0003	0.039	<2.00	16.70	<0.010
06/01/2009	1.100	<0.0030	0.0570	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0033	<0.00006	21.10	0.960	0.040	<0.00020	<0.0003	0.110	<2.00	13.17	<0.010
03/02/2009	0.3200	<0.0030	0.0270	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0140	<0.00006	36.81	0.9000	0.080	<0.00020	<0.0003	0.021	<2.00	9.35	<0.010
04/03/2009	0.1800	<0.0030	0.0280	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0560	<0.00006	38.20	0.3400	0.040	<0.00020	<0.0003	0.064	5.60	7.700	<0.010
07/04/2009	0.1900	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00490	33.50	0.5700	0.090	0.016	<0.0003	0.250	10.80	4.150	<0.010
05/05/2009	0.0260	<0.0030	0.0310	0.0750	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00490	42.53	0.3000	0.090	<0.00020	<0.0003	0.082	4.00	6.240	<0.010
03/06/2009	0.0290	<0.0030	0.0310	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	47.10	0.2600	0.040	<0.00020	<0.0003	<0.008	6.00	5.120	<0.010
30/06/2009	0.2200	<0.0030	0.0220	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0049	<0.00006	48.50	0.2800	0.030	<0.00020	<0.0003	<0.008	2.00	10.36	<0.010
04/08/2009	<0.0020	<0.0030	0.032	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.25	0.3600	0.050	<0.00020	<0.0003	0.028	<2.00	6.350	<0.010
10/09/2009	0.1700	<0.0030	0.0360	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0060	<0.00006	58.96	0.3000	0.040	<0.00020	<0.0003	0.059	<2.00	10.71	<0.010
06/10/2009	0.1000	<0.0030	0.0220	<0.0070	0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	30.10	0.3800	0.033	<0.00020	<0.0003	0.059	<2.00	9.840	<0.010
04/11/2009	0.5700	<0.00300	0.0240	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	49.96	0.3400	0.080	<0.00020	<0.00030	0.250	35.30	4.750	<0.010
24/11/2009	0.1900	<0.00300	0.0270	0.0240	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00400	4.83	0.4470	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.516	2.30	4.900	<0.010
Data																	
02/02/2010	0.1010	<0.0030	0.0570	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	45.54	0.3000	0.060	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	8.020	<0.010
10/03/2010	0.1300	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	45.57	0.4700	<0.020	<0.00020	<0.00030	<0.0130	<2.00	0.706	<0.010
07/04/2010	0.0950	<0.00300	0.0182	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	46.40	0.5000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.13	<2.00	6.882	<0.010
05/05/2010	0.2224	<0.00300	0.0158	0.0096	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.10	0.3800	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.3295	<2.00	7.988	<0.010

Tabela C. 10 Continuação

Ponto S1D2-4 Lagoa da Baiana -Vertedor

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
19/05/2008	<0.062	<0.20	3.350	0.690	1.100	5.0	136.60	136.60	166.65	3.20	230.0	20	6.50	17.66	176.8	<0.018	1.68
16/06/2008	<0.062	<0.20	3.700	1.540	1.760	3.0	137.60	137.60	167.87	2.80	240.0	20	2.80	9.20	146.9	<0.018	0.81
14/07/2008	<0.062	<0.20	3.060	0.690	2.200	12.0	131.60	131.60	160.55	3.50	220.0	20	2.70	12.20	157.7	<0.018	4.00
18/08/2008	<0.031	<0.20	3.910	0.780	1.190	5.0	129.50	129.50	157.99	2.50	235.0	40	1.06	<5.00	149.0	<0.018	<0.2
02/09/2008	<0.031	<0.20	4.080	1.030	1.050	7.0	138.60	138.60	169.09	3.10	255.0	30.0	3.40	16.00	168.7	<0.018	3.81
30/09/2008	<0.031	<0.20	3.900	0.770	<1.000	15.0	134.80	134.80	164.46	3.00	260.0	25	10.70	10.70	173.1	<0.018	2.36
04/11/2008	<0.031	<0.20	3.900	3.430	1.790	20.0	141.7	141.7	172.87	3.50	250.0	30	3.90	6.40	177.3	<0.018	0.95
02/12/2008	<0.031	<0.20	3.419	0.610	1.300	22.0	146.30	146.30	178.49	4.00	245.0	20	0.70	<5.00	165.7	<0.018	0.28
06/01/2009	<0.031	<0.20	1.710	3.87	2.2	5.0	57.60	57.60	70.27	3.15	115.0	600	3.60	13.00	71.8	<0.018	<0.20
03/02/2009	<0.031	<0.20	2.750	1.340	1.300	9.0	91.80	91.80	112.00	3.30	190.0	80	5.60	10.40	124.7	<0.018	0.41
04/03/2009	<0.031	<0.20	3.050	0.760	1.450	14.0	117.90	117.90	143.84	3.10	225.0	25	5.70	8.50	139.0	<0.018	1.03
07/04/2009	<0.031	<0.20	2.760	1.070	1.500	5.0	105.50	105.50	128.71	2.50	205.0	120	2.80	<0.2	127.0	<0.018	<0.20
05/05/2009	<0.031	<0.20	3.060	0.820	<1.000	22.0	118.00	118.00	143.96	3.60	200.0	25	1.80	5.00	134.5	<0.018	<0.20
03/06/2009	<0.031	<0.20	2.990	0.540	1.420	12.0	139.40	139.40	170.07	3.20	228.6	25	2.00	13.9	168.7	<0.018	<0.20
30/06/2009	<0.031	<0.20	3.190	2.180	1.360	5.0	140.20	140.20	171.04	5.00	251.7	10	4.14	26.60	186.0	<0.018	<0.20
04/08/2009	<0.031	<0.20	4.000	0.710	1.080	10.0	145.50	145.50	177.51	3.90	242.0	20	2.05	10.68	150.0	<0.018	<0.20
10/09/2009	<0.031	<0.20	4.160	1.680	2.080	12.0	147.80	147.80	180.32	2.80	242.0	25	2.41	9.73	157.6	<0.018	<0.20
06/10/2009	<0.031	<0.20	3.290	0.440	2.350	16.0	147.20	147.20	179.58	3.20	264.6	25	5.16	23.36	158.6	<0.018	0.50
04/11/2009	<0.031	<0.20	3.950	0.800	2.030	11.0	120.60	120.60	147.13	4.30	234.1	50	4.56	<5.00	146.2	<0.018	0.32
24/11/2009	<0.031	<0.20	0.251	0.281	<1.000	5.6	147.40	147.40	179.83	3.70	280.9	30	3.05	7.27	149.8	<0.018	0.23
Data																	
02/02/2010	<0.031	<0.20	3.820	0.600	1.500	10.0	144.20	144.20	175.92	<2.00	270.0	20	1.58	<5.00	137.6	<0.018	0.31
10/03/2010	<0.031	<0.20	3.370	1.030	<1.460	19.0	130.2	130.20	158.84	<2.00	234.9	20	1.73	47.2	128.6	<0.018	0.269
07/04/2010	<0.031	<0.20	3.390	0.9679	1.540	18.0	49.7	49.70	60.63	<2.00	84.10	30	3.13	21.2	78	<0.018	<0.200
05/05/2010	<0.031	<0.20	3.805	0.7451	1.591	14.0	149.60	149.60	182.51	<2.00	254.1	30	3.25	52.02	145.8	<0.018	0.284



Tabela C. 10 Continuação

Ponto S1D2-4 Lagoa da Baiana -Vertedor

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
19/05/2008	7.44	<0.017	<0.056	0.263	0.339	0.26	6.20	<0.1	160.0	6.87	7.90	0.150	<0.02	1.6E+04	12.2	ND
16/06/2008	3.59	<0.017	<0.056	0.301	0.388	0.30	6.20	<0.1	172.0	7.66	8.10	<0.100	<0.02	3130.0	17.1	ND
14/07/2008	17.71	<0.017	<0.056	0.293	0.377	0.29	6.40	3.8	140.0	11.30	7.80	0.100	<0.02	1553.0	13.2	ND
18/08/2008	<0.89	<0.017	<0.056	0.325	0.419	0.33	6.40	7.7	162.0	14.70	8.0	<1.00	<0.02	1.60E+04	1.20E+02	ND
02/09/2008	16.87	<0.017	<0.023	0.366	0.471	0.37	6.40	<0.1	174.0	14.10	7.80	<0.100	<0.02	1.2E+05	49.6	ND
30/09/2008	10.45	<0.017	<0.023	0.460	0.592	0.46	6.20	<0.1	196.0	14.20	7.60	<0.100	<0.02	>240000	16.0	<0.100
04/11/2008	4.21	<0.007	<0.023	0.070	0.090	0.07	6.10	<0.1	226.0	4.63	7.70	<0.100	<0.02	2.40E+04	1.28E+02	ND
02/12/2008	1.24	<0.007	<0.023	0.312	0.402	0.31	6.30	<0.1	142.0	8.63	7.80	<0.100	<0.02	2.4E+03	3.1	ND
06/01/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.299	0.385	0.30	6.20	28.6	130	138.0	7.40	<0.100	<0.02	2.9E+04	9.7E+02	ND
03/02/2009	1.81	<0.007	<0.023	0.272	0.350	0.27	6.30	<0.1	120.0	40.90	7.50	<0.100	<0.02	1.1E+04	613.10	ND
04/03/2009	4.56	<0.007	<0.023	0.519	0.668	0.52	5.9	<0.1	34.0	8.08	7.70	<0.100	<0.02	-	-	-
07/04/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.350	0.451	0.350	6.20	0.2	128.0	-	8.00	<0.100	<0.02	5.3E+04	98.2	-
05/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.331	0.426	0.331	6.30	<0.1	142.0	-	7.70	<0.100	<0.02	5.57E+03	52.8	-
03/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.146	0.188	0.146	6.20	<0.1	170.0	-	7.80	<0.100	<0.02	2419.6	8.6	DEQA
30/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.562	0.724	0.562	6.50	<0.1	152.0	-	8.21	<0.100	<0.02	6600.0	1.0	ND
04/08/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.634	0.816	0.634	6.40	1.5	148.0	-	8.13	<0.100	<0.02	8090.0	24.3	ND
10/09/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.295	0.380	0.295	6.50	0.5	160.0	-	7.85	<0.100	<0.02	88.4	1.0	ND
06/10/2009	2.21	<0.007	<0.023	0.334	0.430	0.334	6.60	<0.1	172.0	-	7.68	0.130	<0.02	3880.0	18.3	ND
04/11/2009	1.42	<0.007	<0.023	0.448	0.577	0.448	6.40	15.3	152.0	-	7.35	<0.100	<0.02	7060.0	152.6	DEQA
24/11/2009	1.02	<0.007	<0.023	0.250	0.322	0.250	6.00	<0.1	164.0		7.91	0.110	<0.02	1.3E+05	167.0	DEQA
Data																
02/02/2010	1.37	<0.007	<0.023	0.309	0.398	0.309	6.30	0.5	212.0	-	7.800	0.100	<0.02	5910.0	10.7	DEQA
10/03/2010	1.19	<0.007	<0.023	0.246	0.317	0.246	6.40	0.6	176.0	-	7.650	<0.100	<0.02	1.1E+04	2419.6	DEQA
07/04/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.637	0.820	0.637	6.40	<0.1	148.0	-	7.570	<0.13	<0.02	4.1E+04	248.1	DEQA
05/05/2010	1.26	<0.007	<0.023	0.414	0.533	0.414	6.50	<0.1	152.0	-	7.700	<0.13	<0.02	4.1E+04	23.1	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C. 10 Continuação

Ponto S2D1-2 Lagoa Capivara – casa de bomba

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/05/2008	0.1800	<0.0030	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	6.50	0.1600	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	4.40	3.500	<0.020
10/06/2008	0.1169	<0.0030	0.0160	0.0073	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	3.35	0.0900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.010	4.00	4.350	<0.020
07/07/2008	0.0340	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	0.02	<0.0006	0.00	9.63	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.120	2.40	2.970	<0.020
11/08/2008	0.1500	<0.0030	0.0280	0.0080	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	7.09	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.026	3.60	4.165	<0.020
08/09/2008	0.0910	<0.0030	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	8.24	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.100	5.60	4.514	<0.010
06/10/2008	2.300	<0.0030	0.0110	0.0110	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	7.08	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	8.40	5.177	<0.010
10/11/2008	0.2300	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00700	7.13	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.090	<2.00	4.189	<0.010
09/12/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0170	<0.0020	<0.010	0.0046	<0.00006	7.70	0.4300	0.020	<0.00020	<0.0003	0.034	4.40	3.900	<0.010
12/01/2009	0.1600	<0.0030	<0.002	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	7.50	0.130	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	4.80	3.514	<0.010
09/02/2009	0.2700	<0.0030	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	6.23	0.1800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.239	<2.00	0.890	<0.010
09/03/2009	0.1900	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	7.02	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.030	<2.00	3.400	<0.010
14/04/2009	0.2000	<0.0030	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	63.20	0.4200	0.020	<0.00020	<0.0003	0.140	20.00	7.893	<0.010
11/05/2009	0.2200	<0.0030	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	32.53	0.1400	0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	9.20	5.910	<0.010
09/06/2009	0.3500	<0.0030	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0040	<0.00006	7.20	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.670	2.00	4.300	<0.010
06/07/2009	0.1500	<0.0030	0.0150	0.0070	<0.0020	0.010	<0.0006	<0.00006	7.69	0.1500	0.020	<0.00020	<0.0003	0.014	5.60	5.440	0.010
10/08/2009	0.1870	0.0030	0.0330	0.0350	<0.0020	0.010	<0.0006	0.00300	0.30	0.3900	0.020	<0.00020	<0.0003	0.217	2.00	4.550	0.010
14/09/2009	0.2650	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.43	0.2400	0.030	<0.00020	<0.0003	0.072	2.80	5.300	<0.010
13/10/2009	0.0510	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0010	<0.00006	PADA	0.1600	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.120	<2.00	4.600	<0.010
10/11/2009	0.4600	<0.00300	0.0100	0.0070	<0.0020	0.024	<0.0006	<0.00006	10.5500	0.2120	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.148	7.30	1.870	<0.010
30/11/2009	0.2770	<0.00300	0.0060	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0031	<0.00006	6.1800	0.2400	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.187	8.00	3.810	<0.010
21/01/2010	0.2060	<0.00300	0.0126	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0018	<0.00006	8.40	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.130	<2.00	3.590	<0.010
09/02/2010	0.1050	<0.00300	0.0143	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	8.97	0.7000	0.044	<0.00020	<0.00030	<0.008	<2.00	1.700	<0.010
17/03/2010	<0.0020	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	49.71	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.043	<2.00	0.856	<0.010
13/04/2010	0.1722	<0.00300	<0.0070	0.3055	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00912	7.823	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.3182	<2.00	2.920	<0.010
10/05/2010	0.2483	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	9.277	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.1985	<2.00	2.232	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D1-2 Lagoa Capivara – casa de bomba

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/05/2008	<0.062	<0.20	0.710	1.100	<1.000	3.0	28.60	28.60	34.89	2.10	47.0	40	8.79	20.24	28.7	<0.018	0.88
10/06/2008	<0.062	<0.20	0.830	0.570	<1.000	4.0	28.10	28.10	34.28	2.90	50.0	20	2.20	21.30	32.1	<0.018	0.89
07/07/2008	<0.062	<0.20	0.650	0.970	1.39	4.0	24.70	24.70	30.13	4.00	55.0	25	4.30	7.50	35.4	<0.018	2.71
11/08/2008	<0.062	<0.20	0.620	0.790	2.690	15.0	26.40	26.40	32.21	<2.00	46.0	30	2.6	17.20	29.1	<0.018	1.61
08/09/2008	<0.031	<0.20	0.610	0.450	<1.000	5.0	23.70	23.70	28.91	2.60	44.0	35	2.10	28.90	33.6	<0.018	0.45
06/10/2008	<0.031	<0.20	0.730	0.800	<1.000	6.0	20.30	20.30	24.77	8.20	70.0	50	4.80	22.20	48.8	<0.018	2.35
10/11/2008	<0.031	<0.20	0.630	0.990	1.420	4.0	23.60	23.60	28.79	2.60	48.0	30	1.20	9.20	24.8	<0.018	<0.20
09/12/2008	<0.031	<0.20	0.7880	0.770	<1.000	6.0	26.40	26.40	32.21	2.70	51.0	35	2.60	21.80	36.6	<0.018	<0.20
12/01/2009	<0.031	<0.20	0.680	0.820	1.000	4.0	21.70	21.70	26.47	2.00	47.0	40	4.60	44.40	24.0	<0.018	<0.20
09/02/2009	<0.031	<0.20	0.590	0.730	<1.000	6.0	23.80	23.80	29.04	3.50	46.0	30	4.60	30.40	32.6	<0.018	<0.20
09/03/2009	<0.031	<0.20	0.680	0.890	<1.000	7.0	21.70	21.70	26.47	2.40	46.0	25	3.20	17.00	32.4	<0.018	0.97
14/04/2009	<0.031	<0.20	2.650	0.840	1.300	16.00	112.30	112.30	137.01	2.00	215.0	20.0	4.10	6.1	137.5	<0.018	0.23
11/05/2009	<0.031	<0.20	0.200	1.290	<1.000	16.0	81.40	81.40	99.31	2.30	140.0	100	1.60	<5.00	88.4	<0.018	<0.20
09/06/2009	<0.031	<0.20	0.610	0.900	<1.000	3.0	24.40	24.40	29.77	2.20	42.00	20	0.90	26.00	24.7	<0.018	0.25
06/07/2009	<0.031	0.20	0.630	0.870	1.000	4.0	26.70	26.70	32.57	3.50	50.80	25	3.69	15.60	32.0	0.018	0.20
10/08/2009	<0.031	0.20	0.750	1.600	1.000	3.0	25.10	25.10	30.62	2.80	46.9	30	66.61	AFRS	24.3	0.018	0.20
14/09/2009	<0.031	<0.20	0.340	8.680	1.290	16.0	95.80	95.80	116.88	2.00	152	5.0	3.48	8.61	104.8	<0.018	0.20
13/10/2009	<0.031	<0.20	0.9400	0.5800	1.2000	5.0	33.80	33.80	41.24	2.10	51.0	35.0	4.6	17.73	34.5	<0.018	0.20
10/11/2009	<0.031	<0.20	0.7300	1.0550	<1.000	2.0	27.40	27.40	33.43	3.30	54.1000	35	4.05	<5.00	43.7000	<0.018	<0.20
30/11/2009	<0.031	<0.20	0.6400	0.4900	<1.000	2.0	30.60	30.60	37.33	2.60	53.10	40	3.63	11.80	34.8	<0.018	0.21
21/01/2010	<0.031	<0.20	0.8700	0.4600	<1.000	4.0	25.60	25.60	31.23	3.50	52.00	30	4.64	10.72	28.9	<0.018	<0.20
09/02/2010	<0.031	<0.20	0.7100	0.8000	1.710	5.0	28.0	28.00	34.16	<2.00	55.1	40	1.08	8.3	28.1	<0.018	<0.20
17/03/2010	<0.031	<0.20	3.997	<0.2520	<1.460	8.0	26.7	26.70	32.57	<2.00	55.6	30	3.9	6.84	36.9	<0.018	0.288
13/04/2010	<0.031	<0.20	0.680	0.9614	<1.460	7.0	24.2	24.20	29.52	<2.00	49	35	3.63	5.45	27.8	<0.018	0.279
10/05/2010	<0.031	<0.20	0.7004	0.8118	<1.460	2.0	27.90	27.90	34.04	<2.00	54.80	60	4.44	25.41	31.0	<0.018	0.261

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D1-2 Lagoa Capivara – casa de bomba

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/05/2008	3.90	<0.017	<0.056	0.317	0.408	0.32	<0.50	<0.1	32.0	17.50	7.30	0.160	<0.02	2.2E+04	7.3	ND
10/06/2008	3.94	<0.017	<0.056	0.211	0.272	0.21	6.30	<0.1	42.0	14.10	7.40	<0.100	<0.02	2.4E+03	20.10	ND
07/07/2008	12.00	<0.017	<0.056	0.472	0.608	0.47	6.30	2.3	60.0	13.60	7.40	<0.100	<0.02	4500.0	49.7	ND
11/08/2008	7.13	<0.017	<0.056	0.058	0.075	0.06	6.20	0.2	44.0	10.10	7.70	<0.100	<0.02	2.420	117.8	ND
08/09/2008	1.99	<0.017	<0.023	0.350	0.451	0.35	5.90	1.8	46.0	42.9	7.30	<0.100	<0.02	1.6E+05	613.1	ND
06/10/2008	10.40	<0.007	<0.023	0.152	0.196	0.15	5.90	4.3	70.0	51.00	7.00	<0.100	<0.02	6.90E+04	101.70	ND
10/11/2008	<0.89	<0.007	<0.023	0.352	0.453	0.35	5.40	33.5	44.0	11.2	7.40	<0.100	<0.02	5040.0	38.8	ND
09/12/2008	<0.89	<0.007	<0.023	0.362	0.466	0.36	6.00	15.8	4.0	22.80	7.40	<0.100	<0.02	1.0E+04	36.8	ND
12/01/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.148	0.191	0.15	6.20	<0.1	38.0	13.60	6.90	<0.100	<0.02	7.060	69.1	ND
09/02/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.101	0.130	0.101	6.30	0.1	34.0	18.00	7.00	<0.100	<0.02	4.3E+04	1.0E+02	ND
09/03/2009	4.29	<0.007	<0.023	0.332	0.428	0.332	6.00	3.1	20.0	16.6	7.00	0.110	<0.02	8780.0	13.5	-
14/04/2009	1.02	<0.007	<0.023	0.337	0.434	0.337	6.20	<0.1	140.0	4.02	7.30	<0.100	<0.02	1413.6	7.5	-
11/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.173	0.223	0.173	6.20	1.6	94.0	69.80	7.10	<0.100	<0.02	12000	108.6	-
09/06/2009	1.11	<0.007	<0.023	0.261		0.261	5.40	<0.1	18.0	11.50	7.10	<0.100	<0.02	2960.0	2.0	DEQA
06/07/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.336	0.433	0.336	6.30	0.1	40.0	9.73	7.45	0.100	0.020	1.4E+04	4.0	ND
10/08/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.306	0.394	0.306	5.80	<0.1	56.0	9.00	7.32	0.120	<0.02	5940.0	2720.0	ND
14/09/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.461	0.594	0.461	6.40	<0.1	116.0	2.00	7.40	0.230	<0.02	9.8E+04	45.1	-
13/10/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.411	0.529	0.411	6.30	<0.1	68.0	11.50	7.36	<0.100	<0.02	1732.9	14.2	DEQA
10/11/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.191	0.246	0.191	6.40	<0.1	64.0	17.20	7.35	0.2500	<0.02	1.1E+04	23.8	DEQA
30/11/2009	0.93	<0.007	<0.023	0.055	0.071	0.0550	6.10	0.2	56.0	11.40	7.21	0.100	<0.02	8.20E+04	410.0	DEQA
21/01/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.489	0.630	0.489	6.40	0.2	64.0	7.50	7.100	0.240	<0.02	4.1E+04	100.0	DEQA
09/02/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.401	0.516	0.401	6.40	<0.1	84.0	89.10	7.270	<0.100	<0.02	>2419.6	214.3	DEQA
17/03/2010	1.27	<0.007	<0.023	<0.011	-!	0.562	6.50	<0.1	44.0	12.20	6.870	0.1	<0.02	4.4E+04	290.9	DEQA
13/04/2010	1.24	<0.007	<0.023	0.212	0.273	0.212	6.50	<0.1	20.0	23.2	6.930	<0.13	<0.02	7.3E+04	14.6	DEQA
10/05/2010	1.16	<0.007	<0.023	0.749	0.965	0.749	6.40	6.8	76.0	33.90	7.010	<0.13	<0.02	1.6E+05	325.5000	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D1-3 Lagoa Olhos d'Água - vertedor

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
12/05/2008	0.0030	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	36.00	0.2200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.080	2.80	7.900	<0.020
10/06/2008	<0.0020	<0.0030	0.0350	0.0120	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00	22.00	0.1500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.140	3.20	11.30	<0.020
07/07/2008	0.1440	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.00	<0.00006	40.65	0.1300	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.039	2.80	4.530	<0.020
11/08/2008	<0.0020	<0.0030	0.0320	0.0530	<0.0020	<0.010	<0.0006	0.00400	21.20	0.2000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.154	3.60	7.813	<0.020
08/09/2008	0.0520	<0.0030	0.0390	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	50.80	0.3200	0.060	<0.00020	<0.0003	0.033	4.40	10.12	<0.010
06/10/2008	<0.0020	<0.0030	0.0180	0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	41.70	0.2900	0.040	<0.00020	<0.0003	0.020	7.20	9.134	<0.010
10/11/2008	0.0140	<0.0030	0.0120	0.0090	<0.0020	<0.010	0.001	<0.00006	50.00	0.5000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.020	<2.00	11.58	<0.010
09/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.1700	0.0330	<0.0020	0.010	0.0061	<0.00006	40.30	0.4800	0.020	<0.00020	<0.0003	0.143	<2.00	9.070	<0.010
12/01/2009	0.1700	<0.0030	0.0570	0.0100	<0.0020	<0.010	0.001	<0.00006	36.60	0.970	0.040	<0.00020	<0.0003	0.100	6.00	7.594	<0.010
09/02/2009	0.0820	<0.0030	0.0140	0.0100	<0.0020	<0.010	0.005	<0.00006	34.48	0.6300	0.030	<0.00020	<0.0003	0.066	<2.00	1.190	<0.010
09/03/2009	<0.1014	<0.0030	<0.0742	<0.0156	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	37.00	0.5100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	6.510	<0.010
14/04/2009	0.0390	<0.0030	0.0130	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	40.90	0.0500	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.017	19.20	10.29	<0.010
11/05/2009	0.0560	<0.0030	0.0100	0.0080	<0.0020	<0.010	0.0021	<0.00006	47.93	0.2800	0.020	<0.00020	<0.0003	0.068	7.60	8.080	<0.010
09/06/2009	0.0440	<0.0030	0.0100	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0050	<0.00006	46.50	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	<0.008	<2.00	10.21	<0.010
06/07/2009	0.0300	<0.0030	0.0050	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.64	0.0900	0.020	<0.00020	<0.0003	0.102	7.20	10.40	<0.010
10/08/2009	0.0020	<0.0030	0.0490	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	2.28	0.0500	0.020	<0.00020	<0.0003	0.037	<2.00	7.900	<0.010
14/09/2009	0.1350	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0050	<0.00006	53.74	0.1100	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.106	<2.00	6.320	<0.010
13/10/2009	0.0600	<0.0030	0.0030	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0030	<0.00006	PADA	0.4500	0.03	<0.00020	<0.00030	0.350	<2.00	4.830	<0.010
10/11/2009	0.1400	<0.00300	0.0250	0.0130	<0.0020	0.092	<0.0006	<0.00006	50.28	0.3240	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.073	7.30	10.63	<0.010
30/11/2009	0.0790	<0.00300	0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0034	<0.00006	37.61	0.4200	0.040	<0.00020	<0.00030	0.081	6.70	5.310	<0.010
21/01/2010	0.0091	0.00300	0.0250	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	46.50	0.8000	0.050	<0.00020	<0.00030	<0.008	4.00	9.200	<0.010
09/02/2010	0.1070	<0.00300	0.0253	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.99	1.2100	0.12	<0.00020	<0.00030	<0.013	<2.00	10.62	<0.010
17/03/2010	<0.0020	<0.00300	<0.0070	0.0064	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	48.43	0.6100	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.355	<2.00	0.556	<0.010
13/04/2010	<0.0742	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	<0.00100	35.91	0.4100	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.5512	<2.00	7.100	<0.010
10/05/2010	0.2523	<0.00300	<0.0070	<0.0030	<0.0010	<0.0066	<0.0183	0.00106	49.11	<0.0390	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.5152	<2.00	2.324	<0.010

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D1-3 Lagoa Olhos d'Água - vertedor

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
12/05/2008	<0.062	<0.20	3.330	0.500	<1.000	12.0	135.40	135.40	165.19	2.80	210.0	30	9.11	10.30	156.4	<0.018	0.97
10/06/2008	<0.062	<0.20	3.370	0.440	1.48	17.0	130.40	130.40	159.09	5.50	220.0	20	3.00	23.10	141.2	<0.018	1.07
07/07/2008	<0.062	<0.20	2.960	0.500	1.35	19.0	122.30	122.30	149.21	4.00	220.0	5	4.60	8.60	151.3	<0.018	1.40
11/08/2008	<0.062	<0.20	3.070	0.400	2.140	160.0	123.30	123.30	150.43	<2.00	215.0	10	3.6	15.80	110.0	<0.018	1.72
08/09/2008	<0.031	<0.20	3.740	1.260	<1.000	12.0	137.50	137.50	167.75	3.50	245.0	20	4.50	17.80	161.7	<0.018	0.89
06/10/2008	<0.031	<0.20	3.570	0.800	<1.000	210.0	108.50	108.50	132.37	10.00	270.0	25	5.00	10.50	161.0	<0.018	4.05
10/11/2008	<0.031	<0.20	3.340	0.300	1.140	21.0	136.70	136.70	166.77	3.50	240.0	25	2.90	9.90	154.3	<0.018	<0.20
09/12/2008	<0.031	<0.20	2.956	0.400	1.000	15.0	136.10	136.10	166.04	3.30	240.0	25	4.30	9.80	152.8	<0.018	0.28
12/01/2009	<0.031	<0.20	2.610	0.670	2.100	15.0	104.60	104.60	127.61	10.00	215.0	80	5.70	42.60	117.0	<0.018	<0.20
09/02/2009	<0.031	<0.20	2.440	0.410	1.380	13.0	99.30	99.30	121.15	2.80	195.0	30	2.10	<5.00	124.7	<0.018	0.23
09/03/2009	<0.031	<0.20	2.820	0.670	<1.000	15.0	117.10	117.10	142.86	6.50	230.0	20	4.00	18.10	137.6	<0.018	2.04
14/04/2009	<0.031	<0.20	3.090	0.550	<1.000	12.00	116.90	116.90	142.62	2.40	225.0	5.00	5.00	6.8	142.2	<0.018	<0.20
11/05/2009	<0.031	<0.20	2.900	0.620	<1.000	22.0	136.30	136.30	166.29	2.90	215.0	10	4.80	10.60	145.2	<0.018	<0.20
09/06/2009	<0.031	<0.20	2.990	0.570	<1.000	14.0	132.80	132.80	162.02	2.60	210.00	5.0	1.80	27.20	149.8	<0.018	<0.20
06/07/2009	<0.031	<0.20	3.080	0.880	1.270	5.0	128.90	128.90	157.26	3.00	247.40	2.5	5.42	38.40	145.0	<0.018	<0.20
10/08/2009	<0.031	<0.20	3.680	1.150	1.000	18.0	140.60	140.60	171.53	2.60	236	5.0	5.72	9.15	154.5	<0.018	<0.20
14/09/2009	<0.031	<0.20	3.830	9.580	1.630	14.0	131.40	131.40	160.31	2.80	223	5.0	2.40	12.72	152.3	<0.018	1.13
13/10/2009	<0.031	<0.20	4.200	0.500	1.400	15.0	131.40	131.40	160.31	2.00	236.0	20.0	4.0	18.48	161.8	<0.018	0.52
10/11/2009	<0.031	<0.20	3.805	0.661	1.224	3.0	132.90	132.90	162.14	2.80	232.40	15	4.87	<5.00	141.6	<0.018	0.29
30/11/2009	<0.031	<0.20	3.310	0.360	<1.000	5.0	137.80	137.80	168.12	<2.00	257.0	20	4.89	<5.00	73.7	<0.018	0.22
21/01/2010	<0.031	<0.20	3.670	0.360	1.200	6.0	135.70	135.70	165.55	3.30	230.0	25	4.64	<5.00	145.2	<0.018	<0.20
09/02/2010	<0.031	<0.20	3.610	0.3300	1.920	9.0	135.9	135.90	165.80	<2.00	258.8	20	1.02	<5.00	139.7	<0.018	<0.20
17/03/2010	<0.031	<0.20	3.310	0.67	<1.460	16.0	132.9	132.90	162.14	<2.00	245.3	30	1.72	<5.00	135.2	<0.018	0.370
13/04/2010	<0.031	<0.20	3.539	0.4943	<1.460	20.0	129.8	129.80	158.36	8.4	250.4	5	2.27	AFRS	150.9	<0.018	0.342
10/05/2010	<0.031	<0.20	3.571	0.5186	<1.460	8.0	137.60	137.60	167.87	<2.00	253.80	10	2.40	<5.00	137.8	<0.018	0.292

AFRS – Amostra faltante com registro no setor

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D1-3 Lagoa Olhos d'Água - vertedor

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
12/05/2008	4.29	<0.017	<0.056	0.233	0.300	0.23	<0.50	<0.1	144.0	3.10	7.50	0.100	<0.02	4.1E+04	2.8E+02	ND
10/06/2008	4.74	<0.017	<0.056	0.243	0.313	0.24	6.20	<0.1	154.0	12.40	7.20	<0.100	<0.02	8.7E+04	648.80	ND
07/07/2008	6.20	<0.017	<0.056	0.049	0.063	<0.05	6.20	0.1	168.0	2.85	8.00	<0.100	<0.02	1.2E+04	2.2E+03	ND
11/08/2008	7.61	<0.017	<0.056	0.279	0.359	0.28	6.30	<0.1	148.0	2.60	7.60	0.140	<0.02	8.7E+04	1.6E+04	ND
08/09/2008	3.94	<0.017	<0.023	0.560	0.721	0.56	6.20	5.5	172.0	5.26	7.60	<0.100	<0.02	6.1E+04	17.1	ND
06/10/2008	17.93	<0.007	<0.023	0.327	0.421	0.33	6.20	4.5	196.0	5.93	7.50	<0.100	<0.02	7.7E+04	3.10	ND
10/11/2008	<0.89	0.018	<0.023	0.328	0.422	0.33	5.90	3.5	156.0	4.2	7.30	<0.100	<0.02	3.1E+04	1.0E+04	ND
09/12/2008	1.24	<0.007	<0.023	<0.011	<0.014	<0.05	6.10	<0.1	160.0	4.96	7.30	<0.100	<0.02	7.0E+04	228.2	ND
12/01/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.188	0.242	0.19	6.30	<0.1	146	9.55	7.10	<0.100	<0.02	2.3E+04	123.6	ND
09/02/2009	1.02	<0.007	<0.023	0.039	0.050	<0.05	6.30	<0.1	130.0	9.90	7.20	<0.100	<0.02	1.4E+05	4.8E+03	ND
09/03/2009	9.03	0.025	<0.023	0.345	0.444	0.345	5.50	<0.1	136.0	8.10	7.30	<0.100	<0.02	5.5E+03	71.2	-
14/04/2009	<0.89	<0.007	<0.023	<0.011	<0.014	<0.050	6.30	<0.1	132.0	0.32	7.70	<0.100	<0.02	435.2	0.0	-
11/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.246	0.317	0.246	6.20	<0.1	144.0	3.14	7.50	<0.100	<0.02	6.1E+04	95.9	-
09/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.361	0.465	0.361	5.60	<0.1	144.0	1.79	7.50	<0.100	<0.02	4.3E+03	24.3	DEQA
06/07/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.430	0.554	0.430	6.40	<0.1	148.0	1.71	7.69	<0.100	<0.02	4.4E+04	95.9	ND
10/08/2009	<0.89	0.038	<0.023	0.223	0.287	0.223	5.90	<0.1	188.0	1.80	7.63	0.110	<0.02	5.7E+03	620.0	ND
14/09/2009	5.00	<0.007	<0.023	0.179	0.231	0.179	6.50	5.2	184.0	0.90	7.47	0.180	<0.02	2.0E+04	50.4	-
13/10/2009	2.30	<0.007	<0.023	0.329	0.424	0.329	6.40	<0.1	172.0	2.00	7.55	0.110	<0.02	5.2E+03	21.1	-
10/11/2009	1.28	<0.007	<0.023	0.268	0.345	0.268	6.40	<0.1	168.0	2.60	7.56	0.130	<0.02	1.2E+04	40.2	DEQA
30/11/2009	0.97	<0.007	<0.023	0.019	0.024	<0.050	5.80	<0.1	168.0	3.10	7.30	0.110	<0.02	2.1E+04	146.0	DEQA
21/01/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.435	0.560	0.435	6.50	<0.1	180.0	4.30	7.20	0.260	<0.02	>2419.6	98.7	DEQA
09/02/2010	<0.89	<0.007	<0.023	0.244	0.314	0.244	6.30	<0.1	116.0	8.60	7.53	<0.100	<0.02	>2419.6	20.1	DEQA
17/03/2010	1.64	<0.007	<0.023	0.406	0.523	0.406	6.40	<0.1	132.0	4.40	7.28	<0.100	<0.02	1.6E+04	55.6	DEQA
13/04/2010	1.51	<0.007	<0.023	0.147	0.189	0.147	6.50	<0.1	176.0	7.06	6.96	<0.13	<0.02	2.8E+03	15.8	DEQA
10/05/2010	1.29	<0.007	<0.023	0.429	0.552	0.429	6.50	<0.1	160.0	3.00	7.20	<0.13	<0.02	2.0E+04	178.5	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D2-1 Lagoa Poço Verde - vertedor

Data	Al	As	Ba	Pb	Co	Cu	Cr	Cd	Ca	Fe	Mn	Hg	Se	Zn	OG	Silica	Fosfato
13/05/2008	0.0200	<0.0030	0.0090	0.0110	<0.0020	0.040	<0.0006	0.001	39.00	0.1200	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.120	10.80	8.600	<0.020
09/06/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.20	0.8600	0.090	<0.00020	<0.0003	0.050	10.00	7.350	<0.020
08/07/2008	<0.0020	<0.0030	<0.0020	0.0350	<0.0020	<0.010	0.001	0.006	59.25	0.2000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.080	<2.00	3.500	<0.020
12/08/2008	0.0960	<0.0030	0.0920	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	48.20	0.1400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.015	2.00	7.110	<0.01
09/09/2008	0.0780	<0.0030	0.0460	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	68.00	0.7100	0.050	<0.00020	<0.0003	0.120	3.6	62.18	<0.010
07/10/2008	0.0570	<0.0030	0.0370	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	51.85	0.5300	0.040	<0.00020	<0.0003	0.030	<2.00	6.985	<0.010
11/11/2008	0.0360	<0.0030	0.0370	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	56.5	1.830	0.070	<0.00020	<0.0003	0.060	2.00	8.034	<0.010
10/12/2008	<0.0020	<0.0030	0.2900	0.0390	<0.0020	0.055	0.0060	<0.00006	70.60	0.2200	0.020	<0.00020	<0.0003	0.112	<2.00	9.390	<0.010
13/01/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/02/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/03/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/04/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/05/2009	<0.0020	<0.0030	0.0160	<0.0070	0.0022	<0.010	<0.0006	<0.00006	68.5	0.1000	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.100	<2.00	8.420	<0.010
08/06/2009	0.0360	<0.0030	0.0388	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	61.80	0.0800	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.050	<2.00	8.380	<0.010
07/07/2009	0.0061	<0.0030	0.0730	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0006	<0.00006	63.60	0.1000	0.020	<0.00020	<0.0003	0.029	2.80	8.880	<0.010
11/08/2009	0.0830	<0.0030	0.0020	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	3.77	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.028	4.30	6.400	<0.010
15/09/2009	0.1060	<0.0030	0.0490	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0035	<0.00006	77.92	0.4400	<0.020	<0.00020	<0.0003	0.034	<2.00	8.900	<0.010
15/10/2009	<0.0020	<0.00300	0.0230	<0.0070	<0.0020	<0.010	0.0041	<0.00006	63.00	0.4700	0.030	<0.00020	<0.00030	0.057	5.00	6.050	<0.010
09/11/2009	0.1000	<0.00300	0.0210	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	65.94	0.2580	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.213	3.50	6.020	<0.010
01/12/2009	0.004	<0.00300	0.0120	<0.0070	<0.0020	<0.010	<0.0006	<0.00006	80.00	0.1900	<0.020	<0.00020	<0.00030	0.033	5.70	5.010	<0.010



Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D2-1 Lagoa Poço Verde - vertedor

Data	PO <sub>4</sub>	N org	Mg	K	Na	Acidez	Alk	Alk tot	HCO <sub>3</sub>	Cl	CE	Cor	DBO	DQO	Hard	Fenóis	Nitrato
13/05/2008	<0.062	<0.20	1.360	0.520	1.700	9.0	163.80	163.80	199.84	3.40	260.0	20	6.80	7.36	166.9	<0.018	2.40
09/06/2008	<0.062	<0.20	0.800	0.590	1.950	20.0	166.80	166.80	203.50	4.10	280.0	5	3.60	18.00	167.5	<0.018	1.49
08/07/2008	<0.062	<0.20	1.260	0.490	2.190	18.0	149.10	149.10	181.90	2.90	250.0	<2.5	<0.50	7.70	174.0	<0.018	1.33
12/08/2008	<0.062	<0.020	<0.20	1.620	0.510	1.330	13.0	138.90	169.46	5.00	270.0	20	PADA	9.20	180.4	<0.018	5.04
09/09/2008	<0.031	<0.20	1.680	1.610	1.700	8.0	151.6	151.6	184.95	2.50	270.0	20	3.60	18.4	164.9	<0.018	1.55
07/10/2008	<0.031	<0.20	1.700	0.780	1.470	14.0	142.10	142.10	173.36	4.20	300.0	30	6.00	11.00	130.1	<0.018	5.04
11/11/2008	<0.031	<0.20	1.52	0.47	1.080	24.0	158.30	158.30	193.13	5.10	300.0	40	4.4	10.20	183.1	<0.018	<0.20
10/12/2008	<0.031	<0.20	1.569	0.510	1.600	21.0	156.50	156.50	190.93	3.60	295.0	20	3.50	11.20	139.3	<0.018	1.32
13/01/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/02/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/03/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/04/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/05/2009	<0.031	<0.20	1.580	0.570	1.690	25.0	164.10	164.10	200.20	5.10	285.0	5.0	6.30	7.00	185.1	<0.018	<0.20
08/06/2009	<0.031	<0.20	1.600	1.350	1.890	23.0	172.10	172.10	209.96	3.40	315.00	5.0	2.90	22.40	183.8	<0.018	<0.20
07/07/2009	<0.031	<0.20	1.630	0.520	1.610	10.0	165.70	165.70	202.15	2.00	299.00	2.5	5.43	10.20	171.0	<0.018	0.20
11/08/2009	<0.031	<0.20	1.810	0.860	1.220	10.0	171.80	171.80	209.60	3.20	284	15	5.06	7.34	172.7	<0.018	0.27
15/09/2009	<0.031	<0.20	2.060	0.200	1.740	16.0	166.40	166.40	203.01	3.50	273	20	1.14	5.00	183.6	<0.018	0.26
15/10/2009	<0.031	<0.20	2.000	0.470	2.400	22.0	191.90	191.90	234.12	4.00	282.9	20	5.23	96.58	183	<0.018	0.53
09/11/2009	<0.031	<0.20	1.855	0.408	1.853	10.0	160.10	160.10	195.32	6.70	298.0	25	4.11	<5.00	183	<0.018	<0.20
01/12/2009	<0.031	<0.20	1.630	1.100	1.470	5.0	165.30	165.30	201.67	3.00	302.0	20	1.78	<5.00	163.6	<0.018	0.26

PADA – Perda da amostra durante a análise

Tabela C.10 Continuação

Ponto S2D2-1 Lagoa Poço Verde - vertedor

Data	NO <sub>3</sub>	Nitrito	NO <sub>2</sub>	N-NH <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Ntotal	OD	Sulfatos	STD	Turbidez	pH	F	Sulfeto	CT	EC	Atrazina
13/05/2008	10.62	<0.017	<0.056	0.479	0.617	0.48	5.20	5.8	176.0	3.20	7.40	0.180	<0.02	2.4E+05	27.5	ND
09/06/2008	6.60	<0.017	<0.056	0.461	0.594	0.46	5.40	<0.1	196.0	24.40	7.50	0.170	<0.02	5840.0	5.2	ND
08/07/2008	5.89	<0.017	<0.056	0.225	0.290	0.23	6.20	2.0	196.0	10.00	7.40	0.740	<0.02	5040.0	21.3	ND
12/08/2008	22.31	<0.017	<0.056	0.073	0.094	0.07	6.30	6.0	128.0	13.50	7.60	0.120	<0.02	49.6	17.2	ND
09/09/2008	6.86	<0.017	<0.023	0.166	0.214	0.17	6.40	7.4	200.0	16.4	7.90	0.160	<0.02	7.80E+05	1.61E+01	ND
07/10/2008	22.31	0.009	<0.023	0.359	0.462	0.36	6.20	<0.1	186.0	4.38	7.30	0.160	<0.02	3.20E+04	727.00	ND
11/11/2008	<0.89	0.032	<0.023	0.282	0.363	0.28	5.60	5.3	180.0	5.60	7.30	0.150	<0.02	1.80E+04	290.90	ND
10/12/2008	5.84	<0.007	<0.023	0.571	0.735	0.57	6.20	7.3	188.0	7.90	8.10	0.120	<0.02	8600.0	387.3	ND
13/01/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10/02/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/03/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13/04/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12/05/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.233	0.300	0.233	6.40	<0.1	204.0	2.80	7.30	0.150	<0.02	2.4E+05	1986.3	-
08/06/2009	<0.89	<0.007	<0.023	0.213		0.213	5.50	13.4	192.0	2.21	7.40	0.160	<0.02	1.8E+04	178.5	DEQA
07/07/2009	0.89	<0.007	<0.023	0.195	0.251	0.195	6.10	<0.1	200.0	1.10	7.50	0.150	<0.02	7.3E+04	816.4	ND
11/08/2009	1.20	<0.007	<0.023	0.341	0.439	0.341	6.40	19.8	208.0	4.40	7.78	0.140	<0.02	1.2E+04	300.0	ND
15/09/2009	1.15	<0.007	<0.023	0.687	0.885	0.687	6.50	<0.1	192.0	3.77	7.81	0.200	<0.02	5630.0	98.5	ND
15/10/2009	2.35	<0.007	<0.023	0.582	0.749	0.582	6.4	<0.1	212.0	3.20	7.56	0.220	<0.02	>2419.6	122.3	DEQA
09/11/2009	<0.89	0.018	<0.023	0.234	0.301	0.234	6.4	<0.1	200.0	3.00	7.45	0.900	<0.02	3410.0	54.6	DEQA
01/12/2009	1.15	<0.007	<0.023	0.263	0.339	0.263	5.8	<0.1	198.0	1.40	7.71	0.18	<0.02	5560.0	290.9	DEQA

ND – Não determinado

DEQA – Defeito no equipamento de análise

## **ANEXOS - D Mapas**

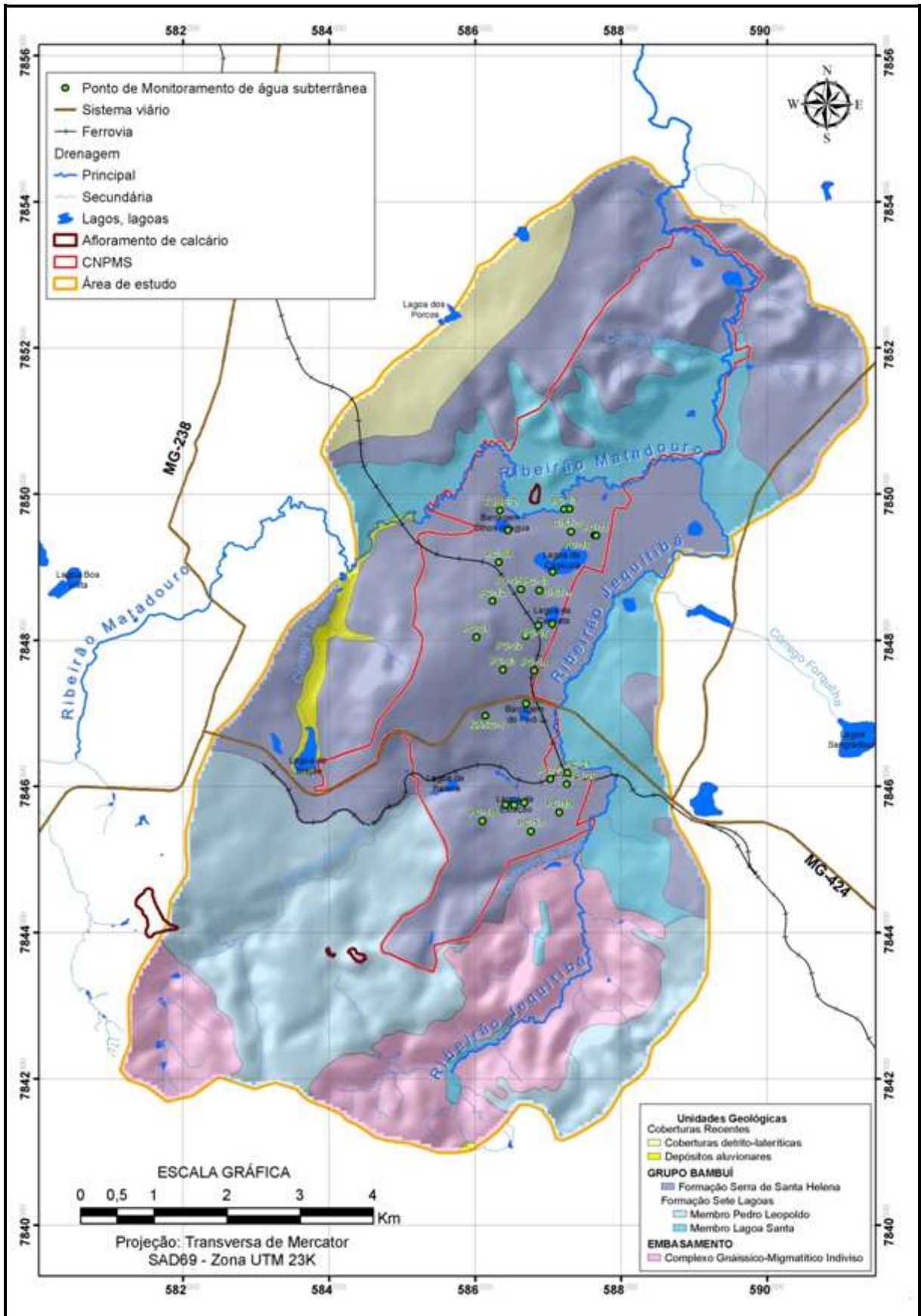


Figura D1 Pontos de monitoramento de águas subterrâneas

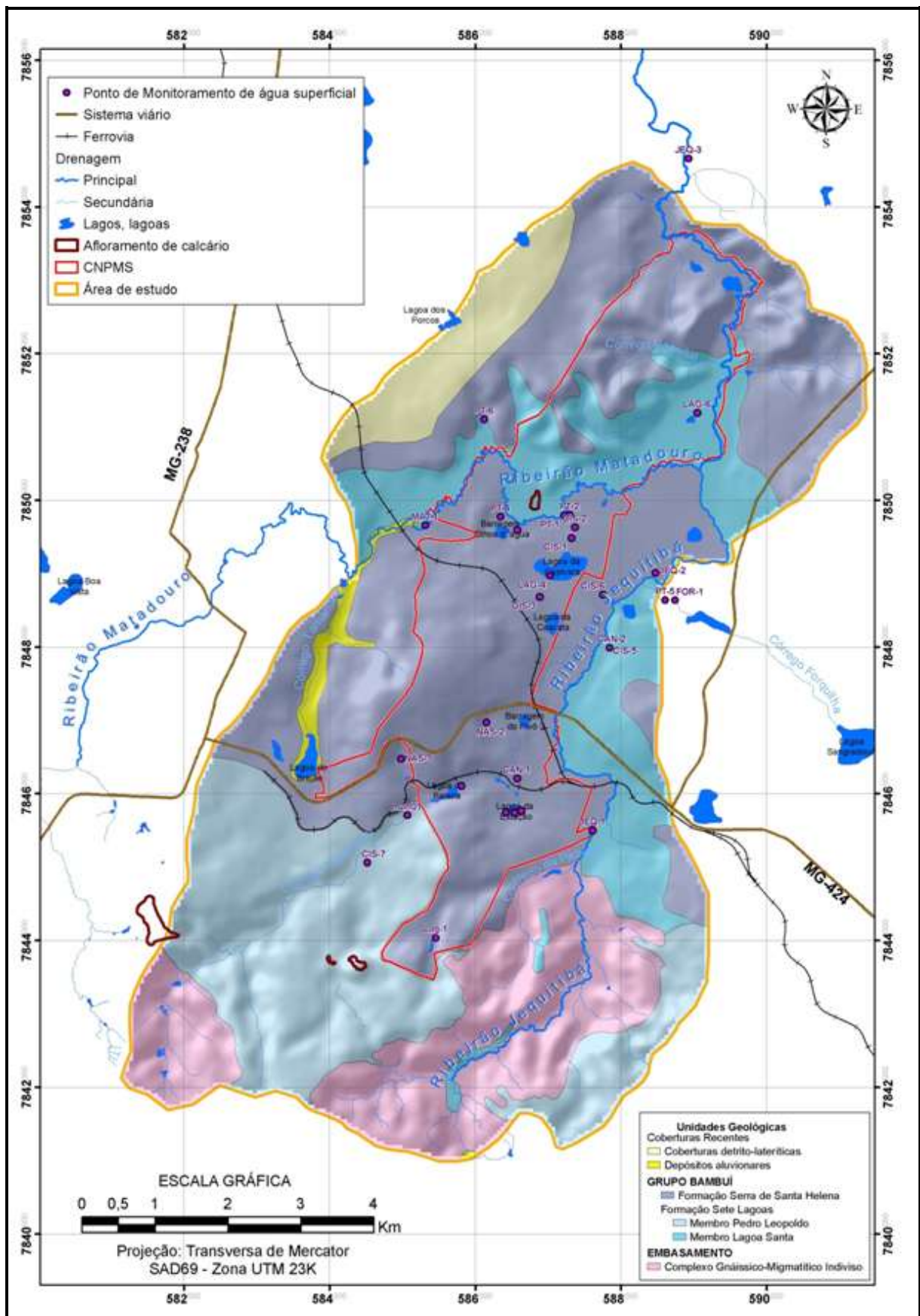


Figura D2 Pontos de monitoramento de águas superficiais

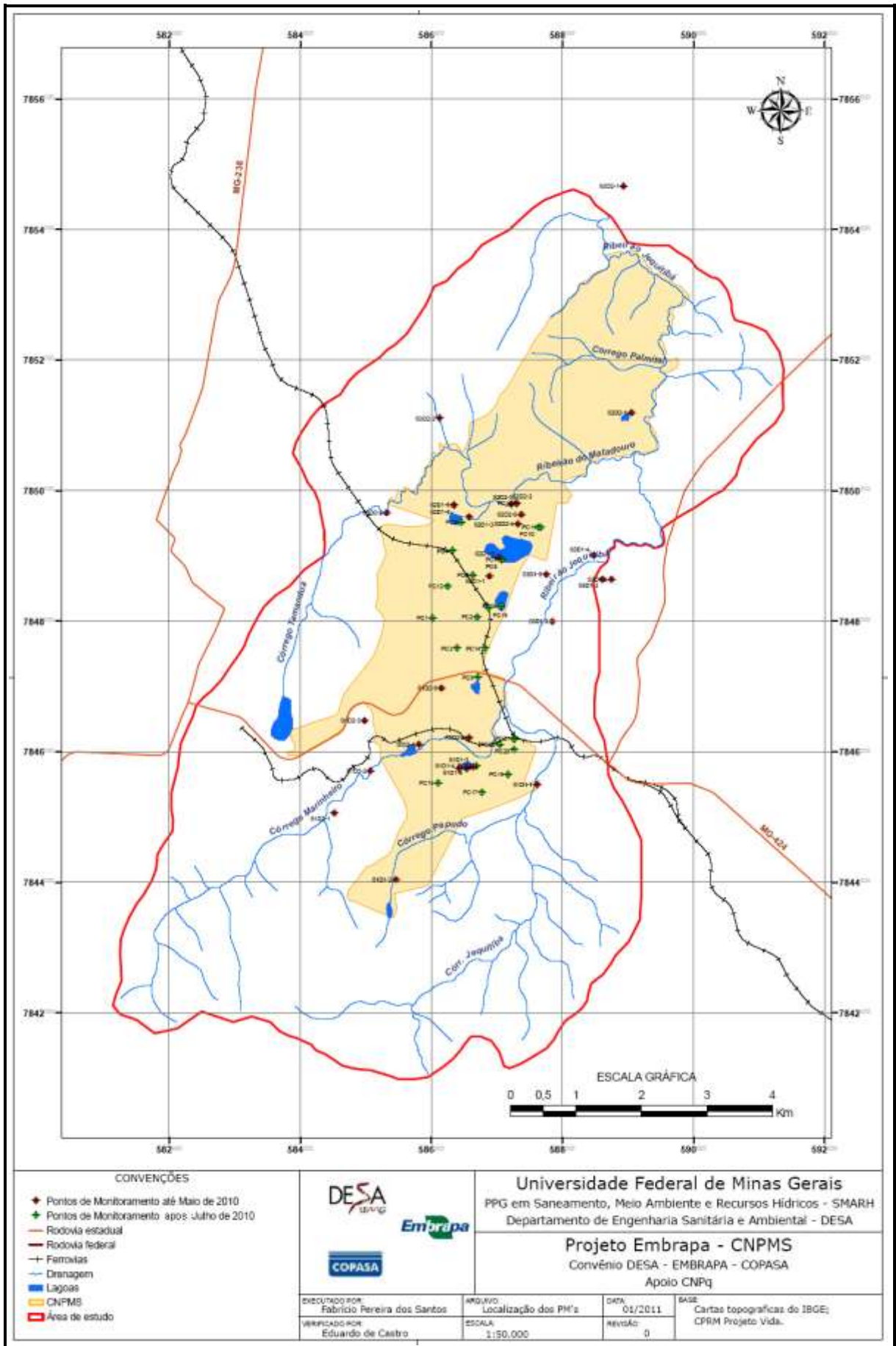


Figura D3 Mapa síntese dos pontos monitorados na área do estudo

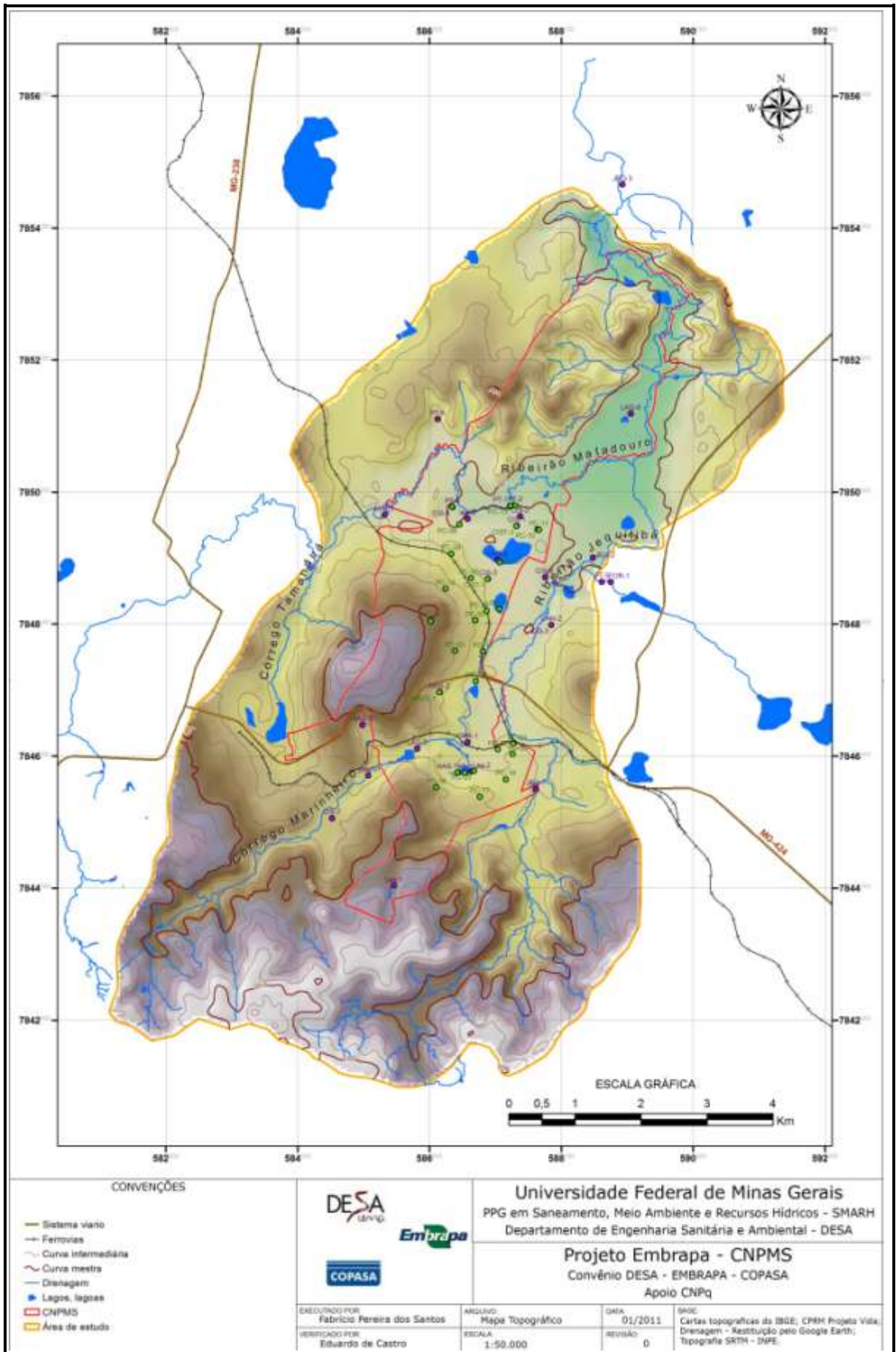


Figura D4 Mapa topográfico da área de estudo

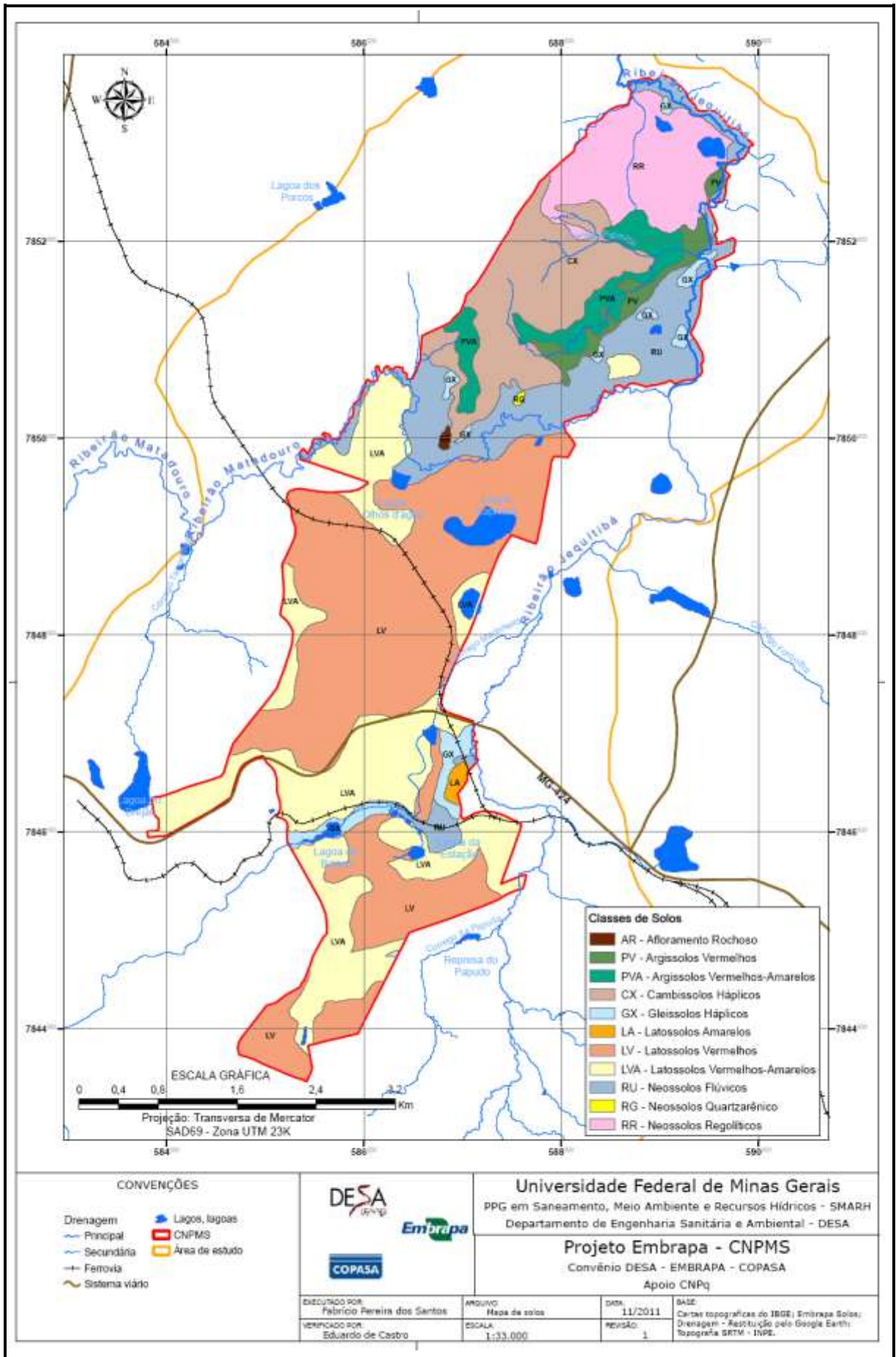


Figura D5 Mapa de solos na área do CNPMS



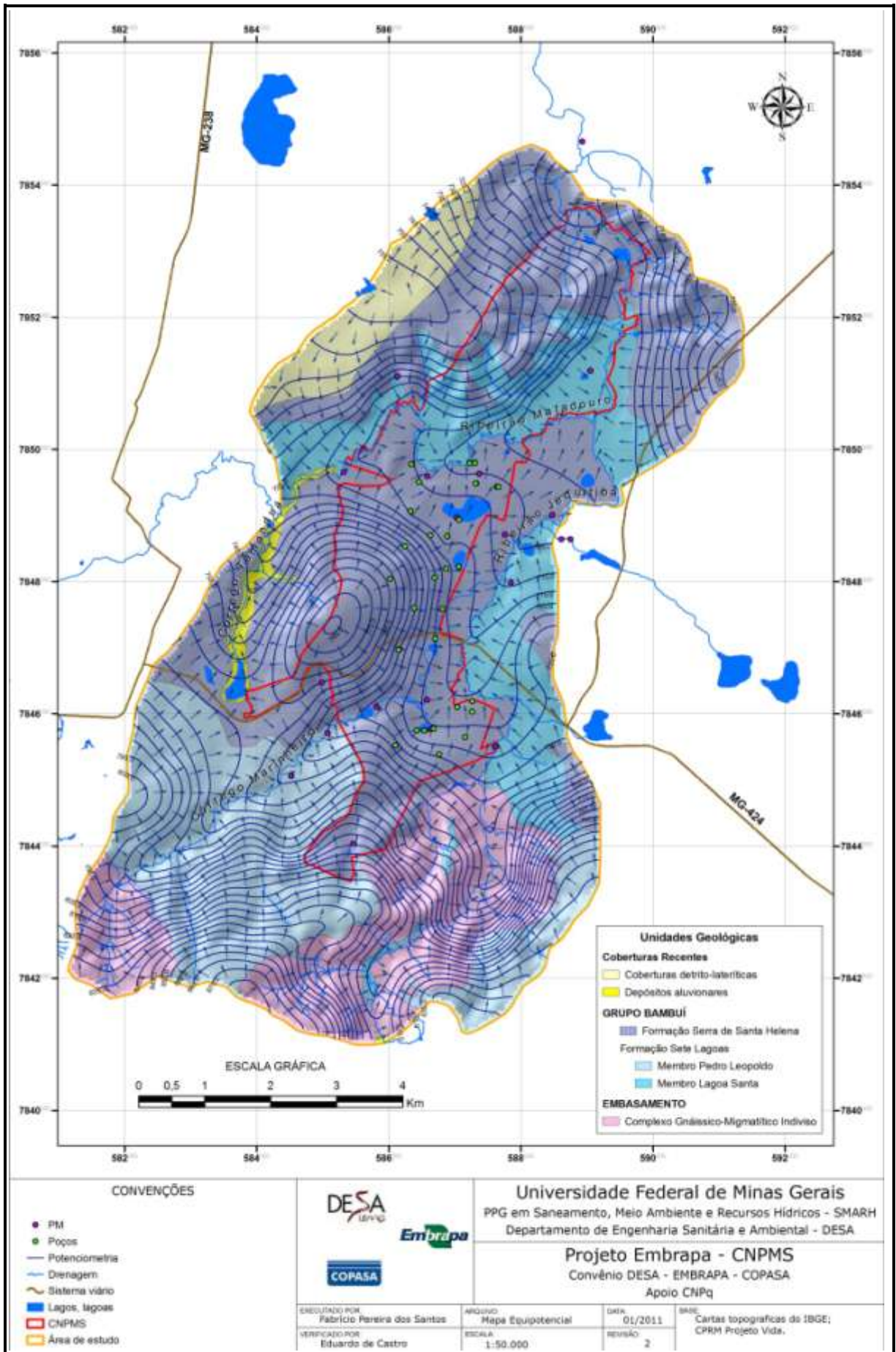


Figura D6 Mapa da potenciometria na área do estudo (equidistância de 5m)

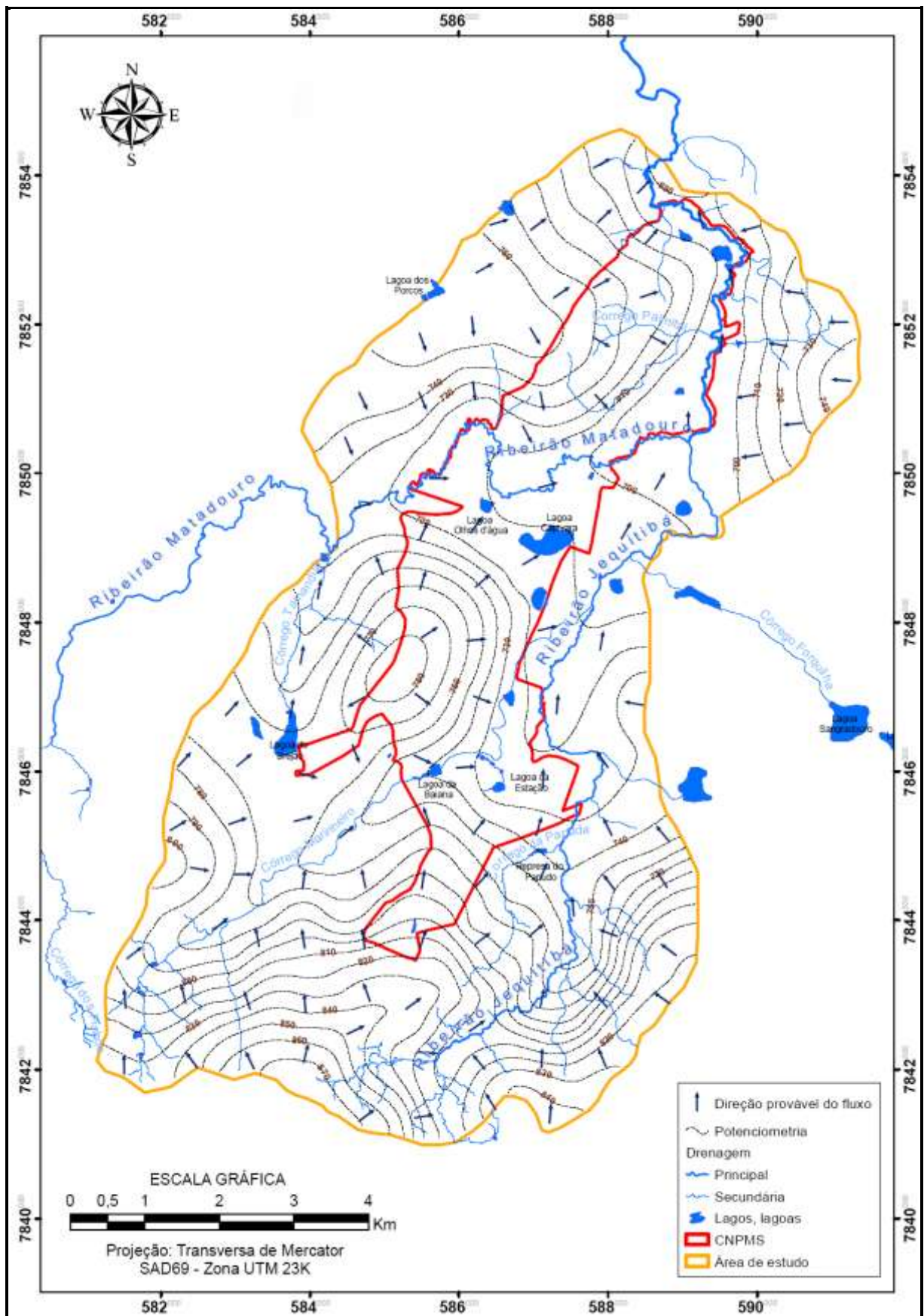


Figura D7 Mapa da potenciometria na área do estudo (equidistância de 10m)

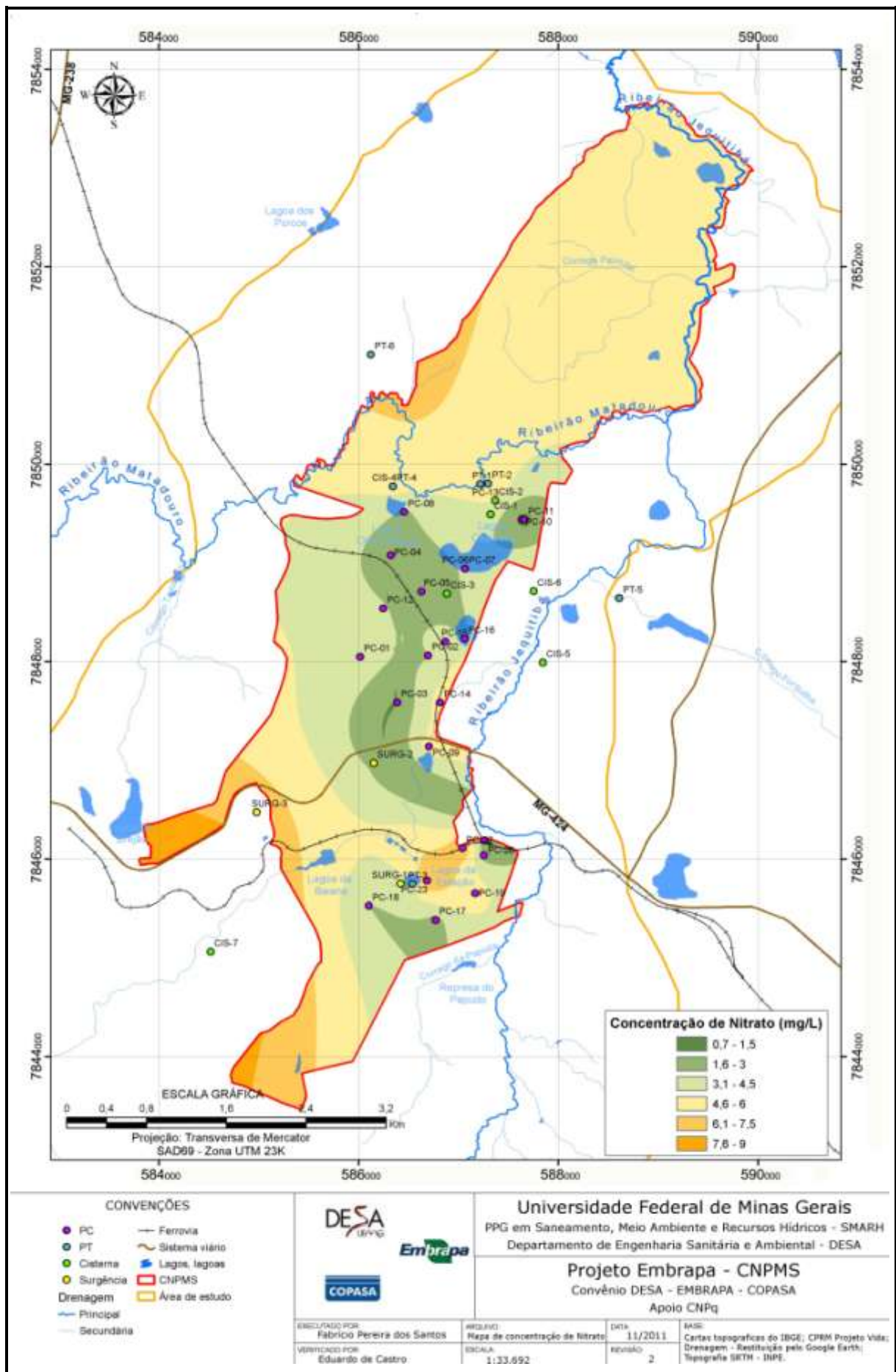


Figura D8 Distribuição do nitrato na área do CNPMS

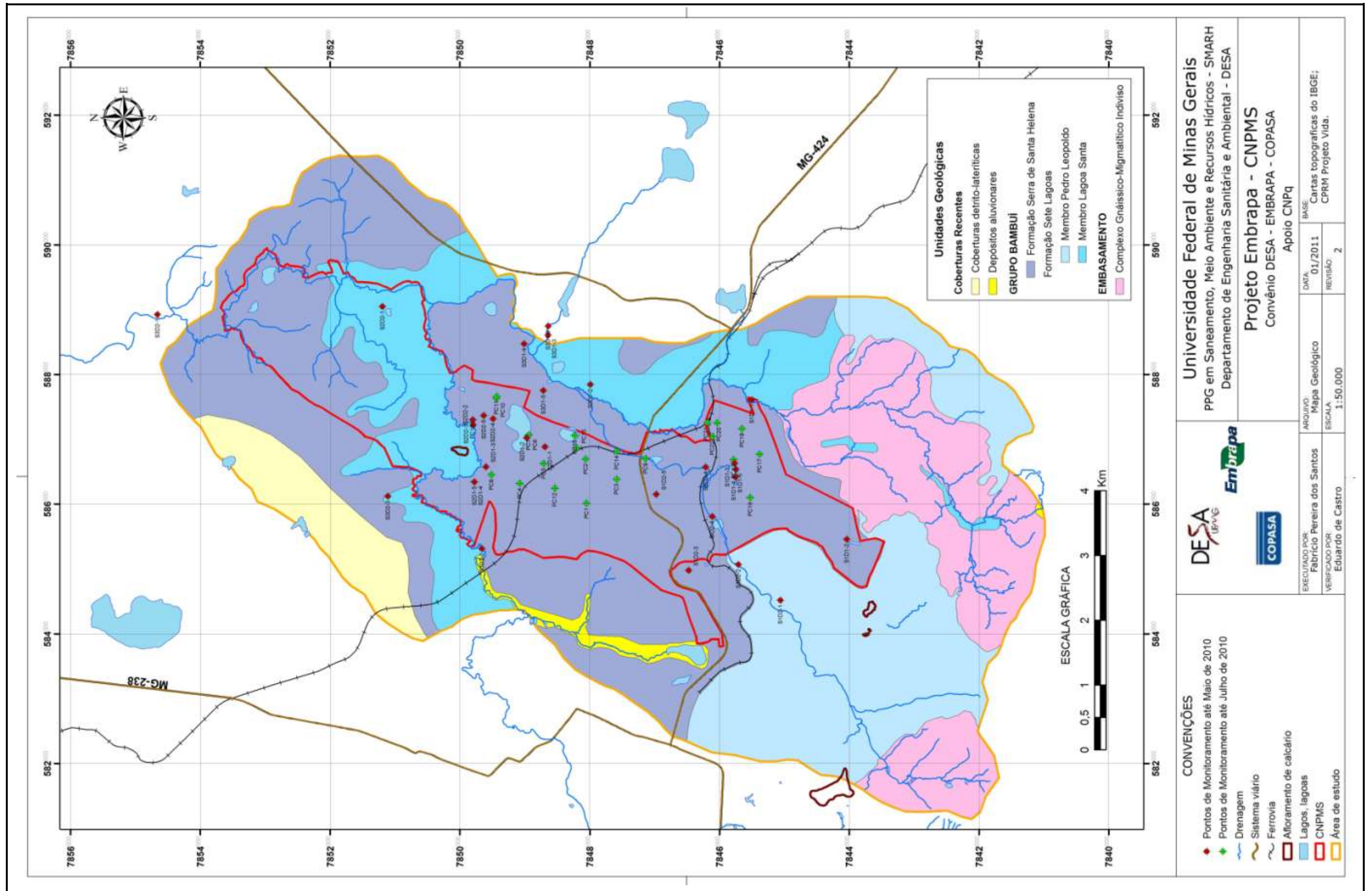


Figura D9 Mapa litológico da área de estudo

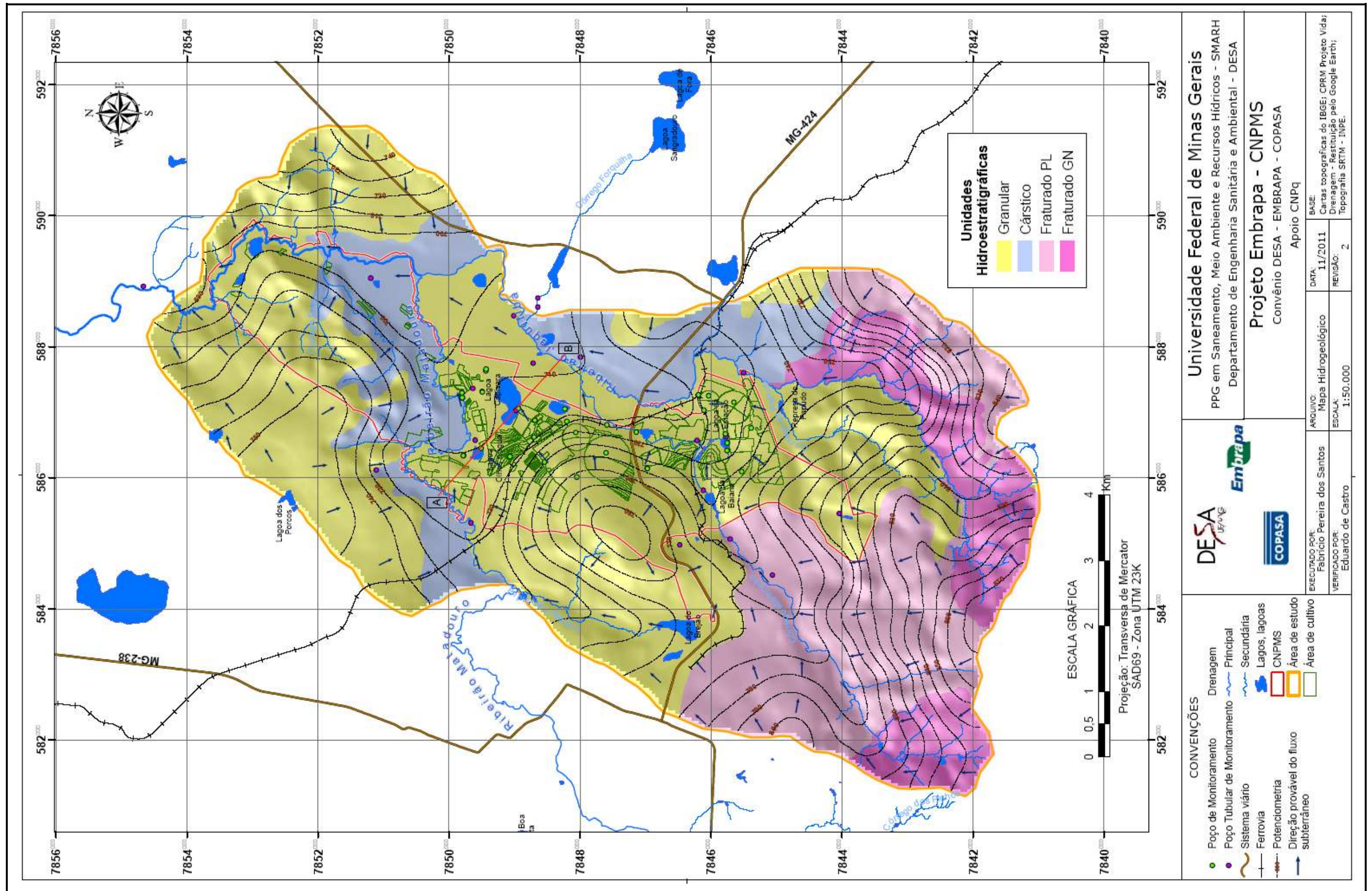


Figura D10 Mapa hidrogeológico da área do estudo

## **ANEXO E - Perfis Construtivos e Perfis Litológicos dos Poços de Monitoramento**

**Anexo E – Perfis construtivos dos poços de monitoramento**

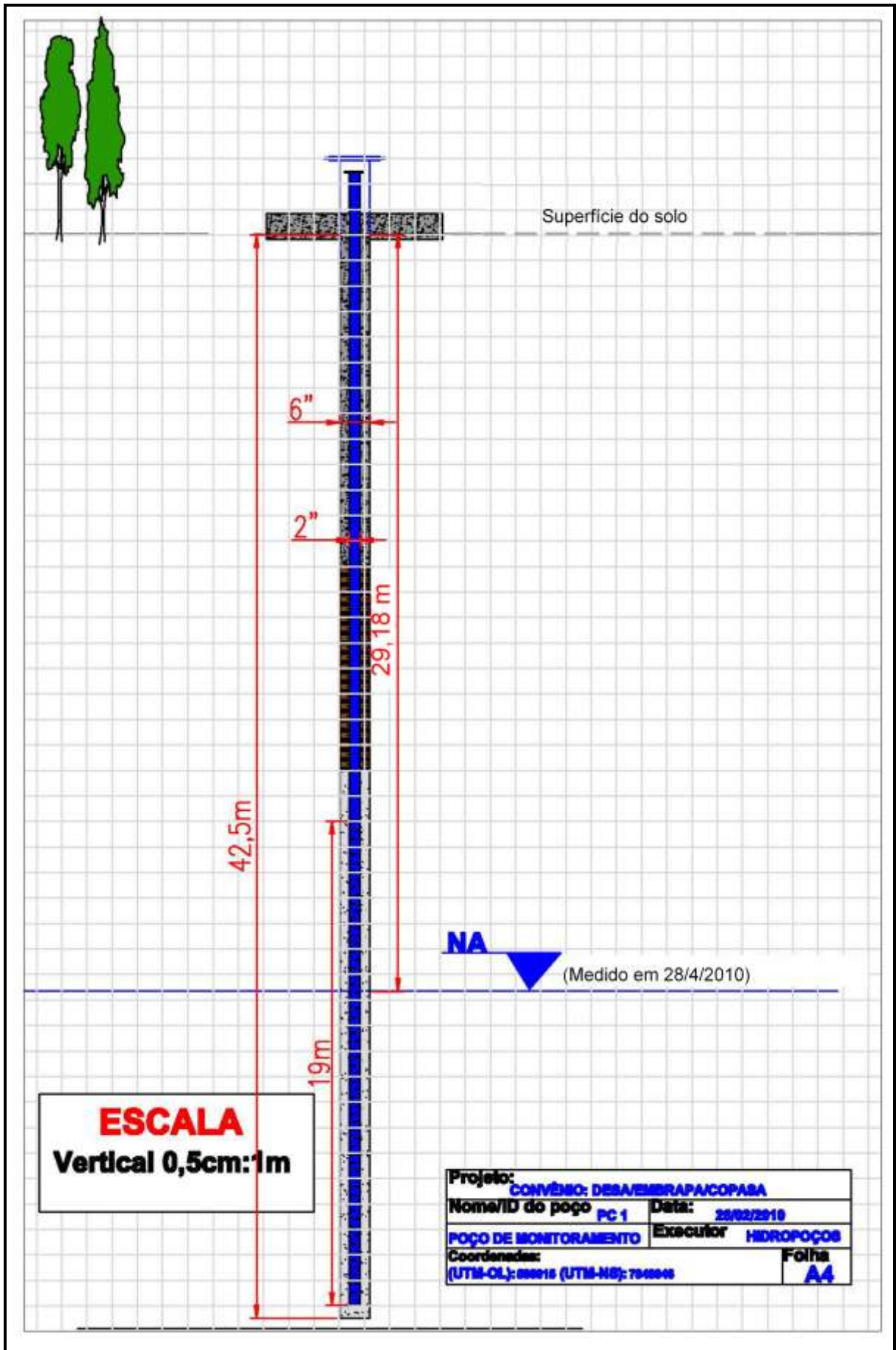


Figura E1 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-1

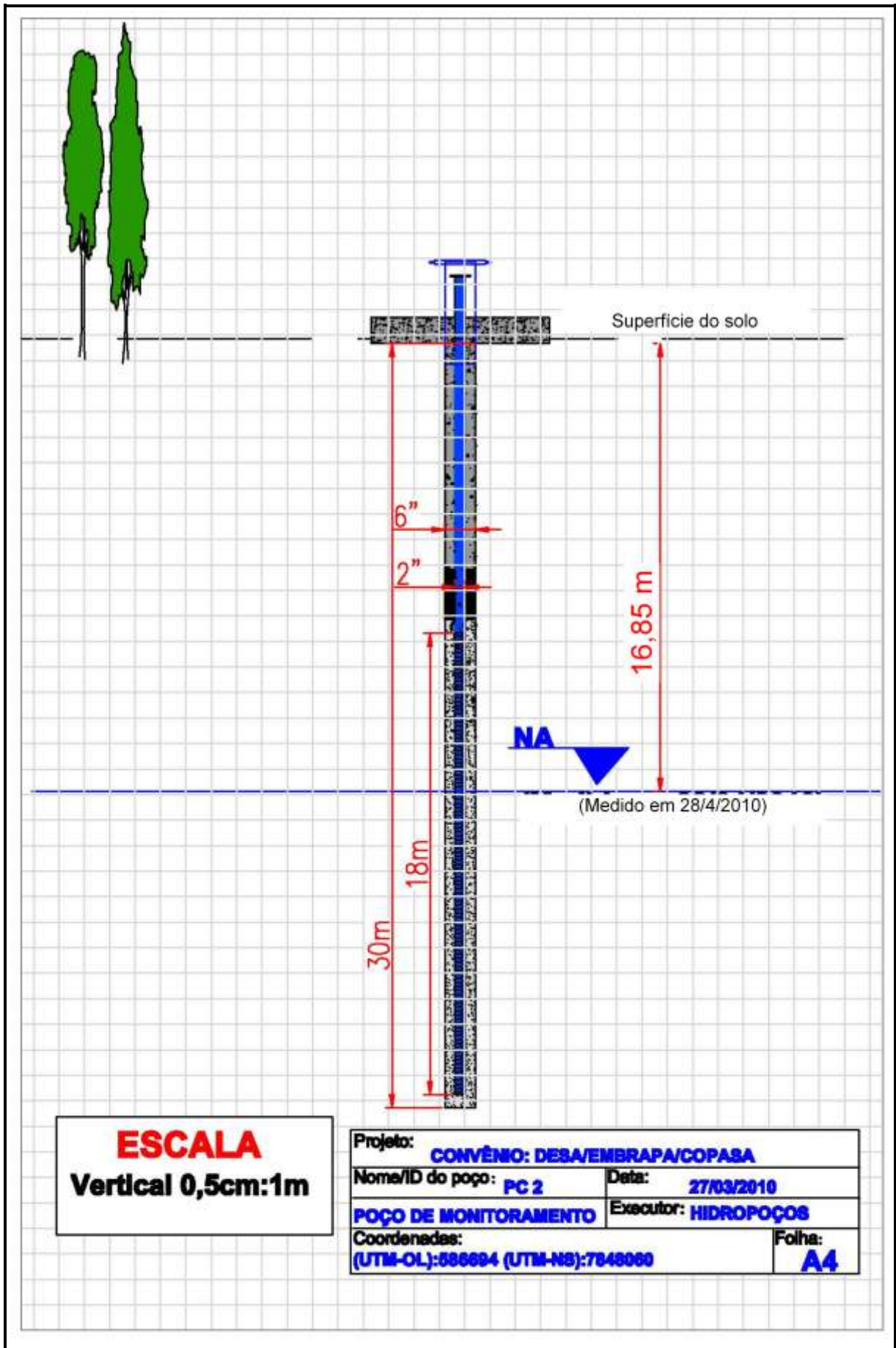


Figura E2 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-2



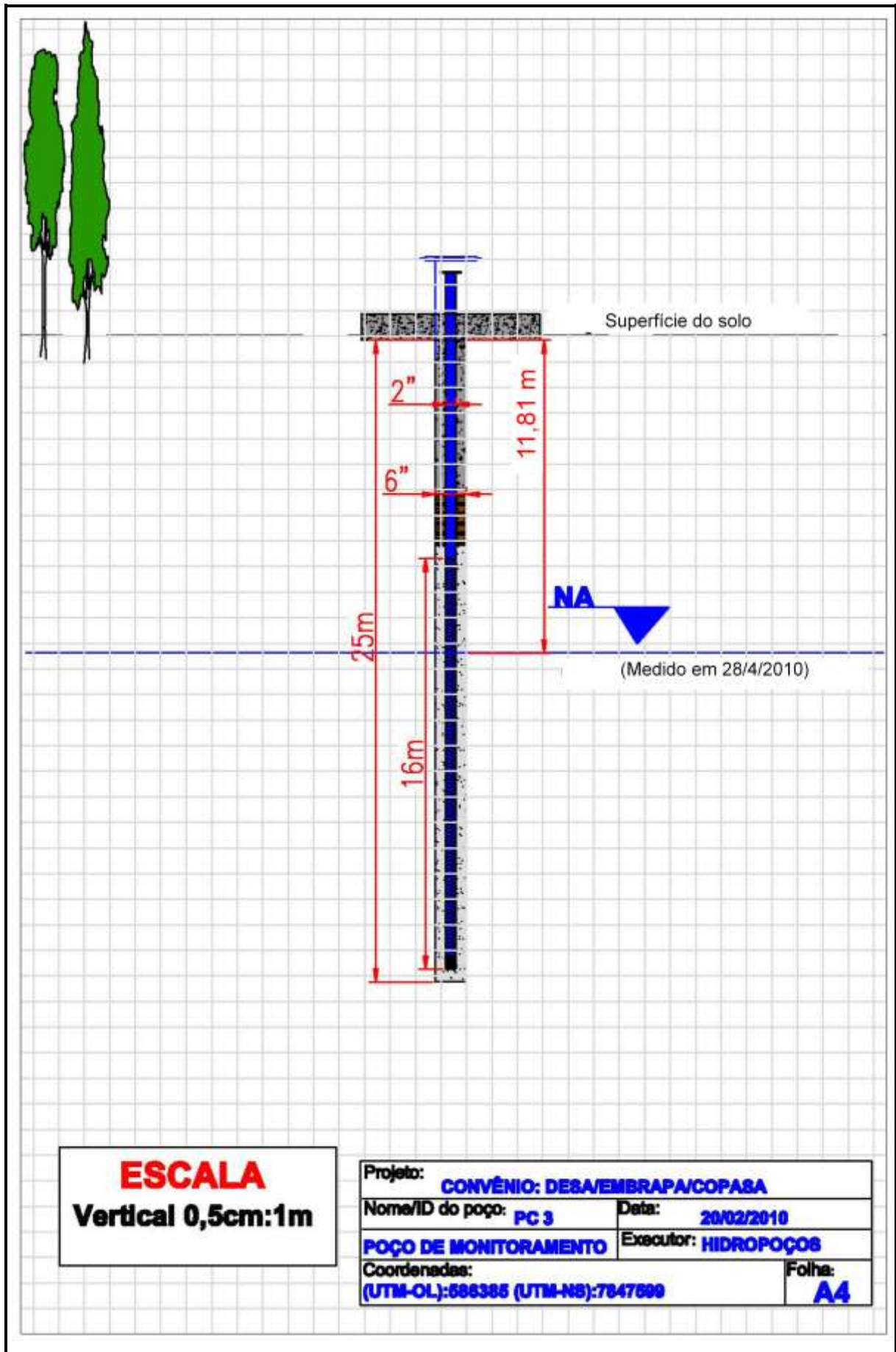


Figura D3 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-3

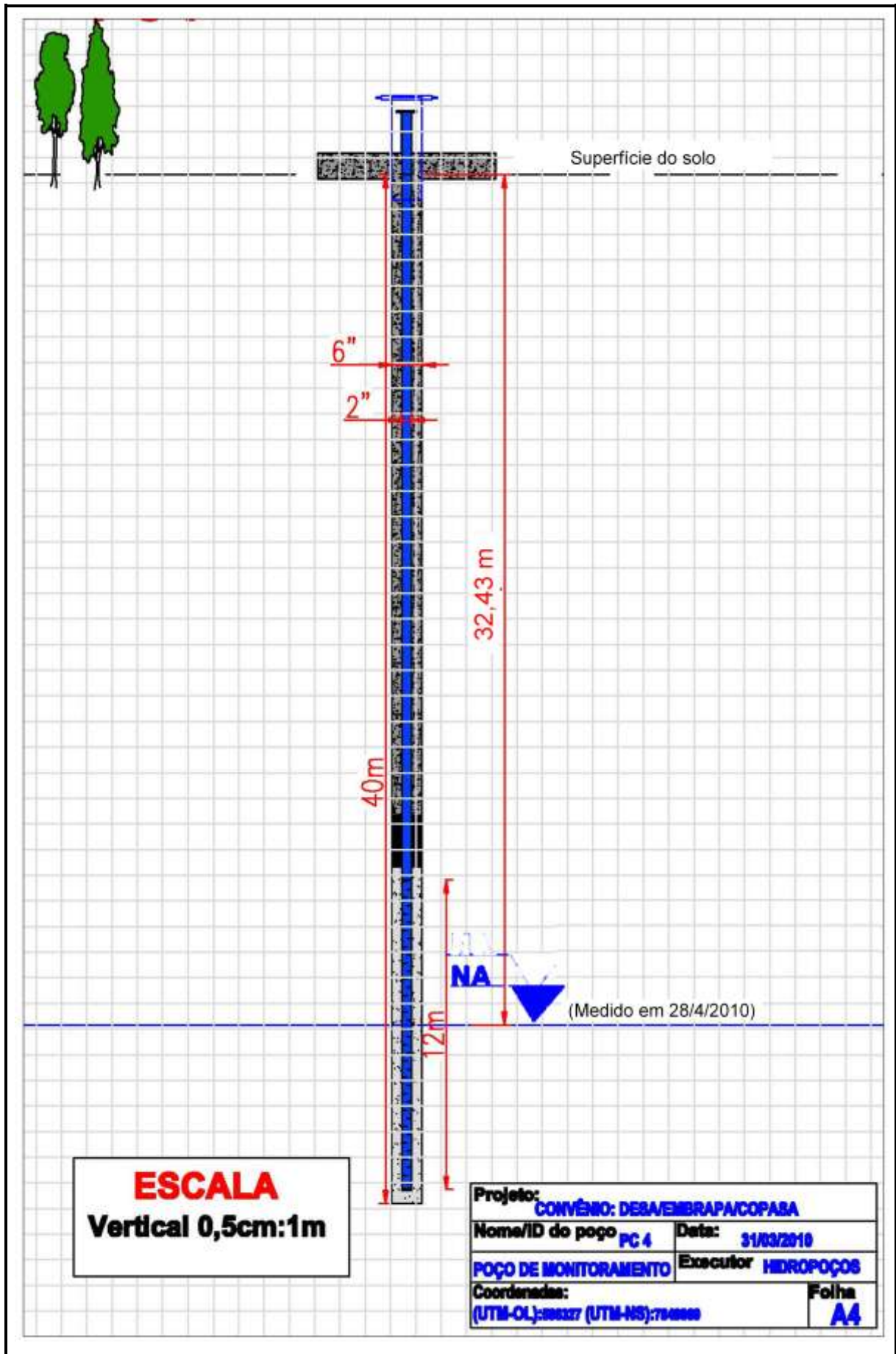


Figura E4 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-4

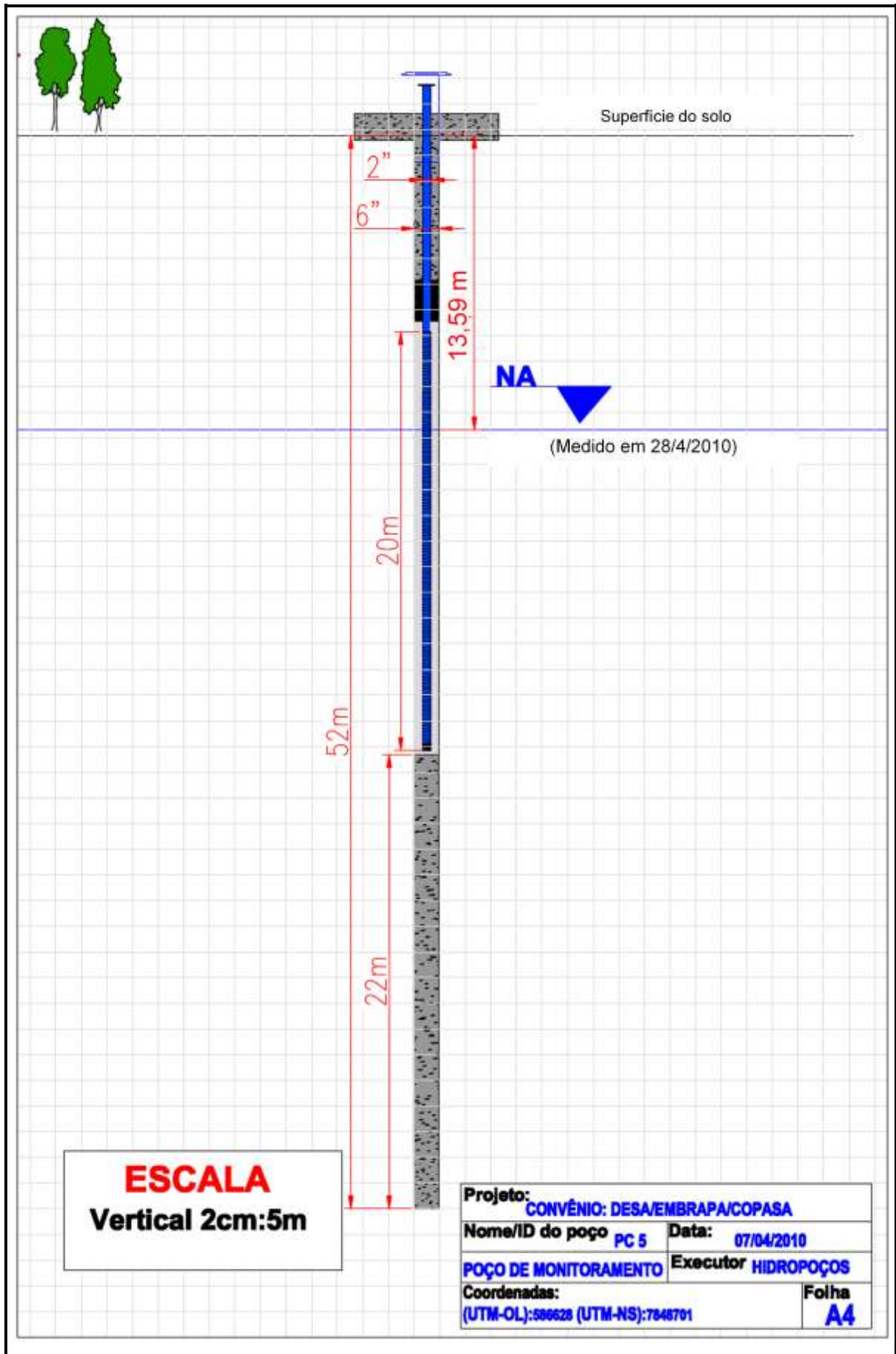


Figura E5 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-5

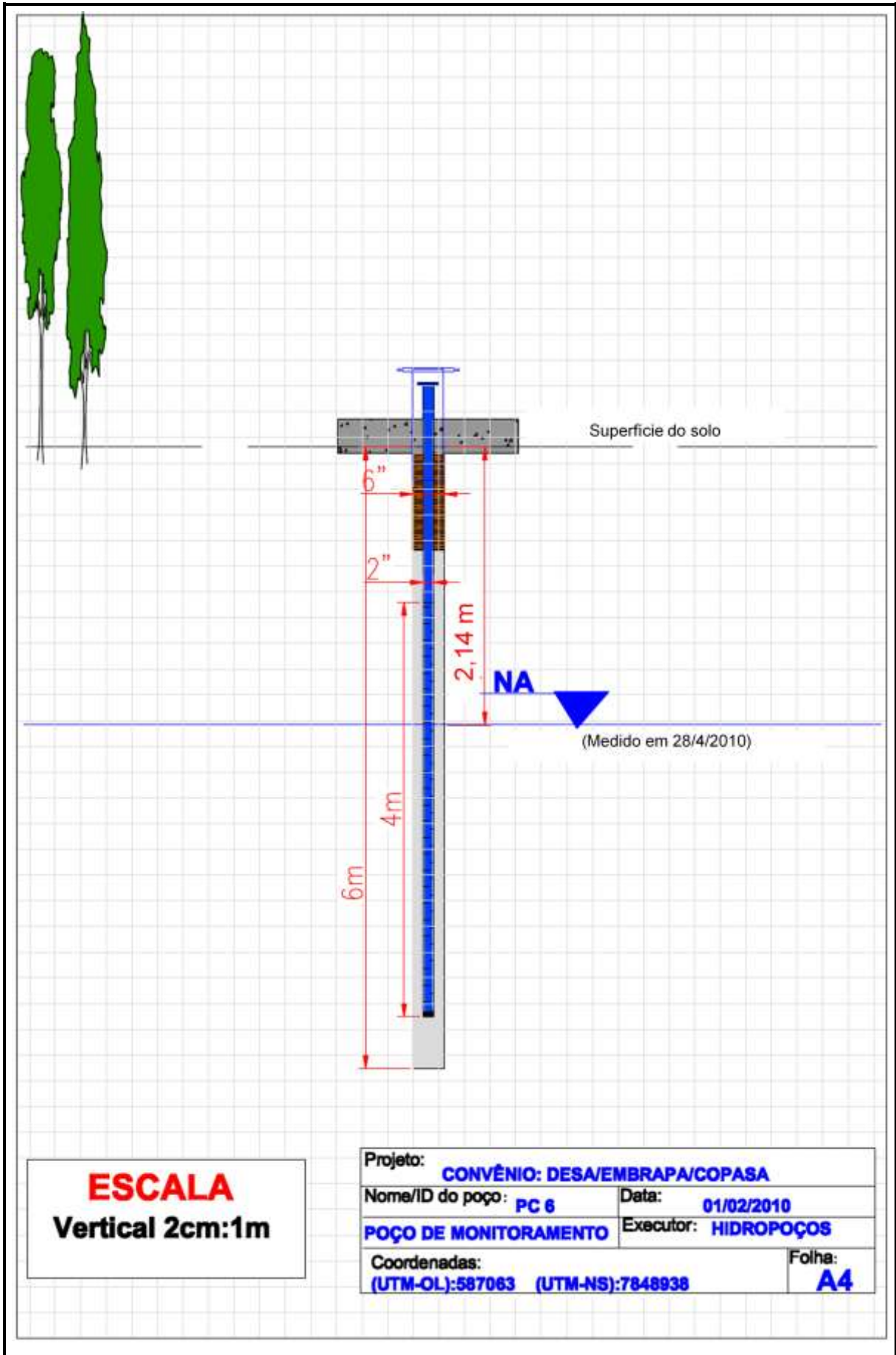


Figura E6 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-6

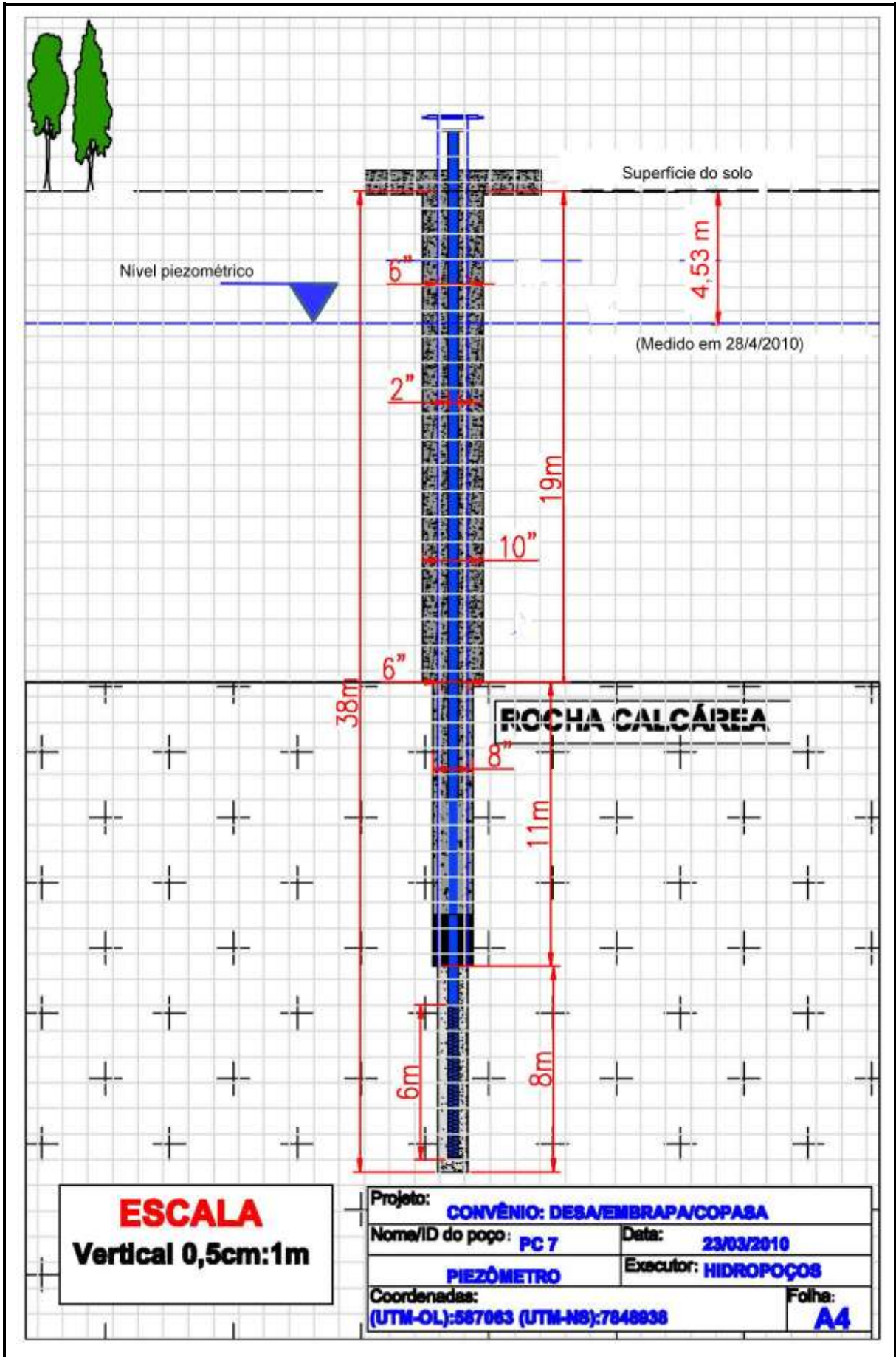


Figura E7 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-7 (Piezômetro)

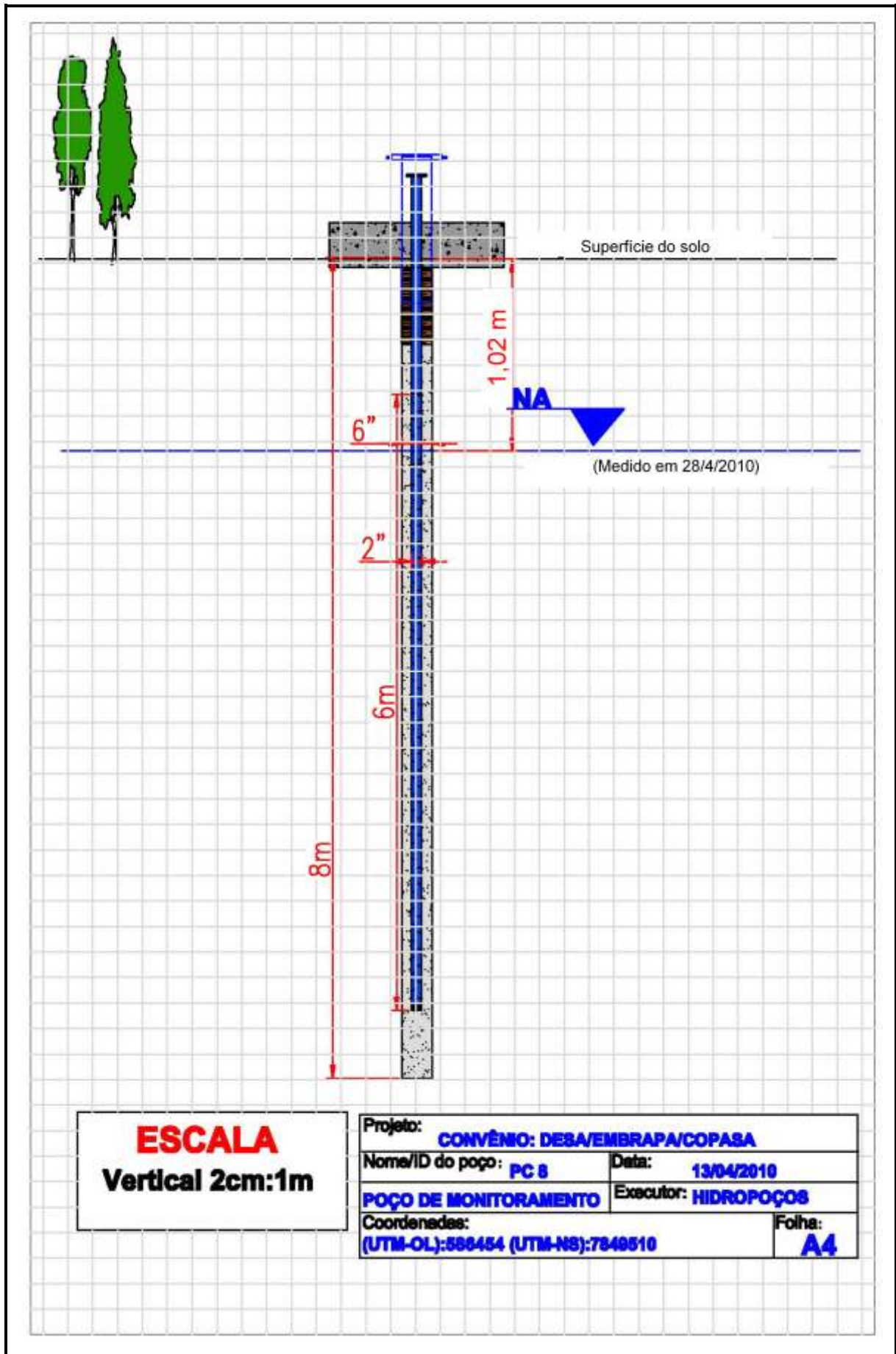


Figura E8 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-8

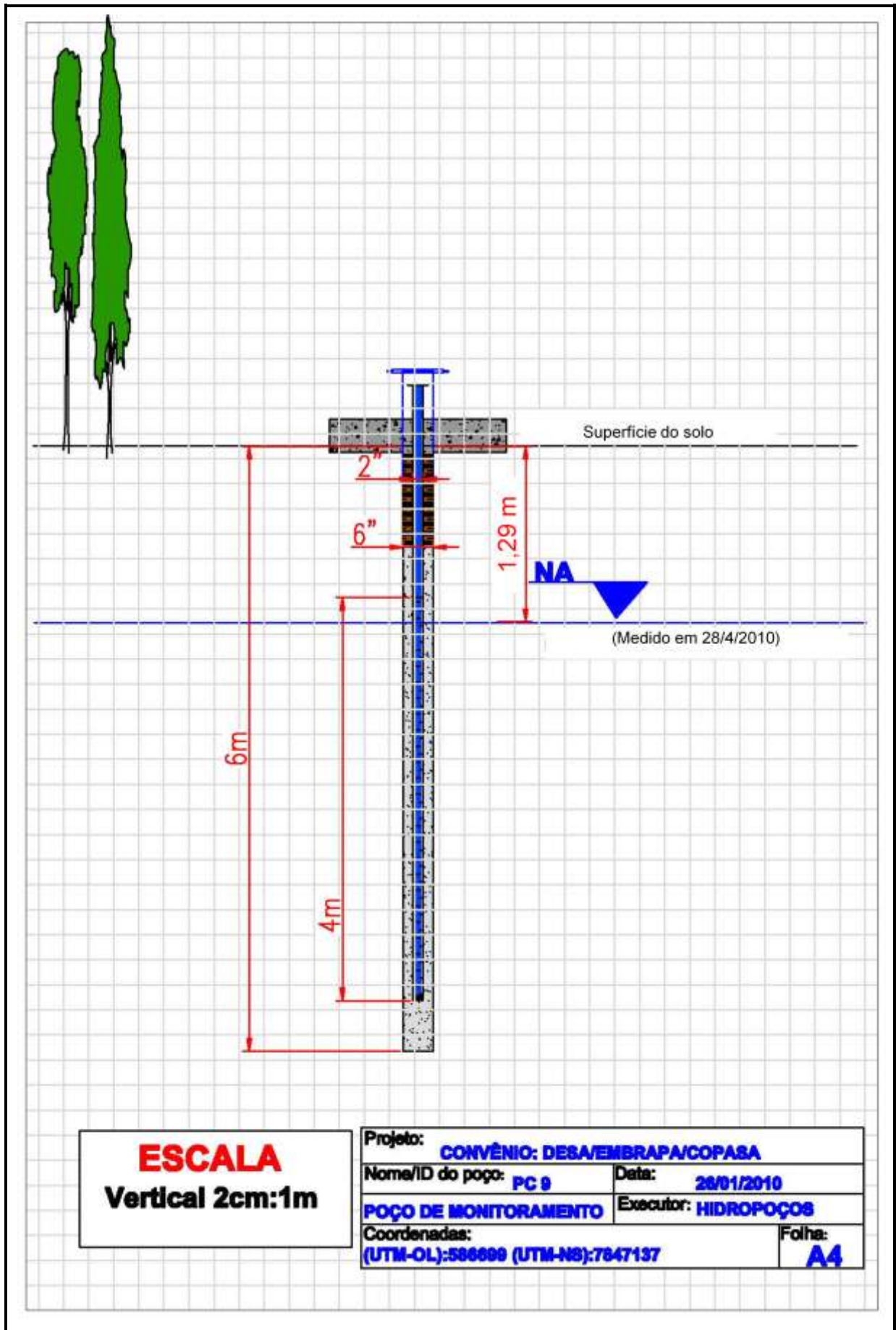


Figura E9 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-9

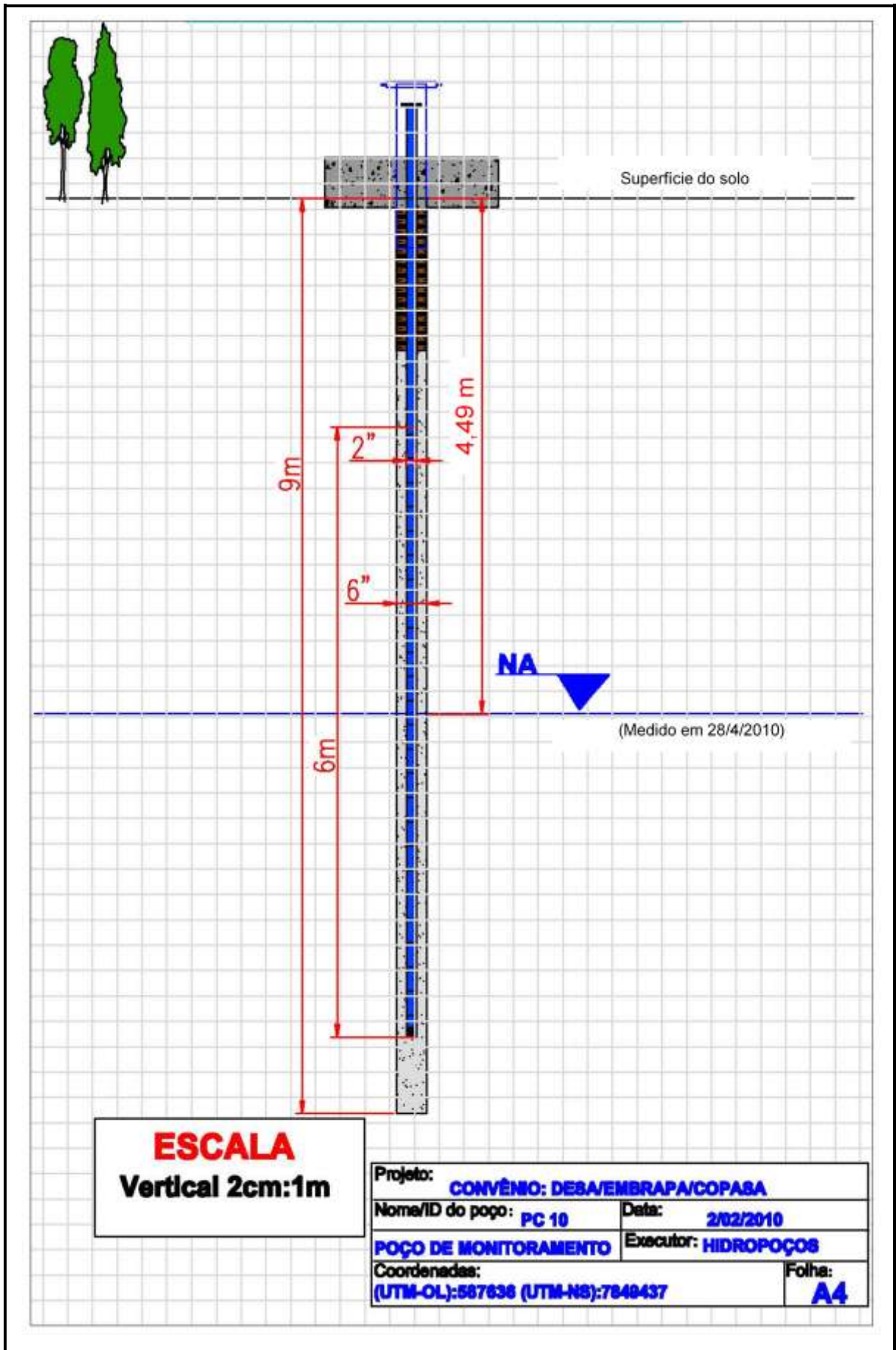


Figura E10 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-10



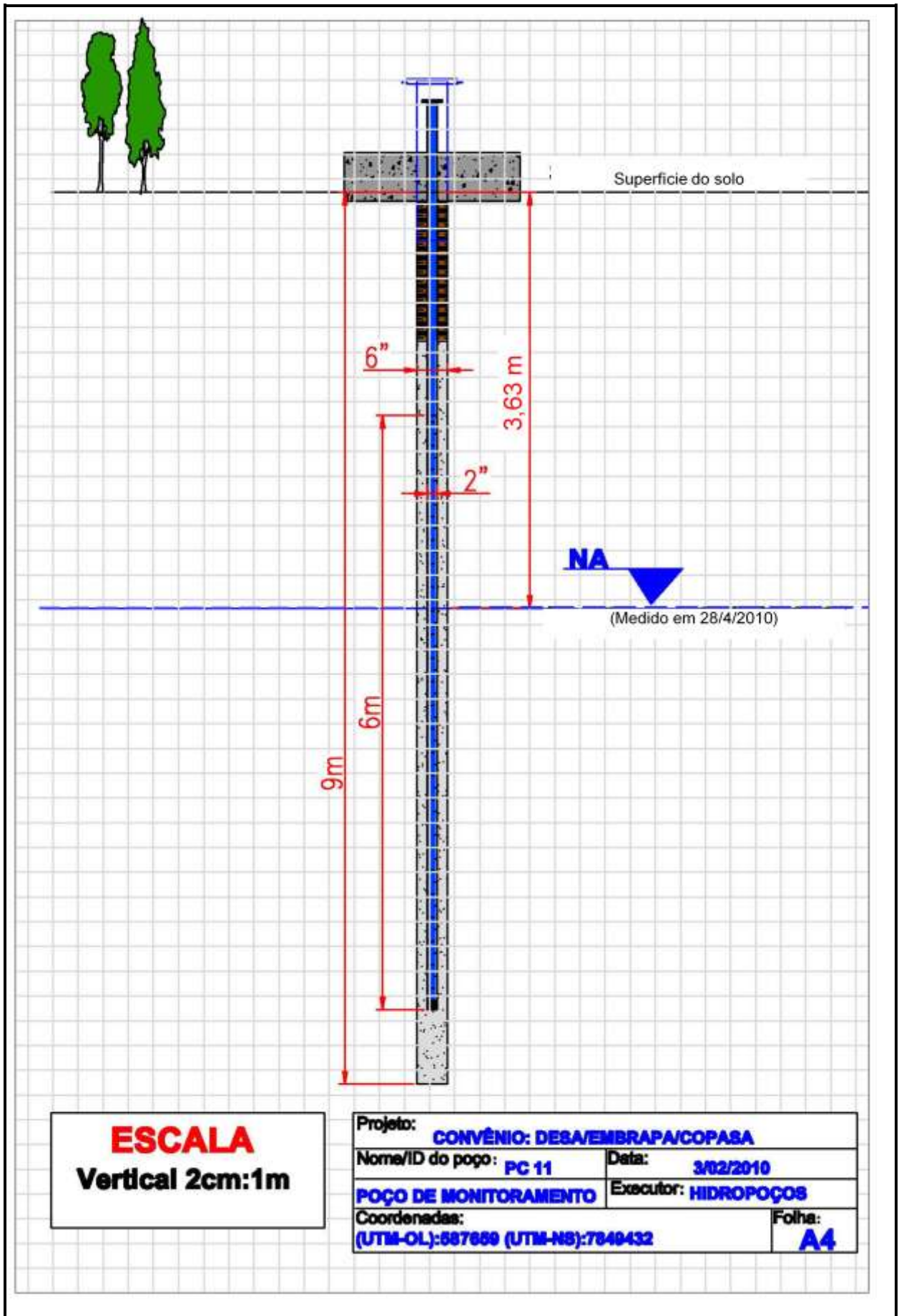


Figura E11 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-11

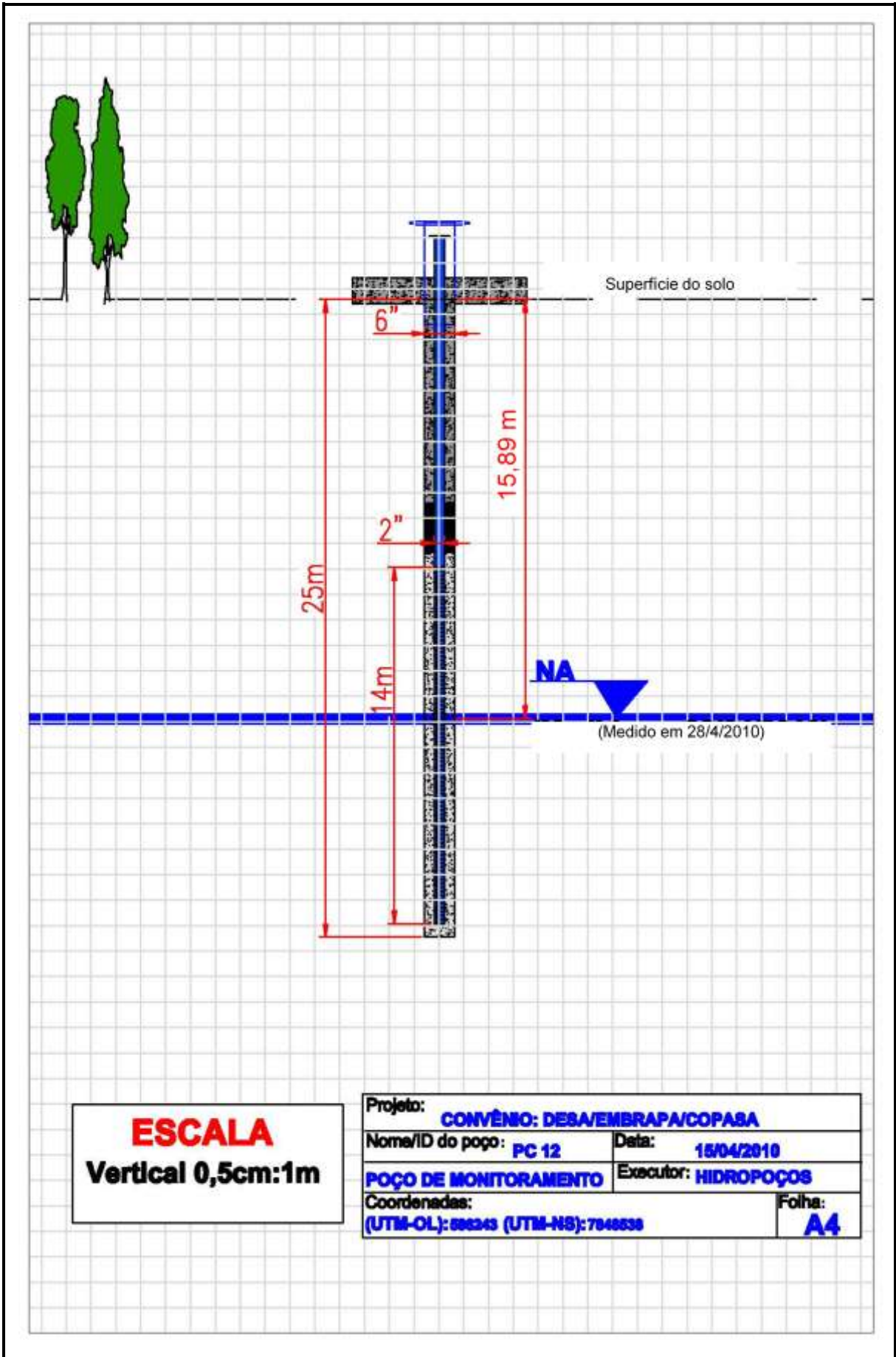


Figura E12 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-12

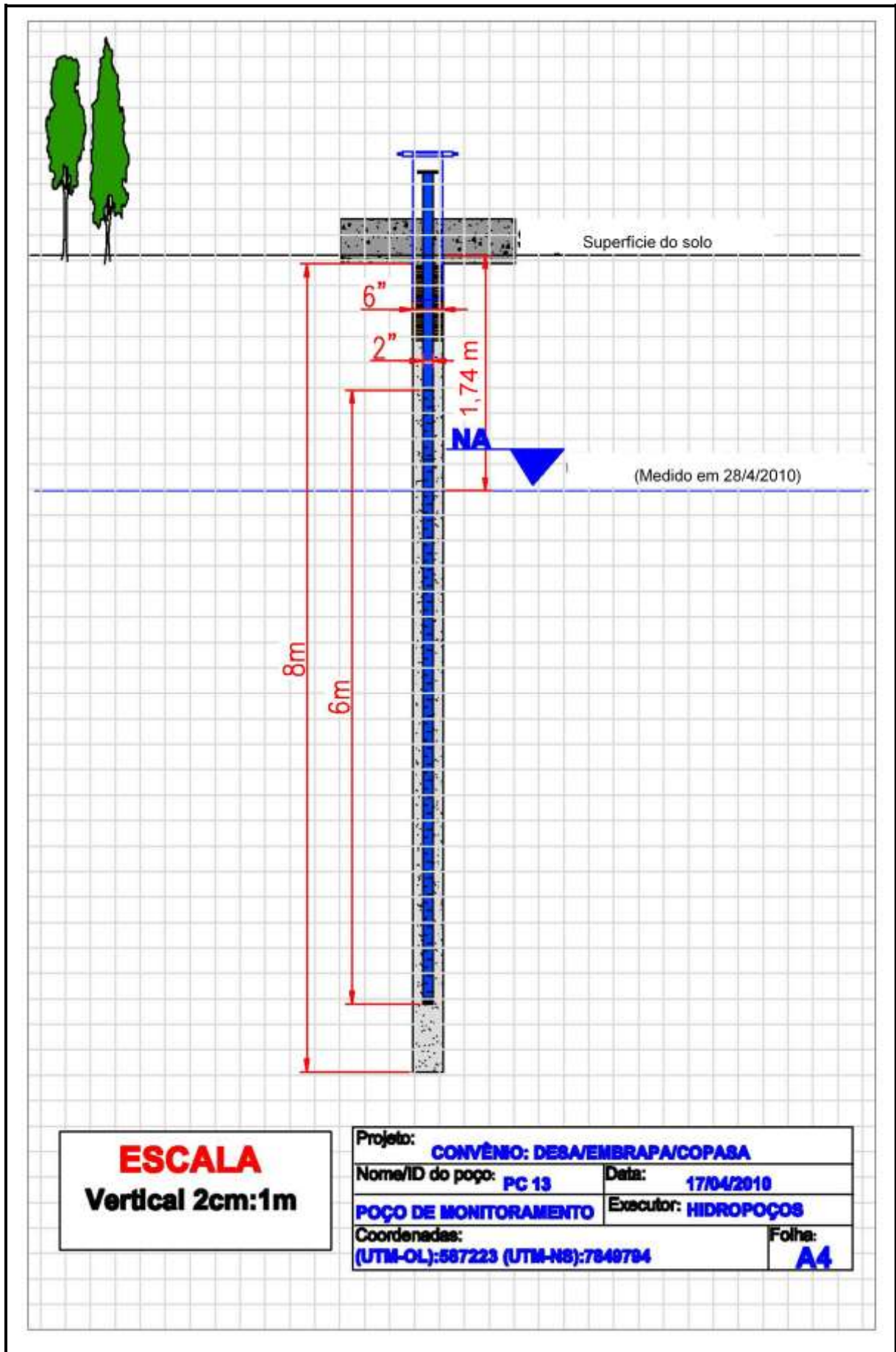


Figura E13 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-13

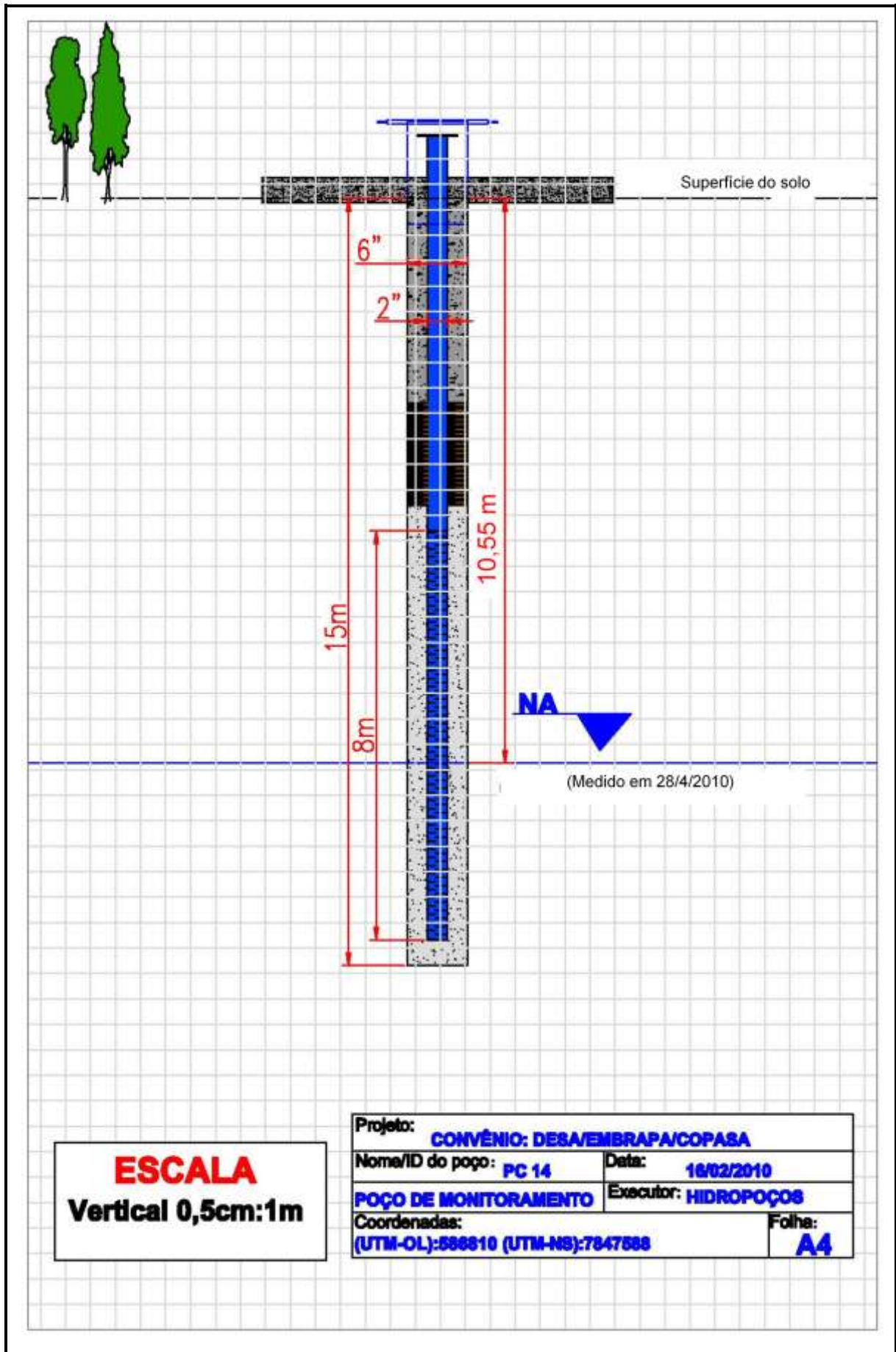


Figura E14 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-14

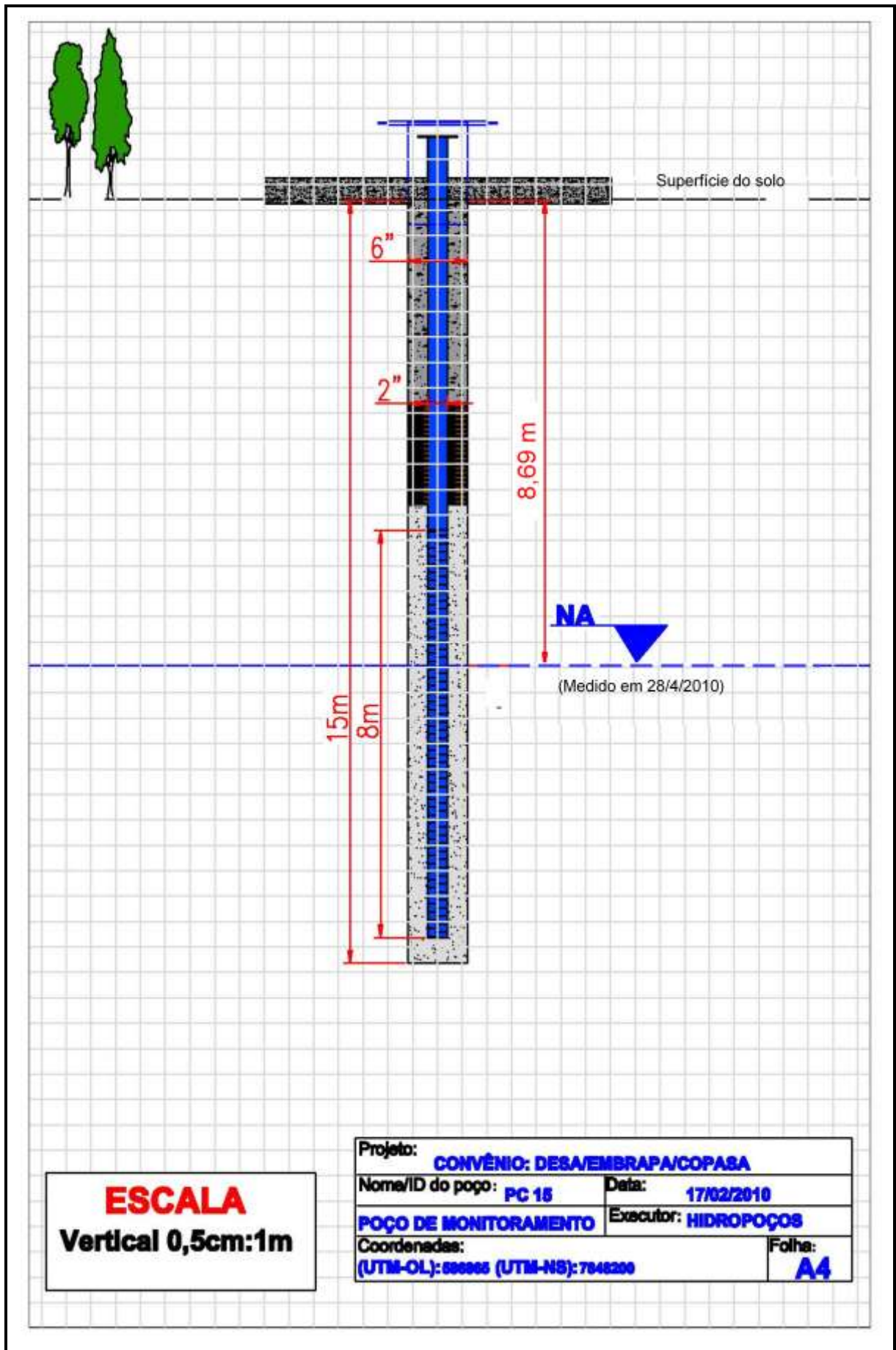


Figura E15 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-15

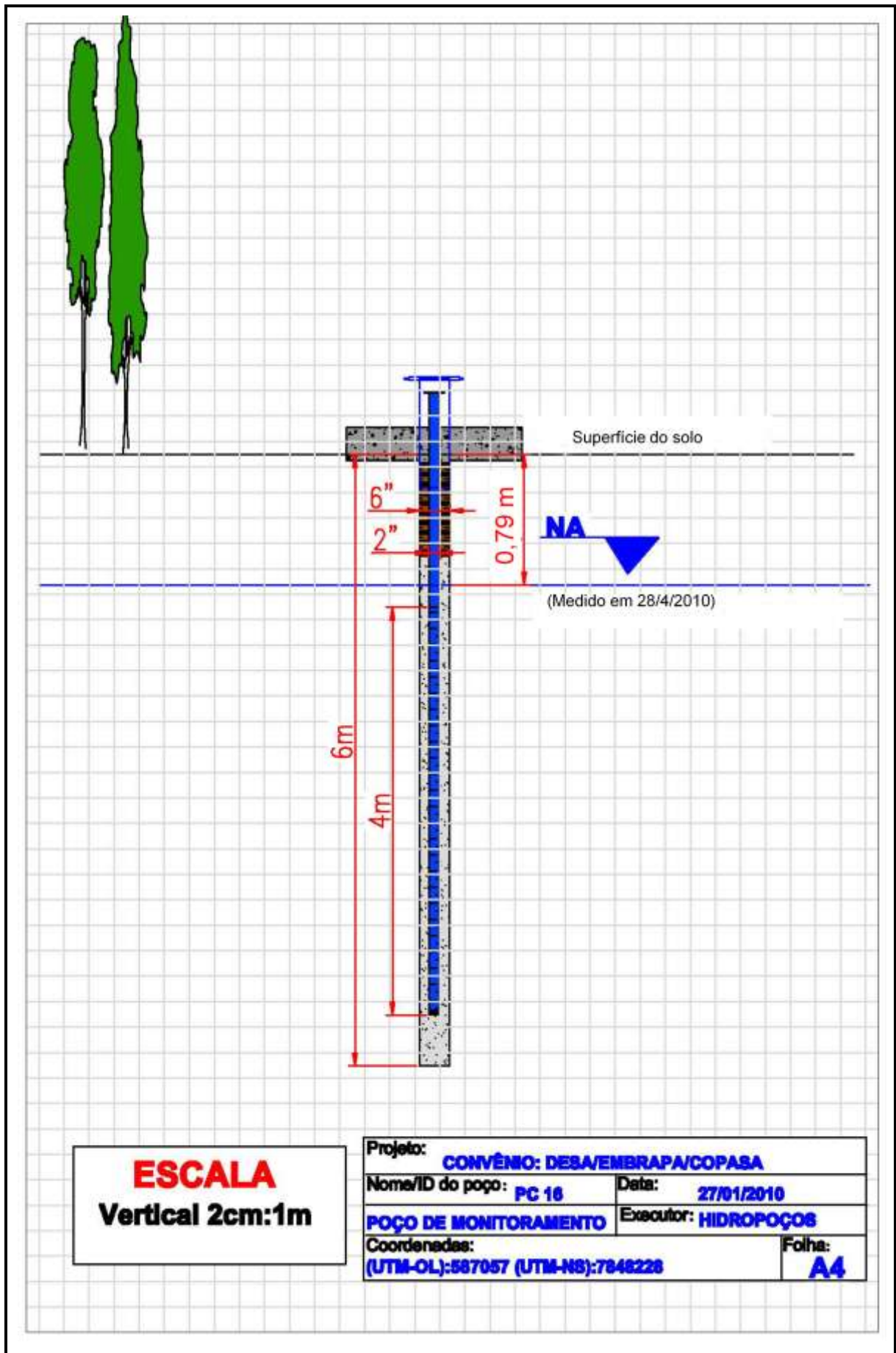


Figura E16 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-16

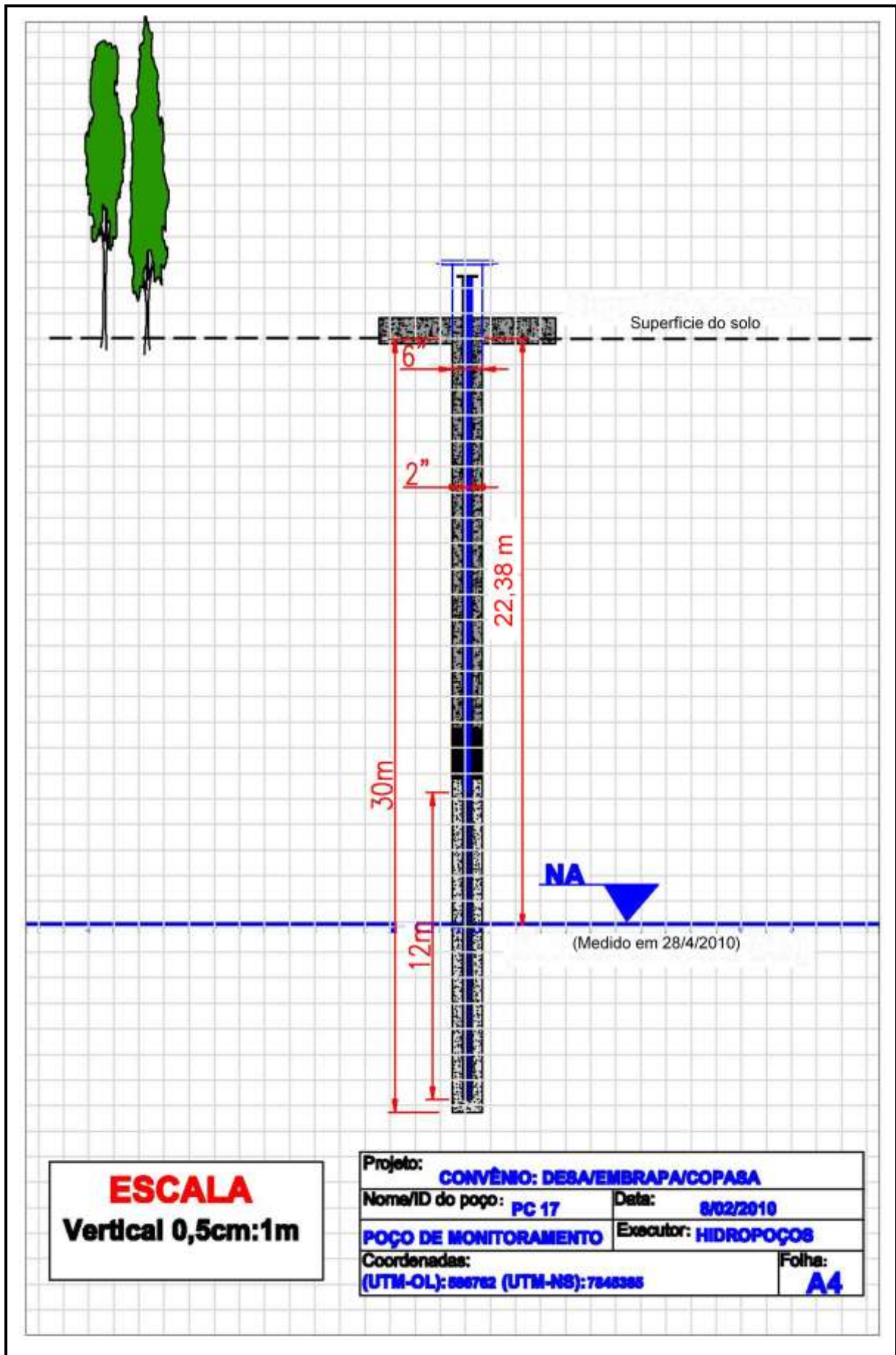


Figura E17 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-17

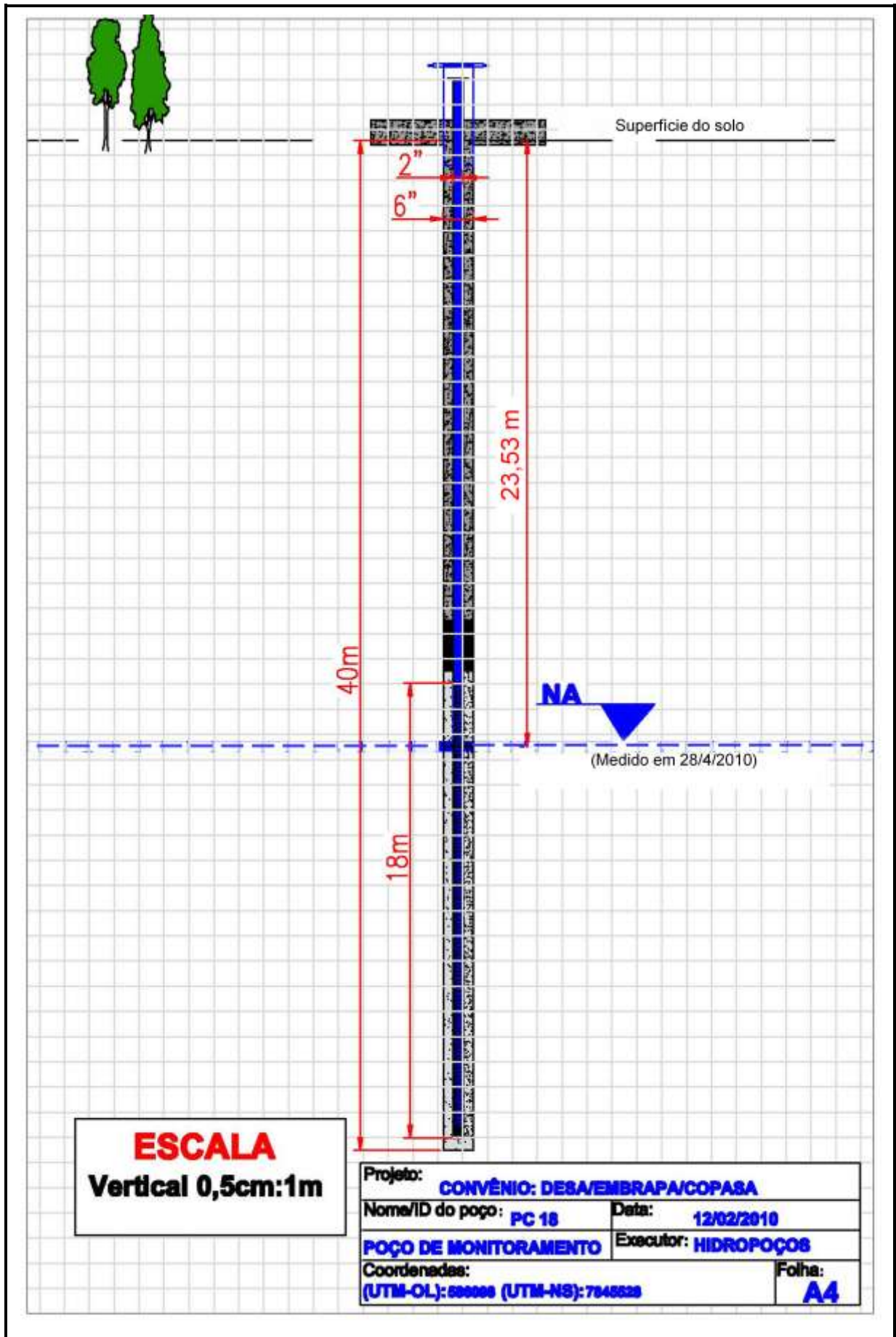


Figura E18 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-18



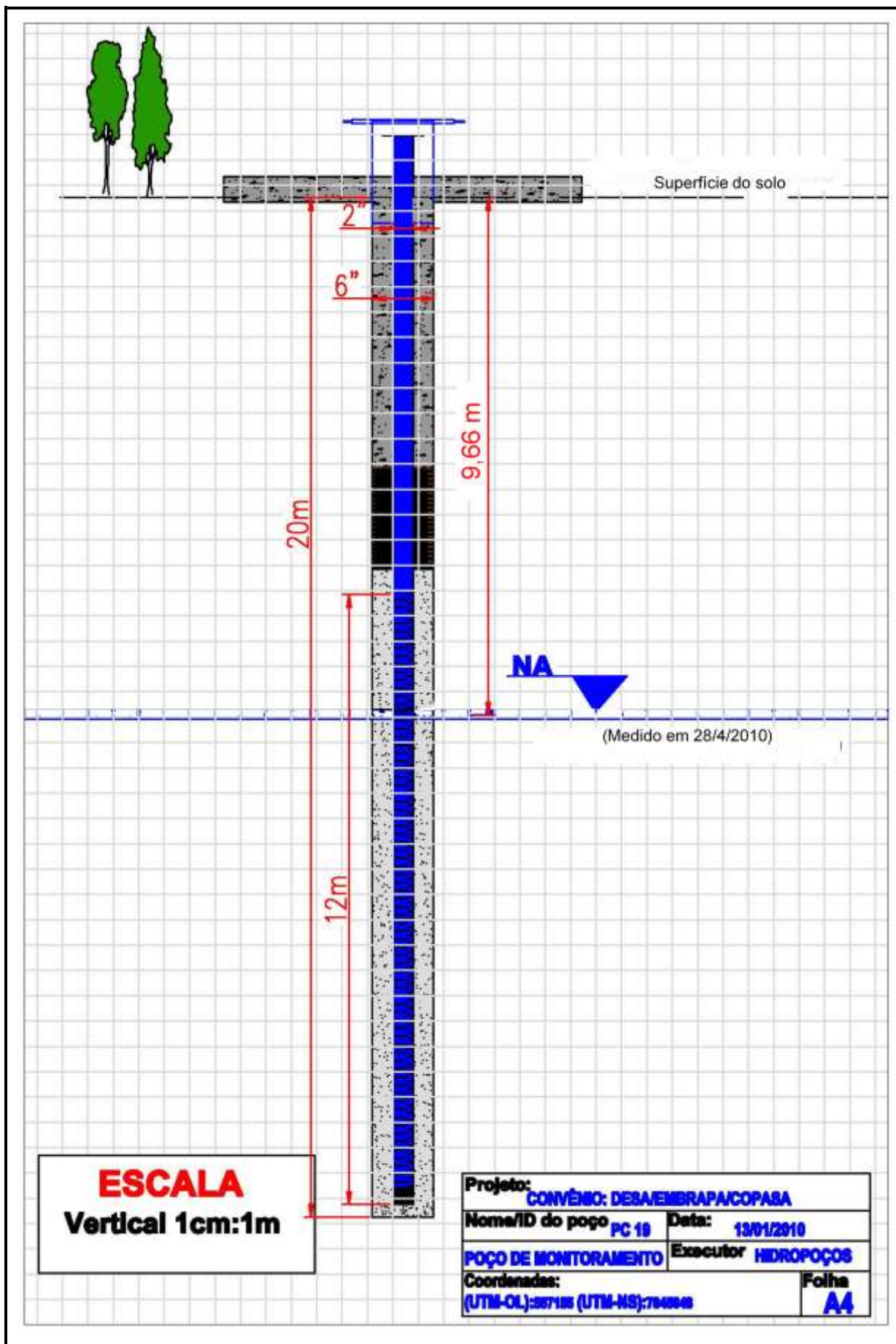


Figura E19 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-19

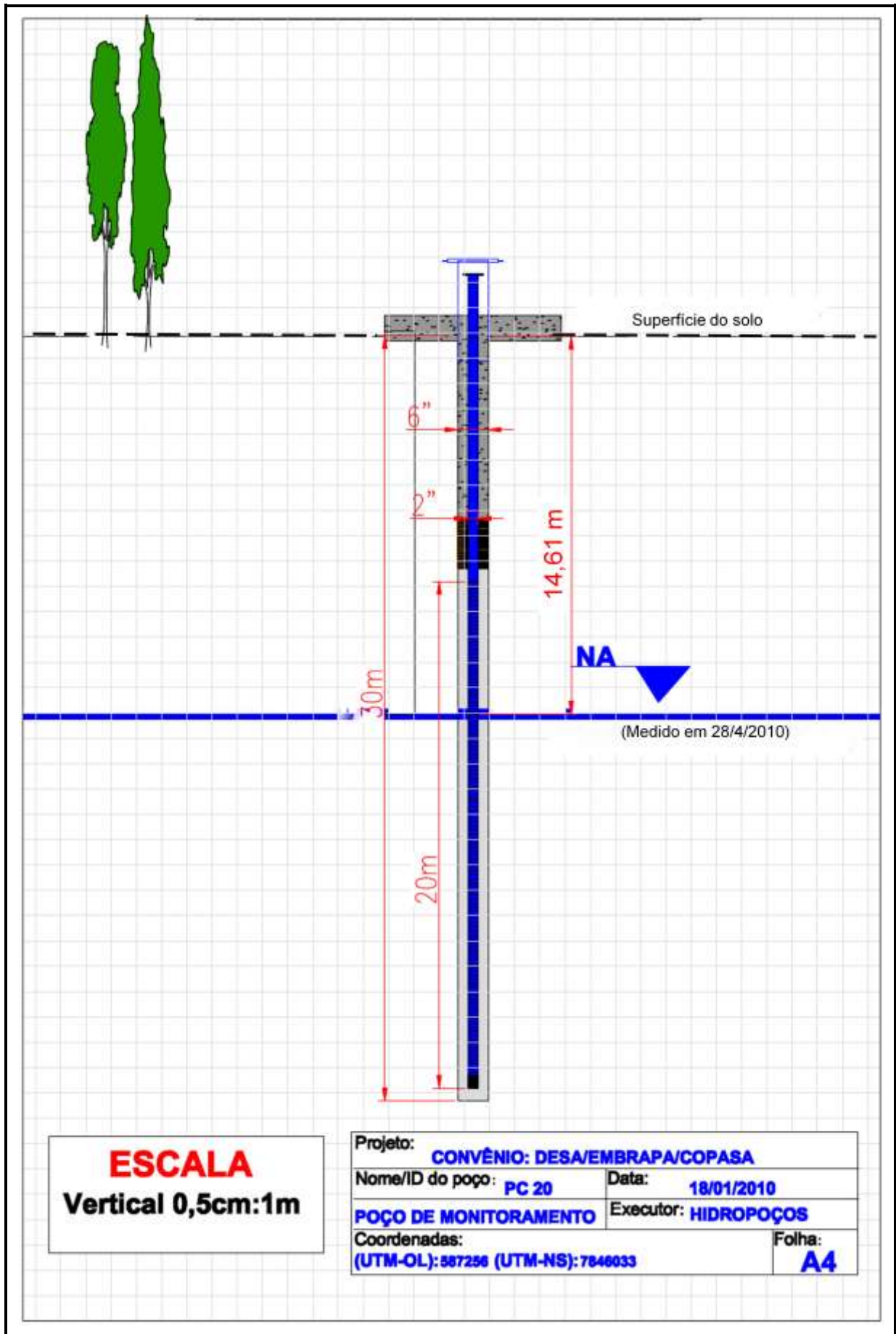


Figura E20 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-20

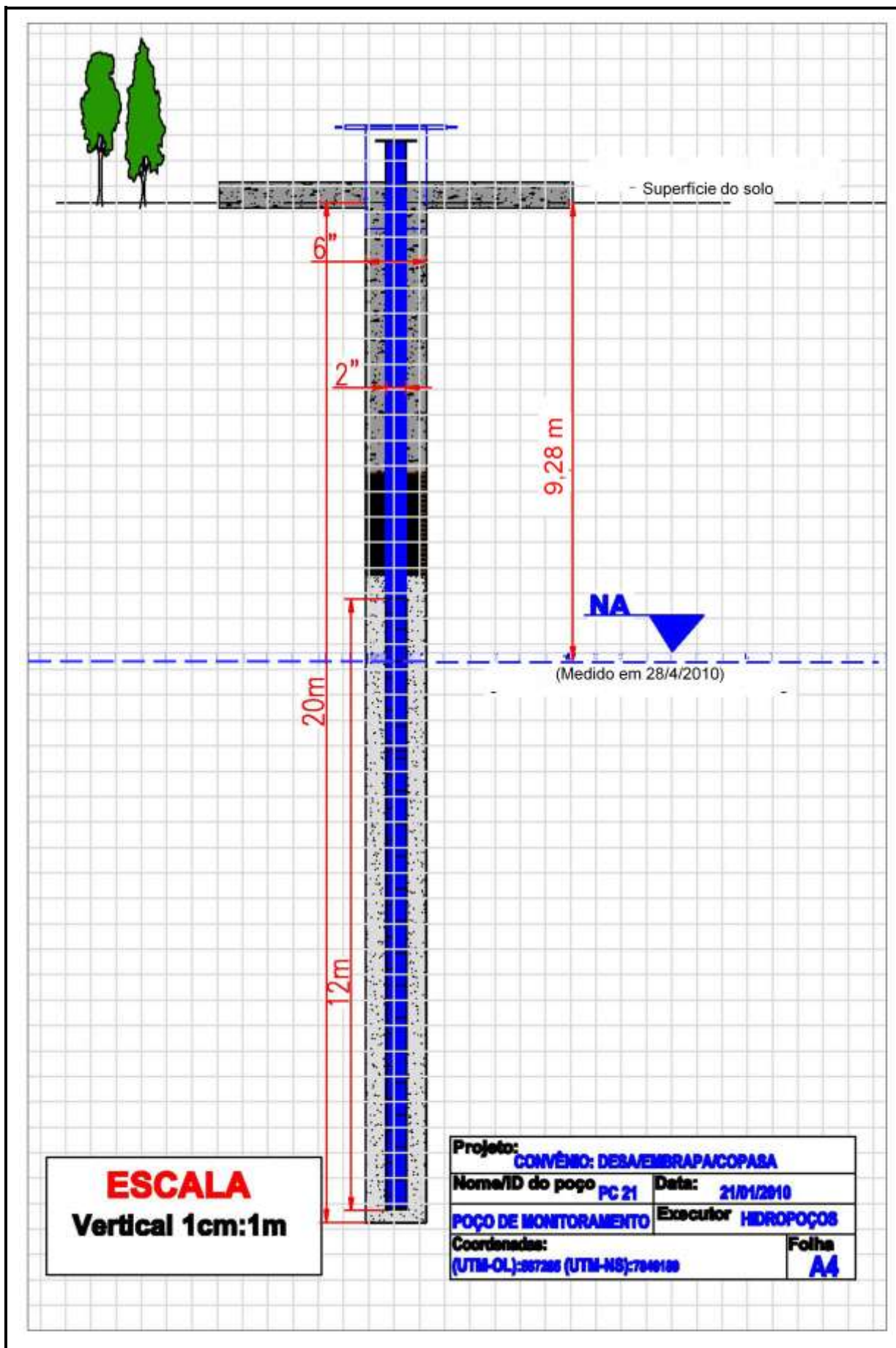


Figura E21 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-21

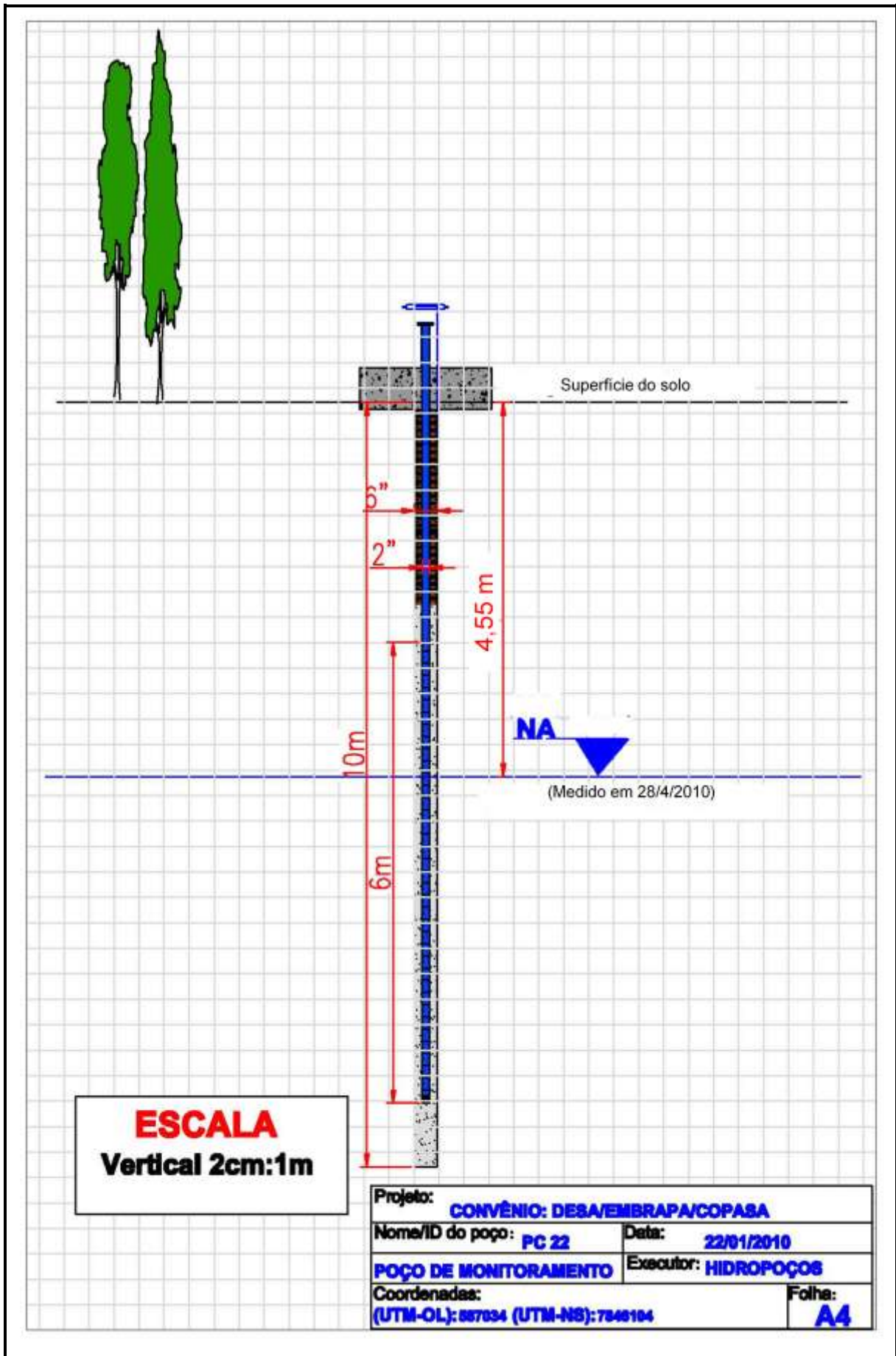


Figura E22 Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-22

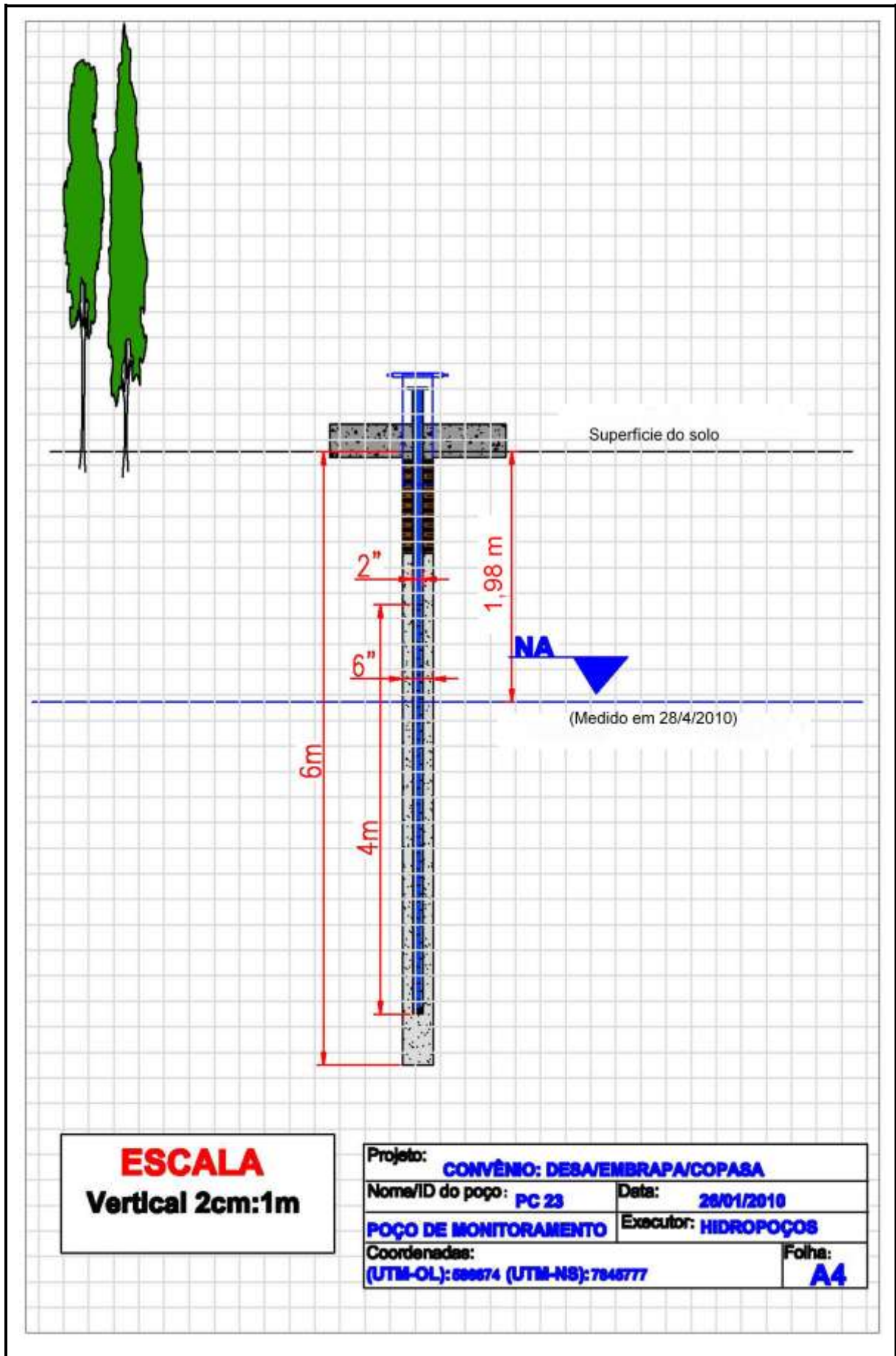


Figura E23. Perfil Construtivo do Poço de Monitoramento PC-23

***Anexo E – Perfis Litológicos dos Poços de Monitoramento***

## Anexo E – Perfis Litológicos dos Poços de Monitoramento

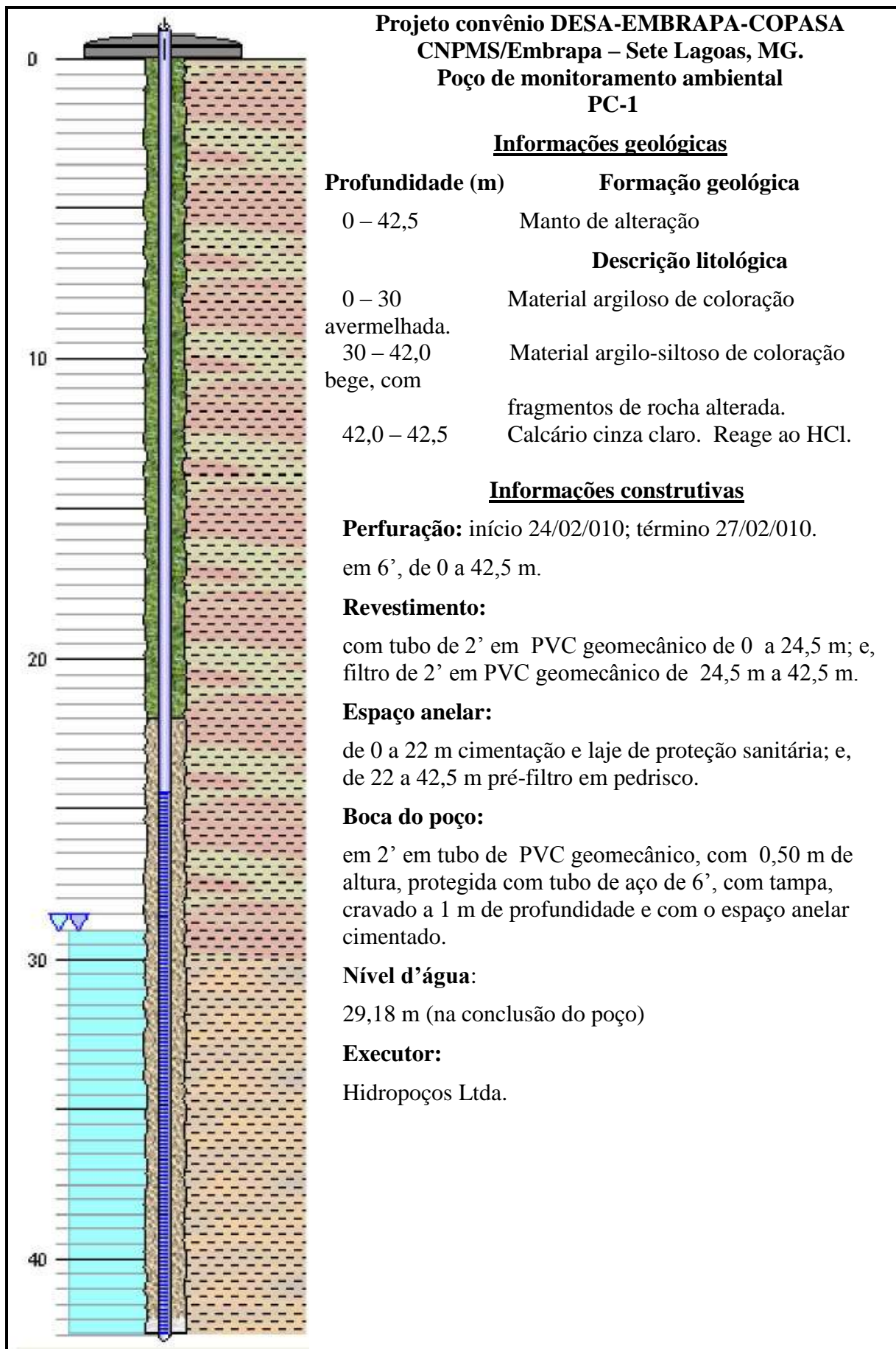


Figura E24. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-1

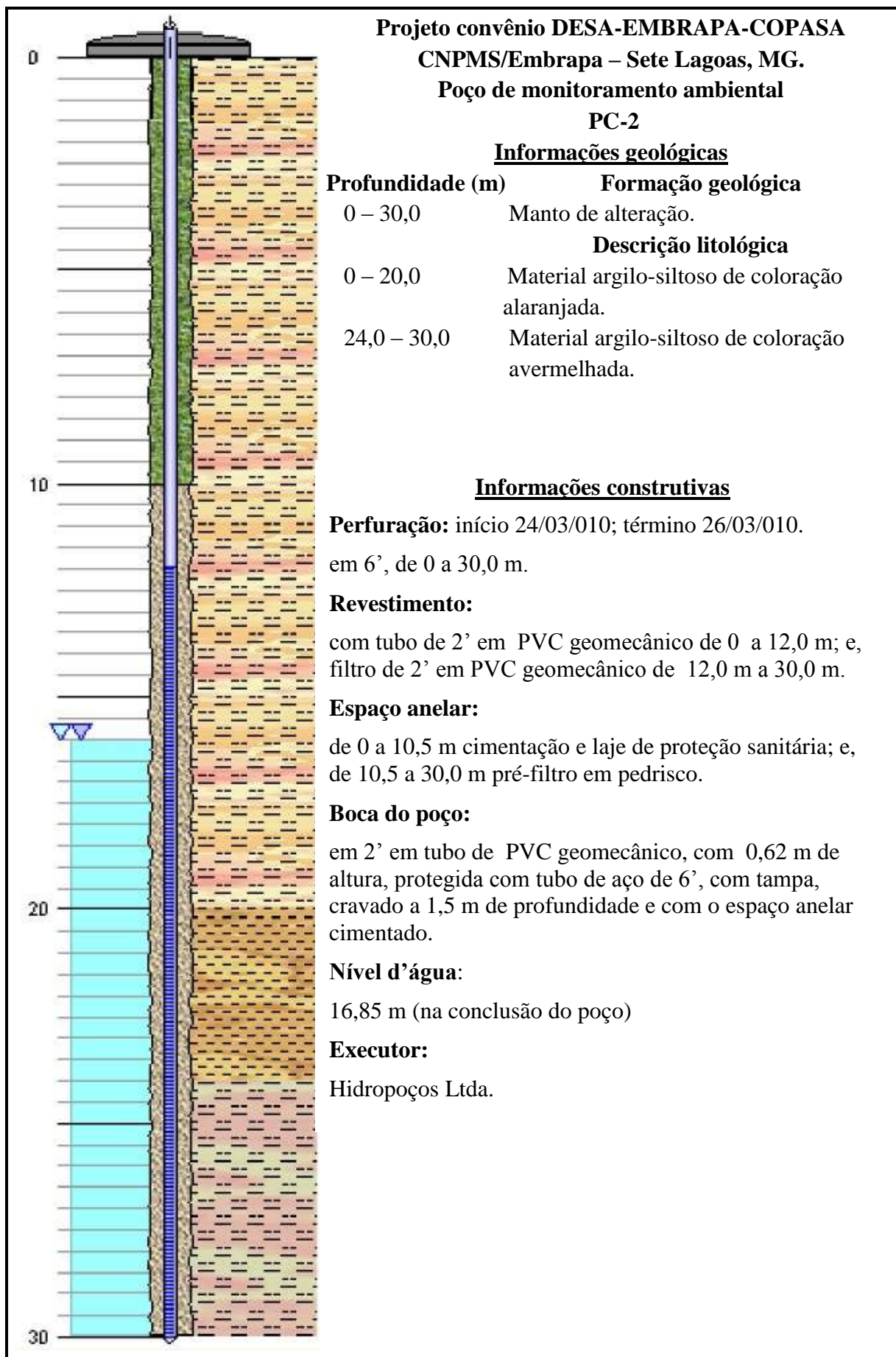


Figura E25. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-2



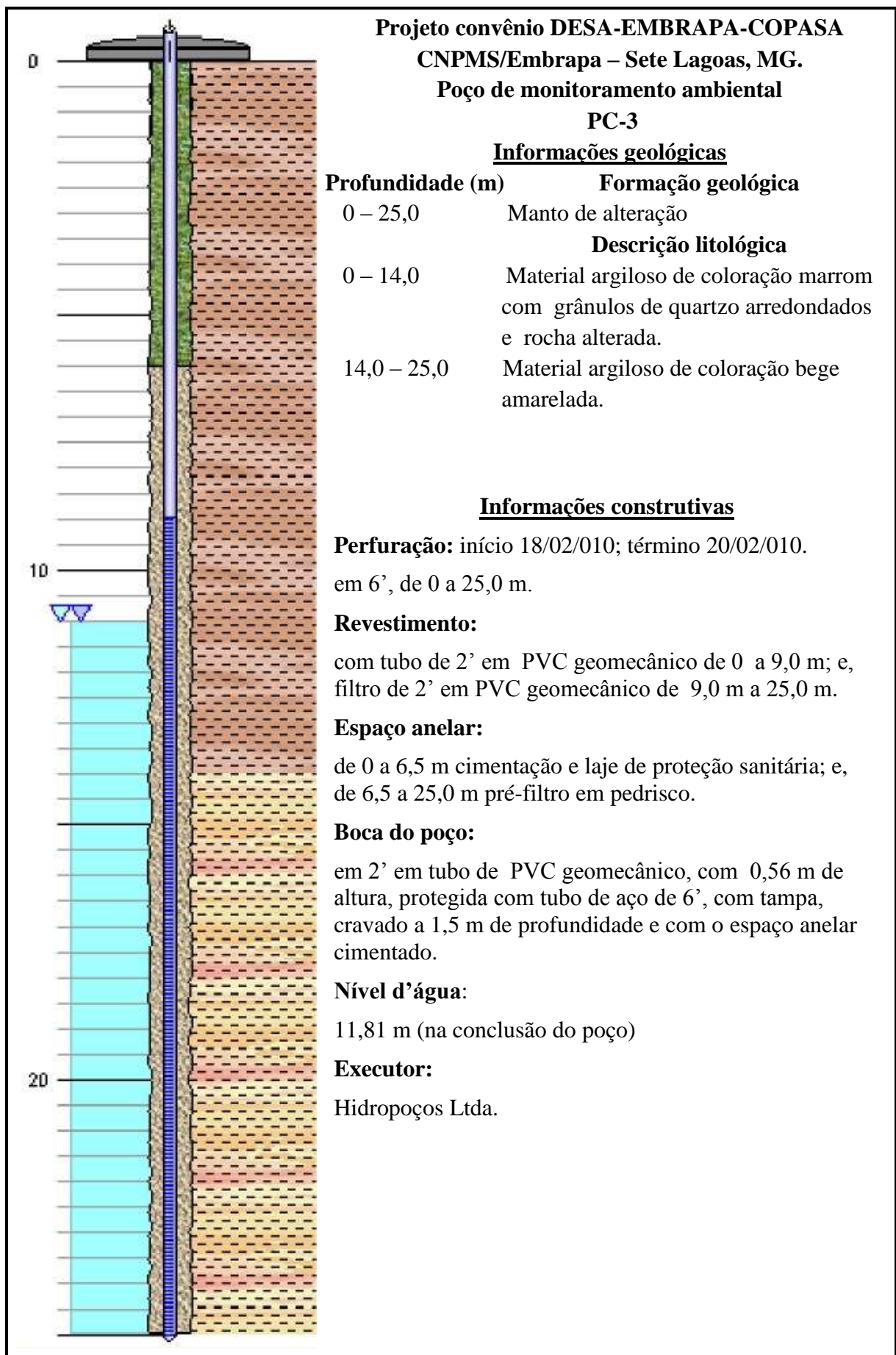


Figura E26. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-3

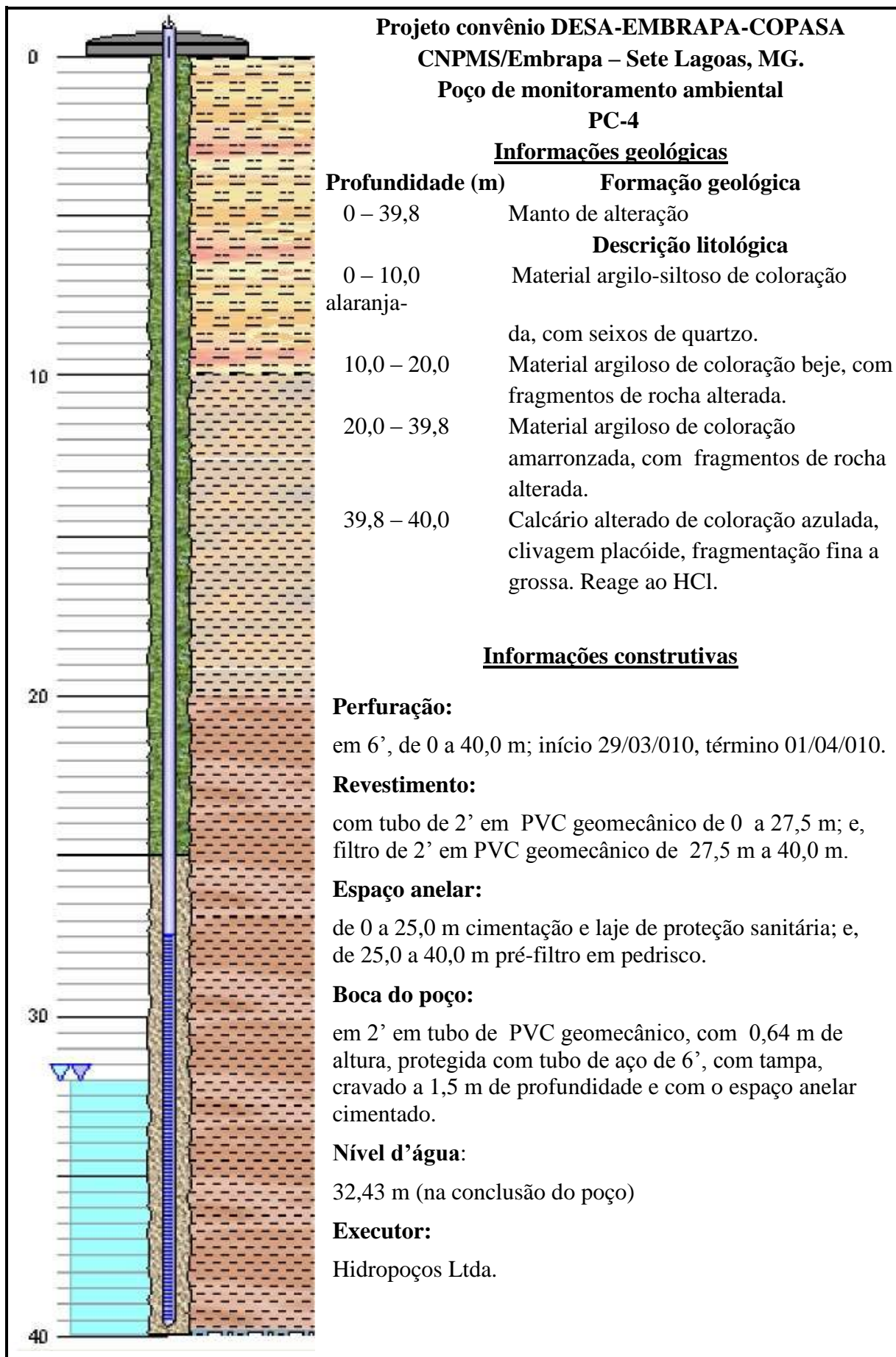


Figura E27. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-4

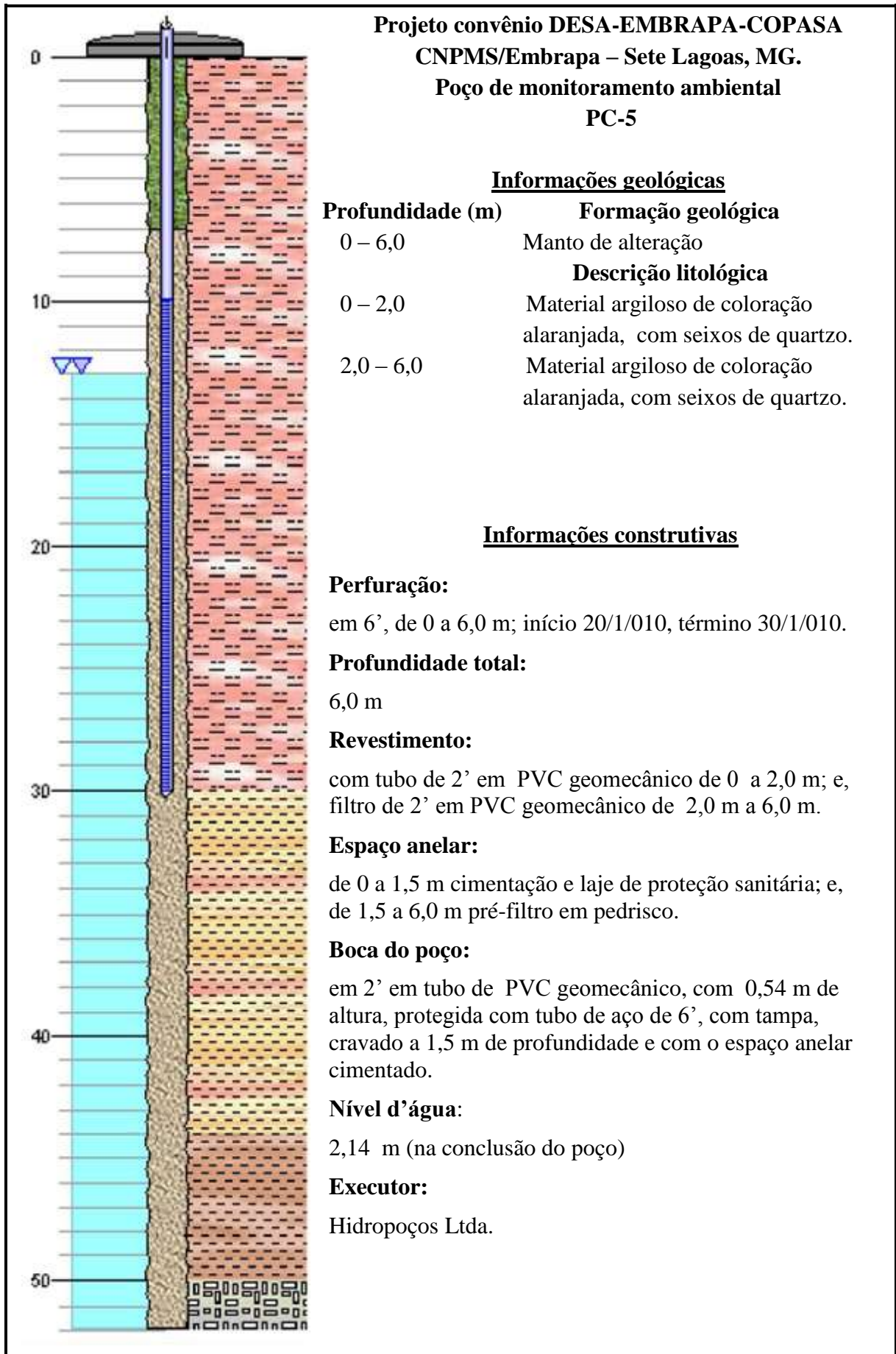


Figura E28. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-5

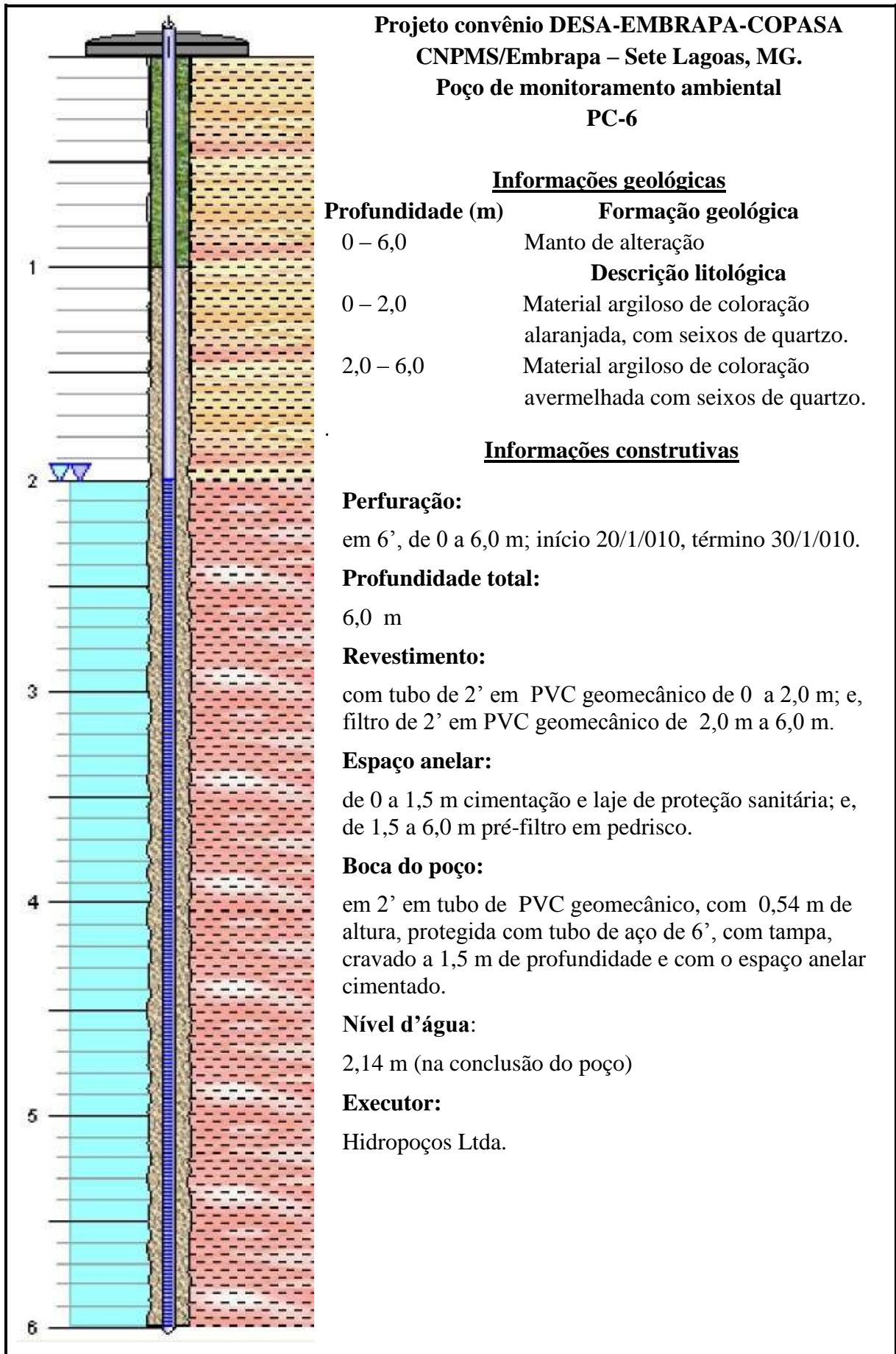


Figura E29. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-6

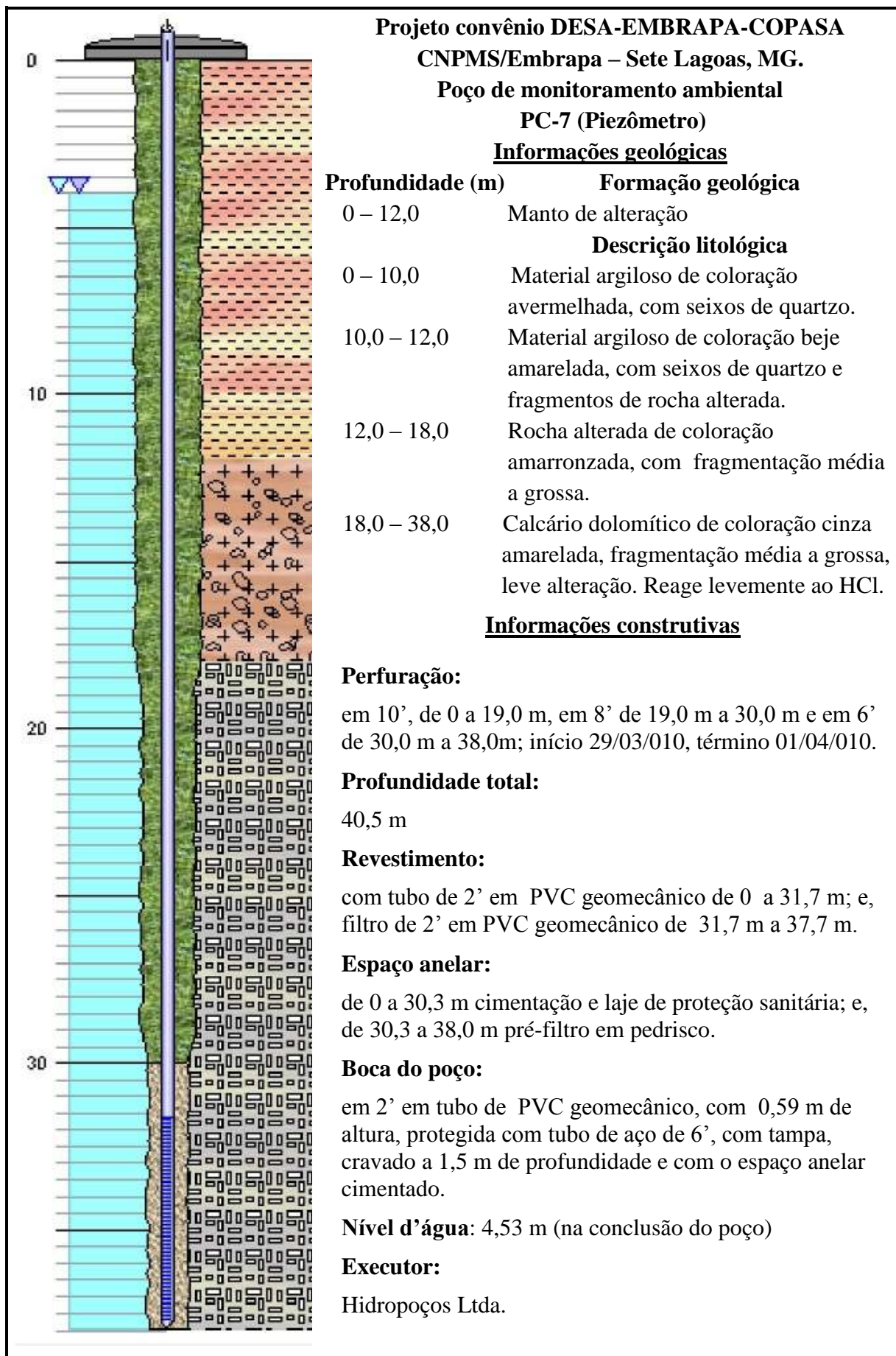


Figura E30. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-7

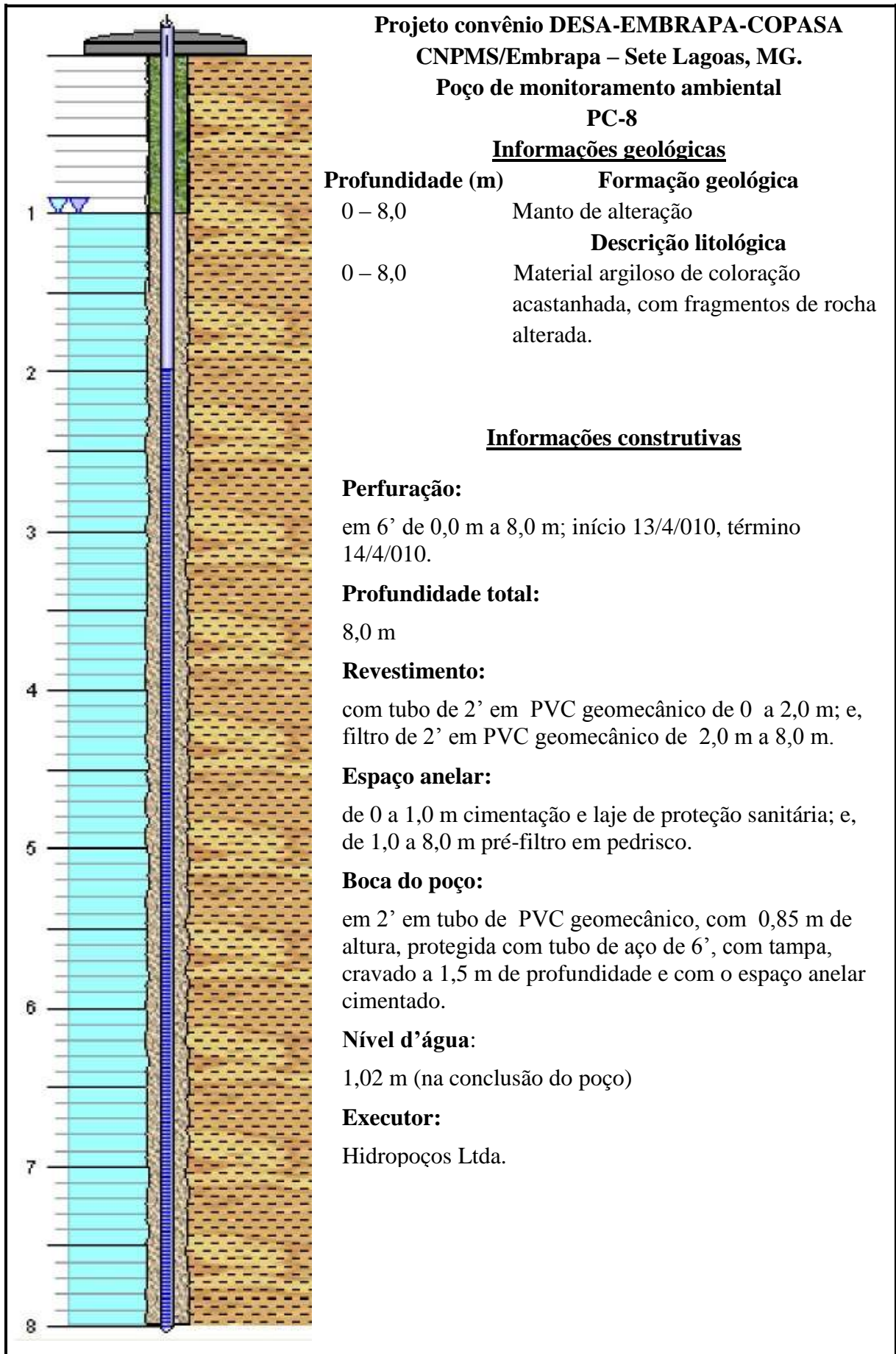


Figura E31. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-8

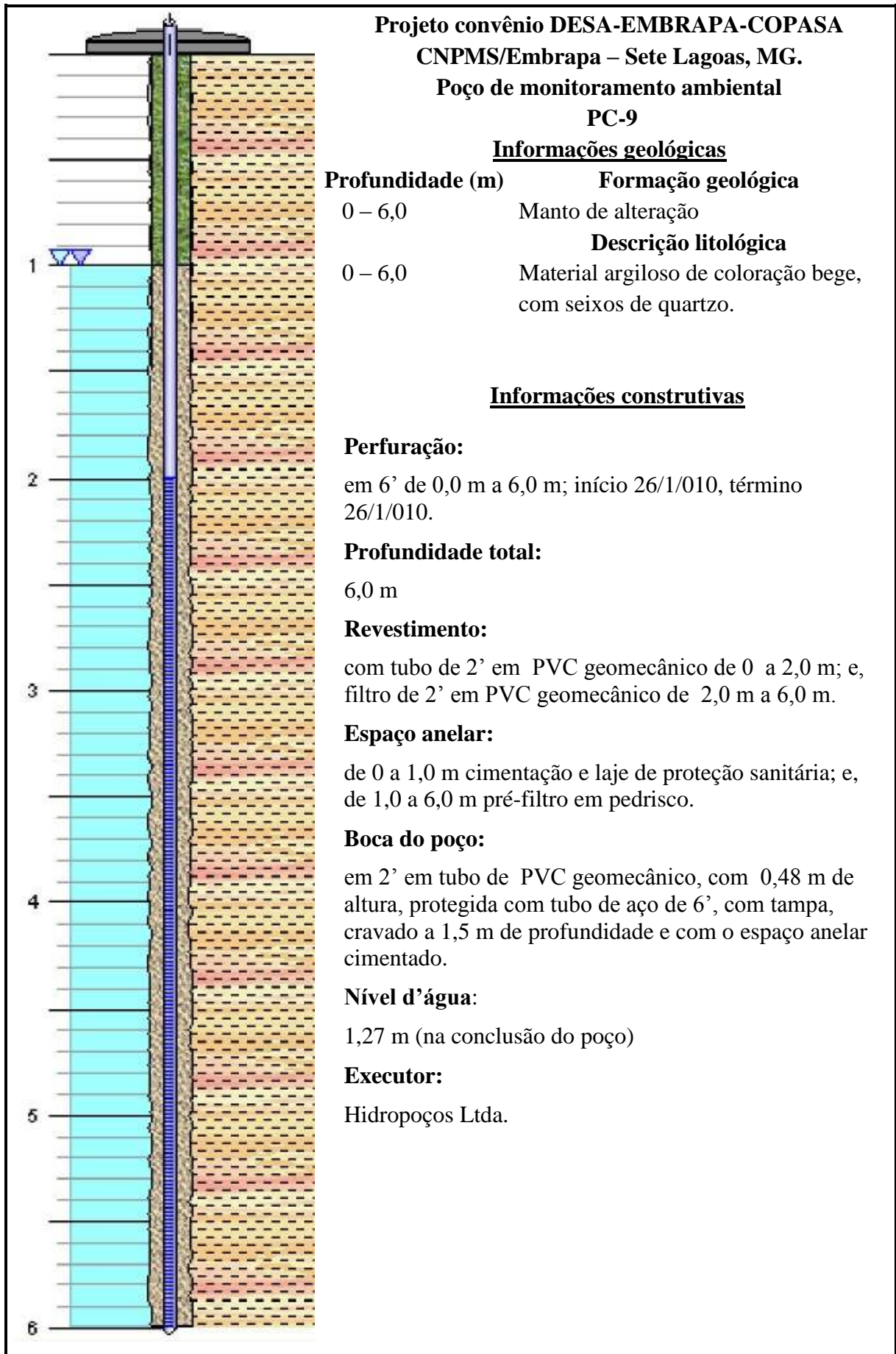


Figura E32. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-9

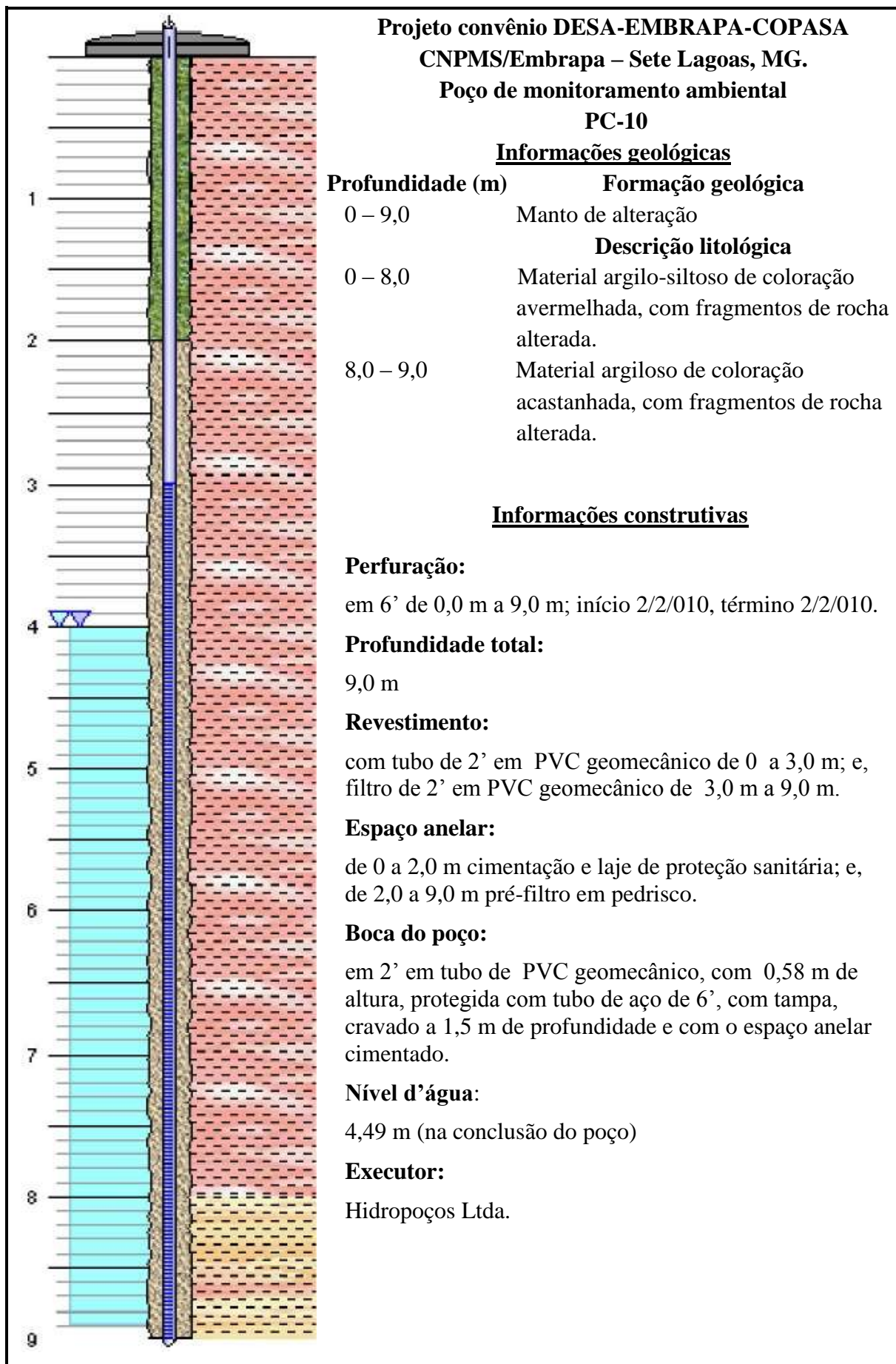


Figura E10. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-10



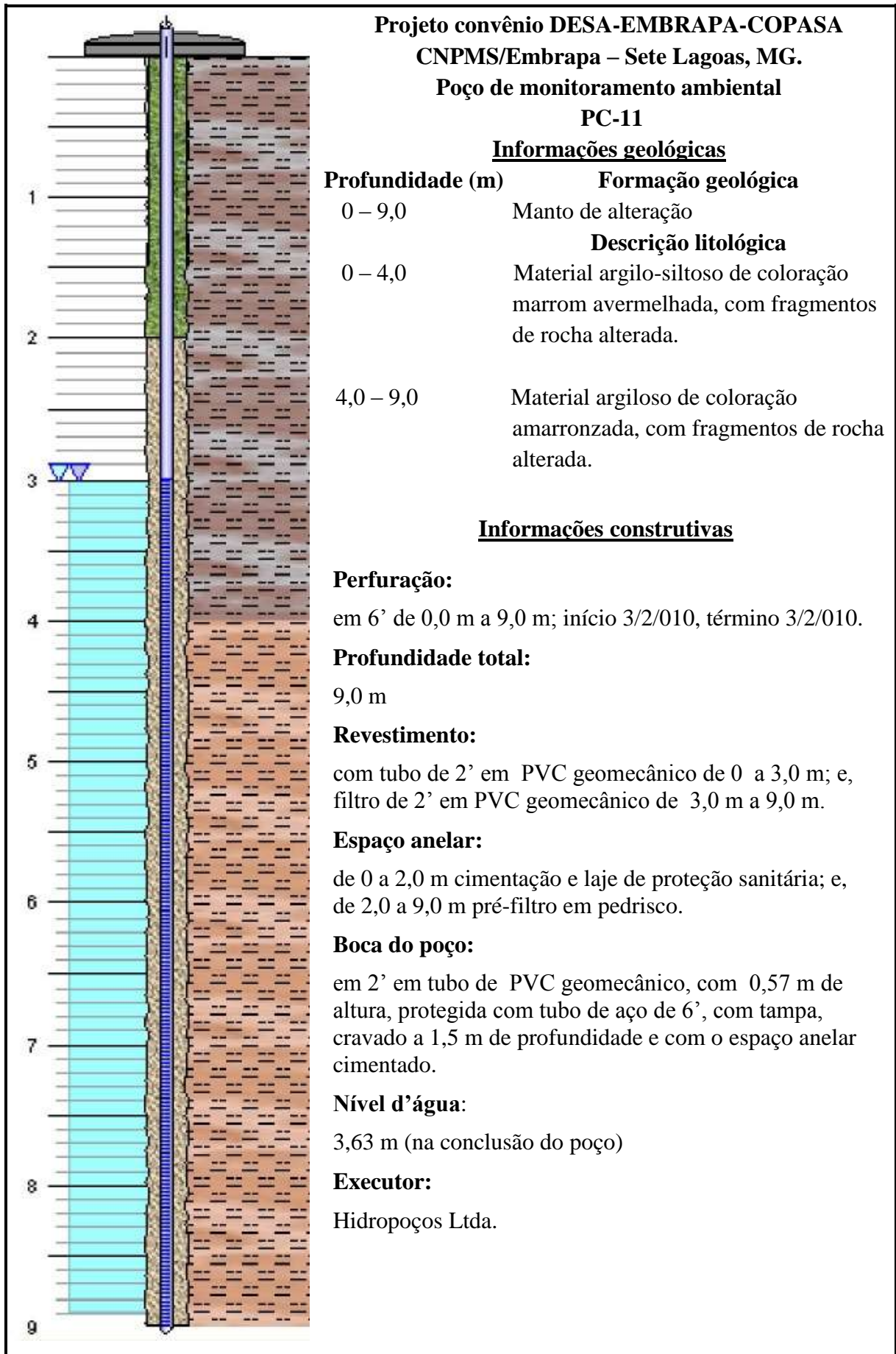


Figura E33. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-11

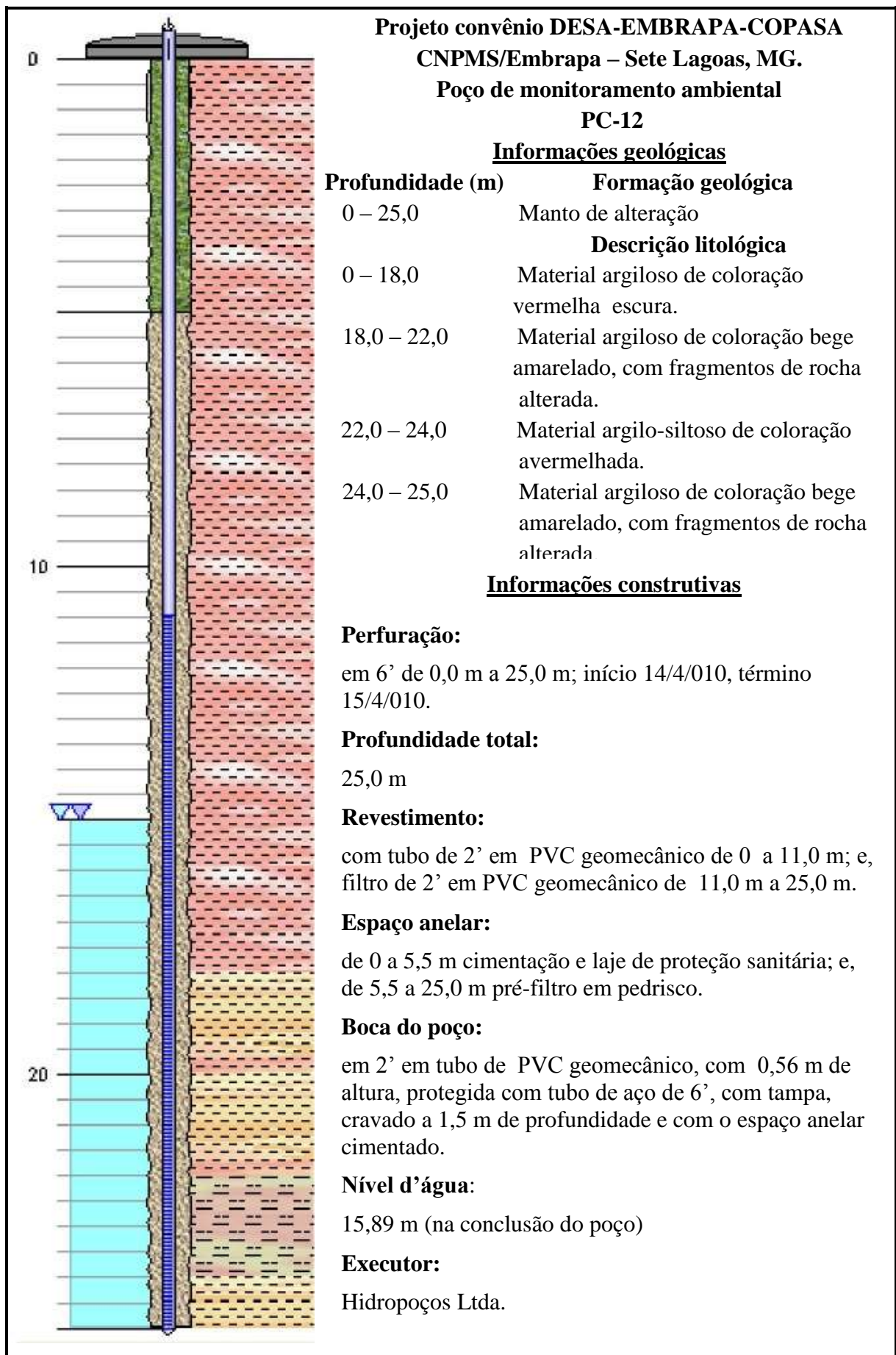
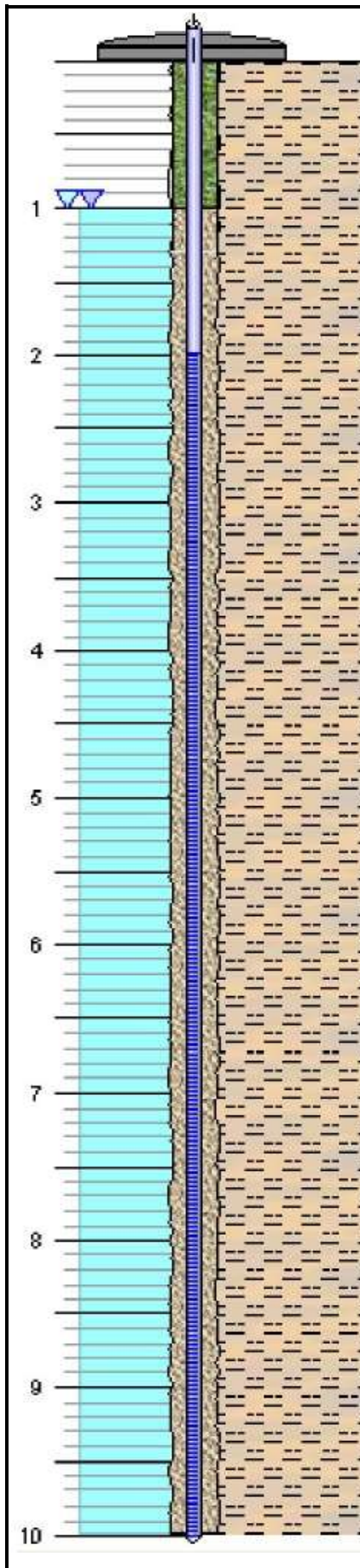


Figura E12. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-12



**Projeto convênio DESA-EMBRAPA-COPASA  
CNPMS/Embrapa – Sete Lagoas, MG.  
Poço de monitoramento ambiental  
PC-13**

**Informações geológicas**

<b>Profundidade (m)</b>	<b>Formação geológica</b>
0 – 10,0	Manto de alteração
	<b>Descrição litológica</b>
0 – 10,0	Material argilo-siltoso de coloração bege, com seixos de quartzo.

**Informações construtivas**

**Perfuração:**

em 6' de 0,0 m a 10,0 m; início 16/4/010, término 17/4/010.

**Profundidade total:**

10,0 m

**Revestimento:**

com tubo de 2' em PVC geomecânico de 0 a 2,0 m; e, filtro de 2' em PVC geomecânico de 2,0 m a 10,0 m.

**Espaço anelar:**

de 0 a 1,5 m cimentação e laje de proteção sanitária; e, de 1,5 a 10,0 m pré-filtro em pedrisco.

**Boca do poço:**

em 2' em tubo de PVC geomecânico, com 0,56 m de altura, protegida com tubo de aço de 6', com tampa, cravado a 1,5 m de profundidade e com o espaço anelar cimentado.

**Nível d'água:**

1,74 m (na conclusão do poço)

**Executor:**

Hidropoços Ltda.

Figura E34 Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-13

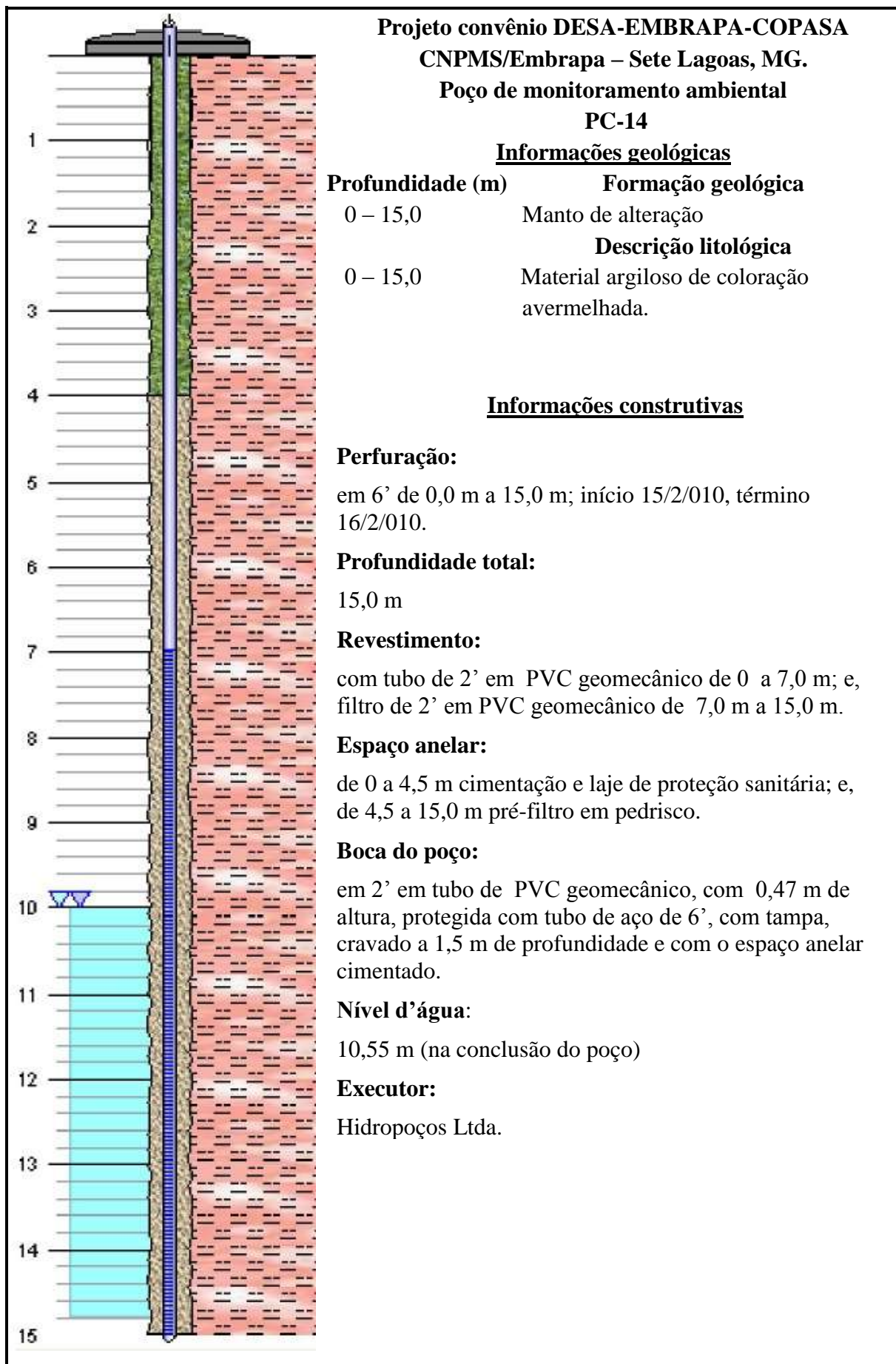


Figura E35. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-14

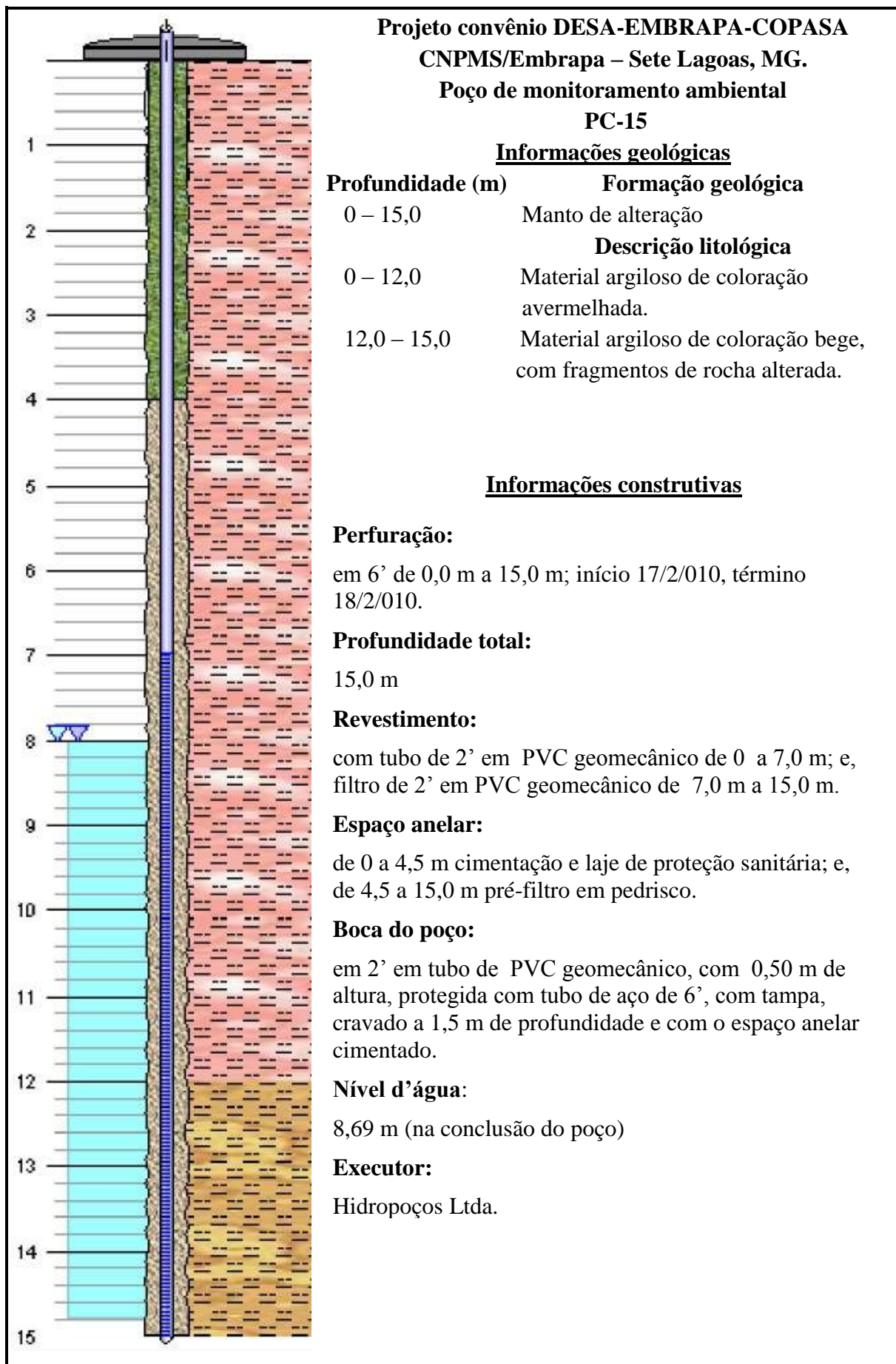


Figura E36. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-15

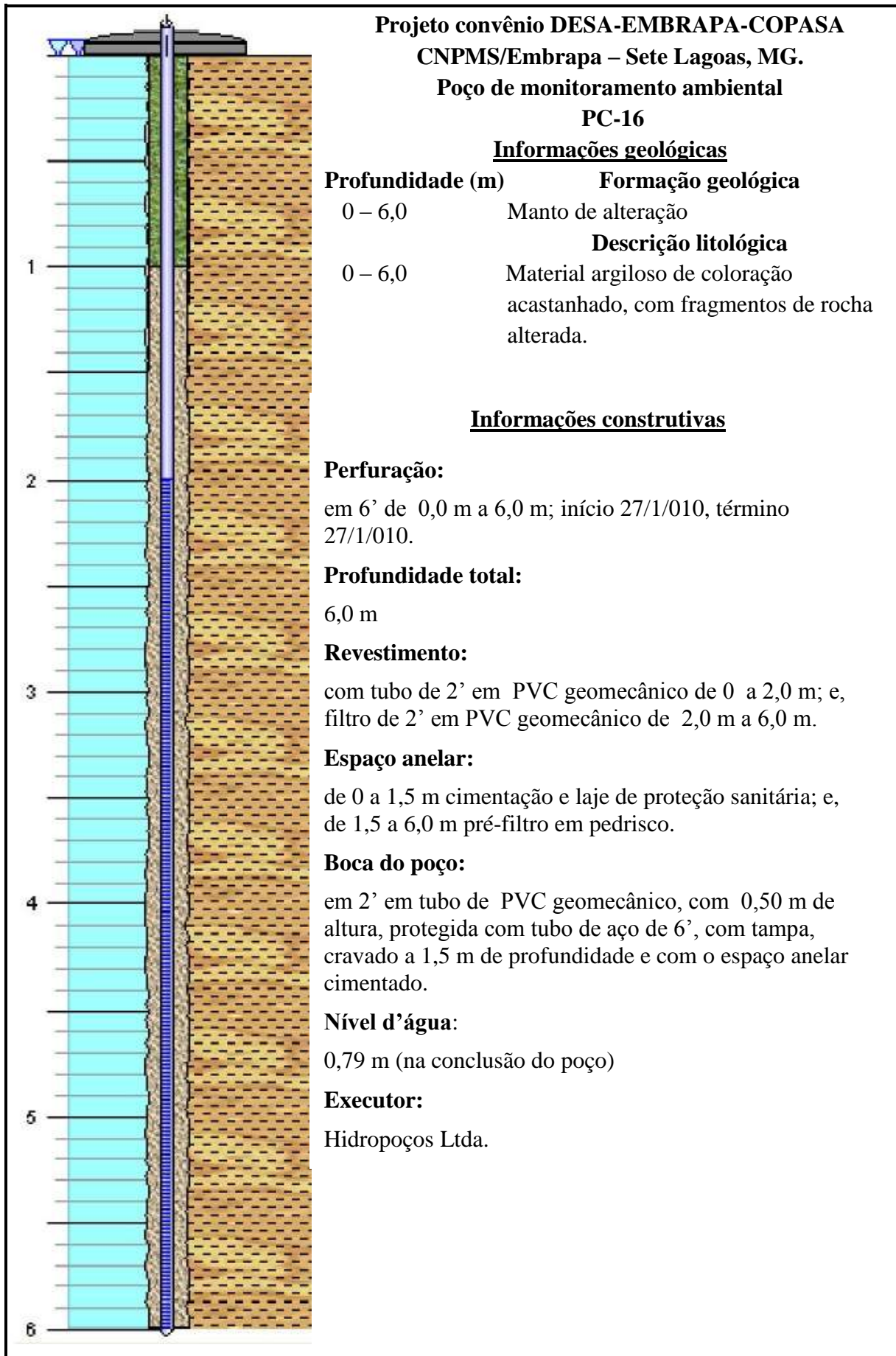


Figura E37. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-16

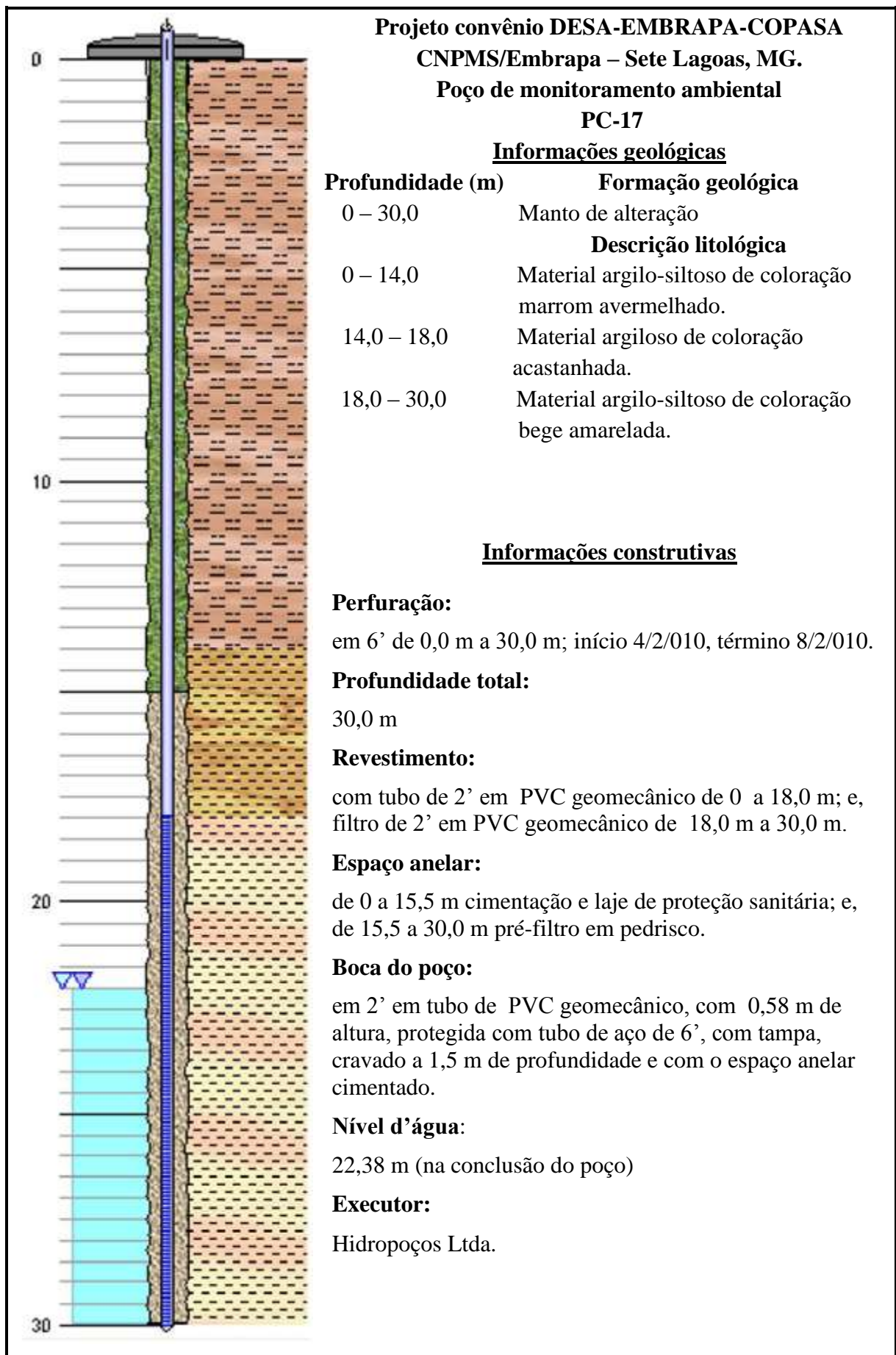


Figura E38. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-17

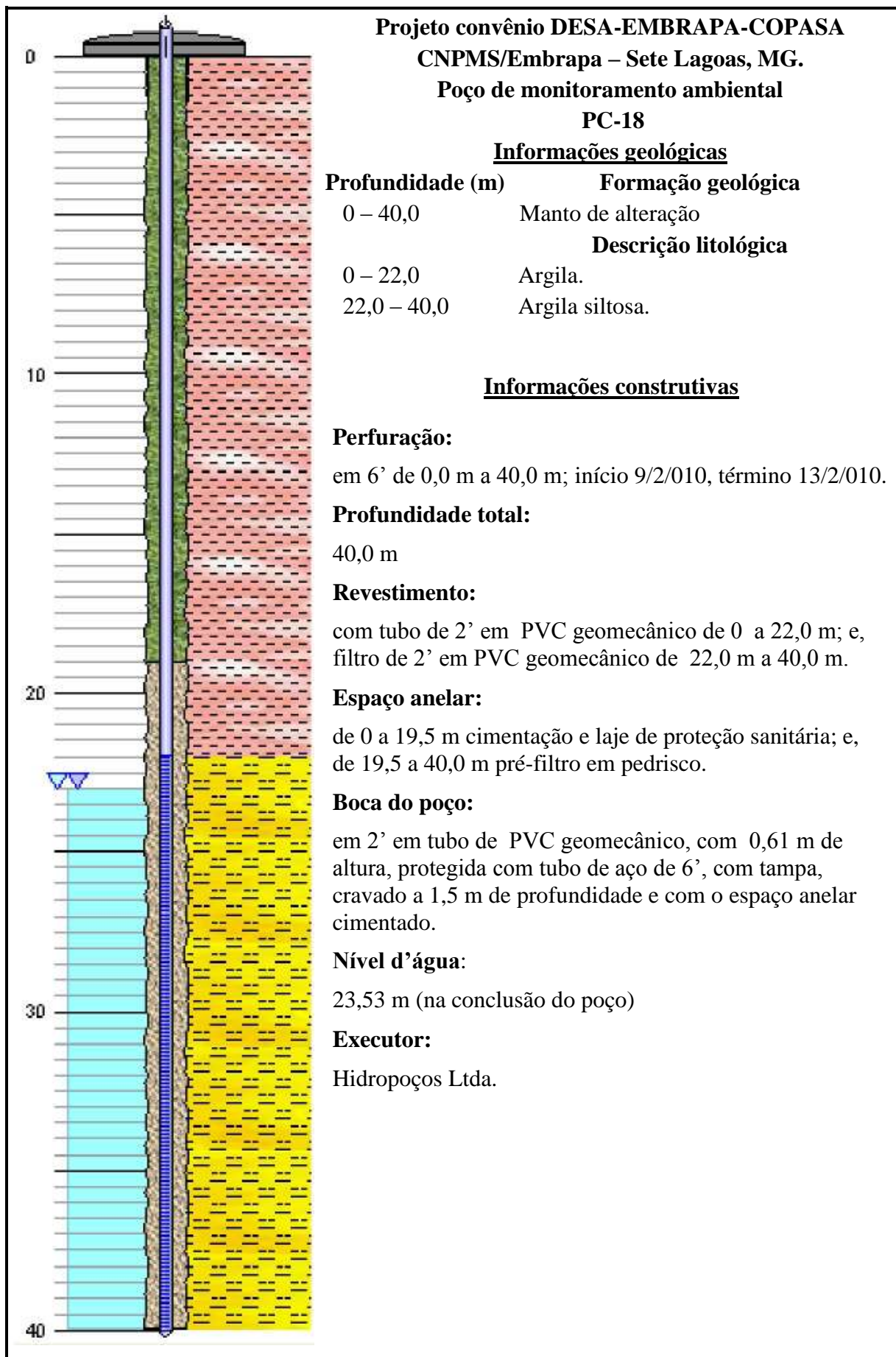


Figura E39. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-18



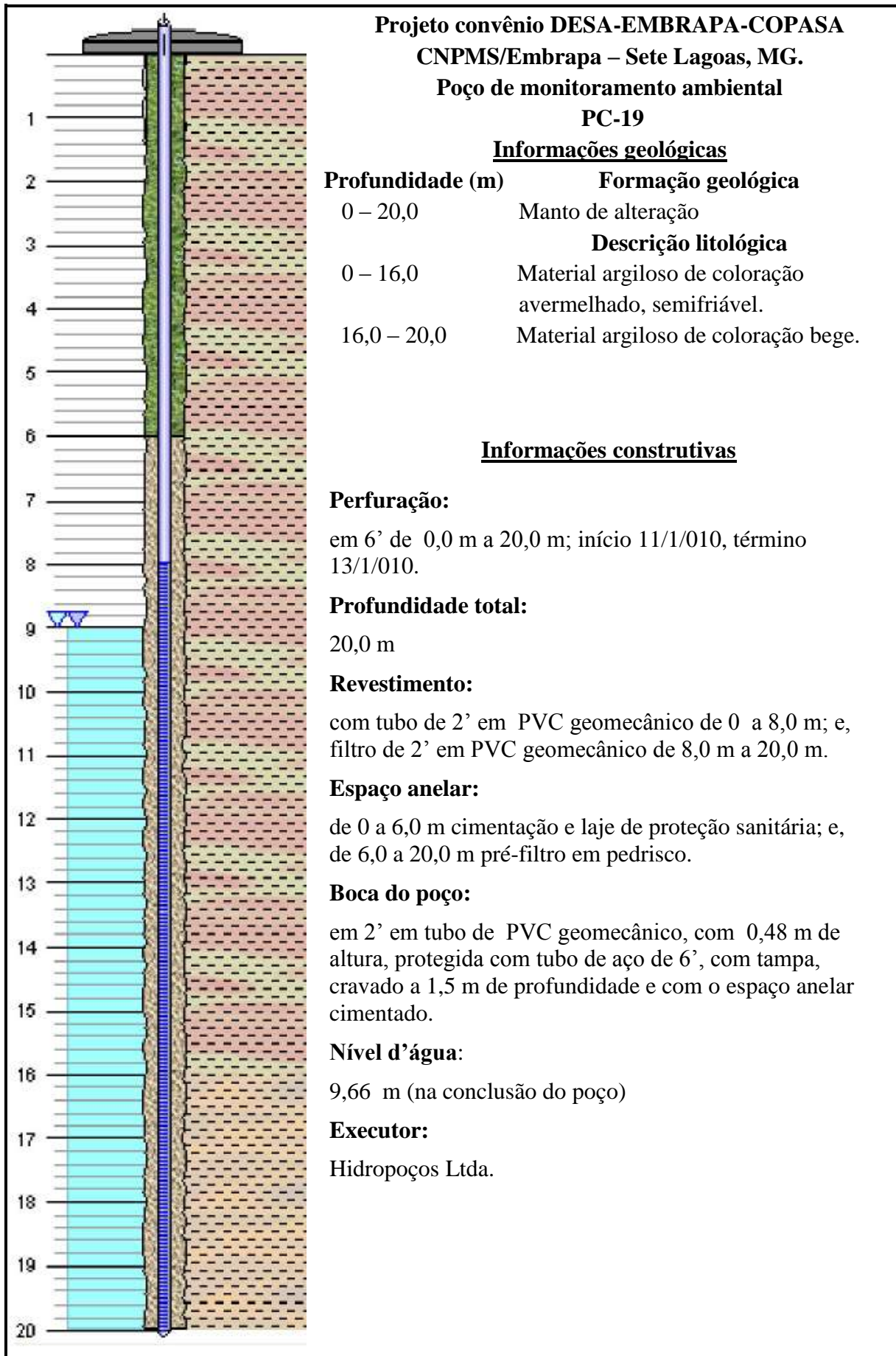


Figura E40. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-19

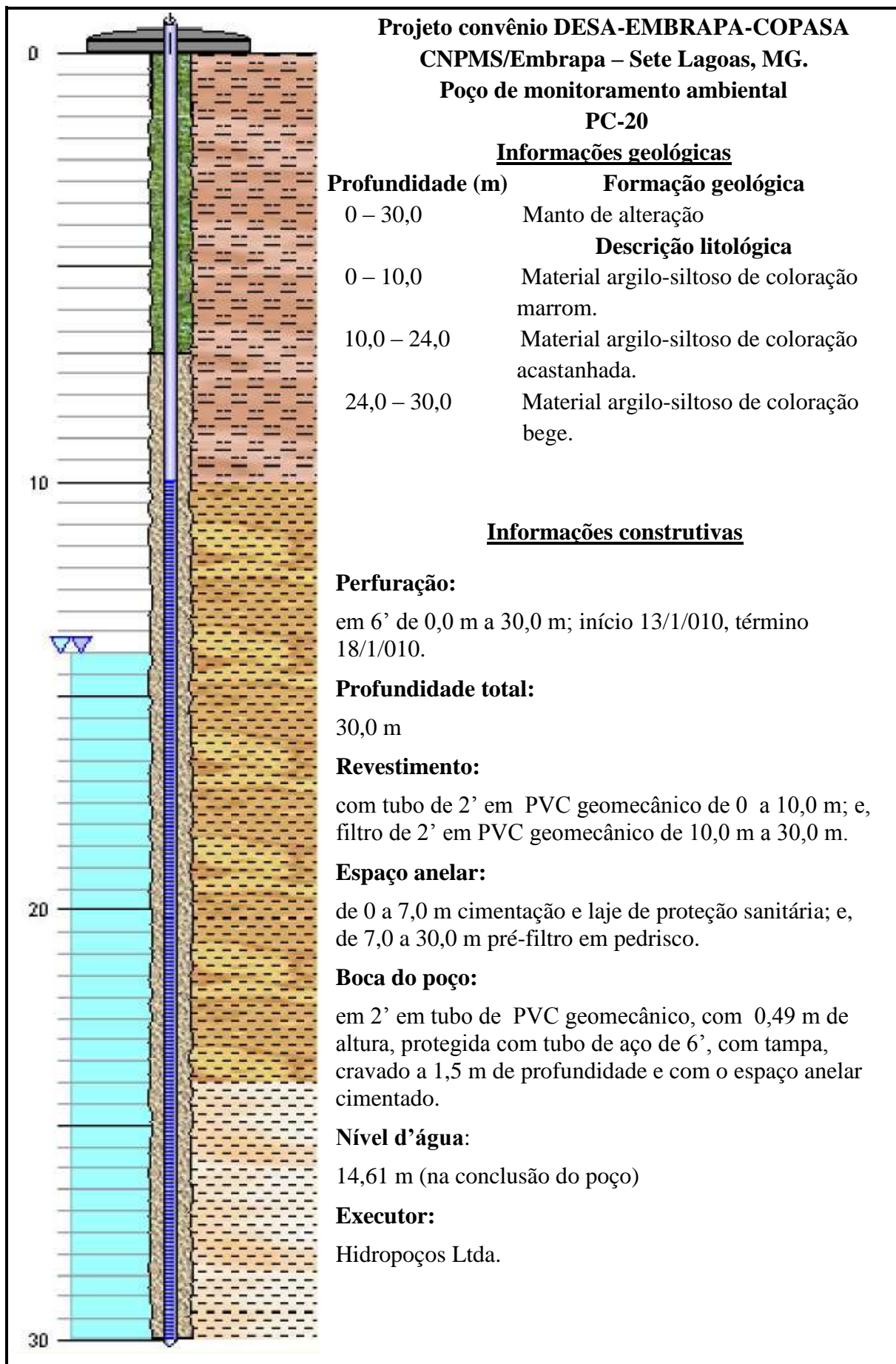


Figura E41. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-20

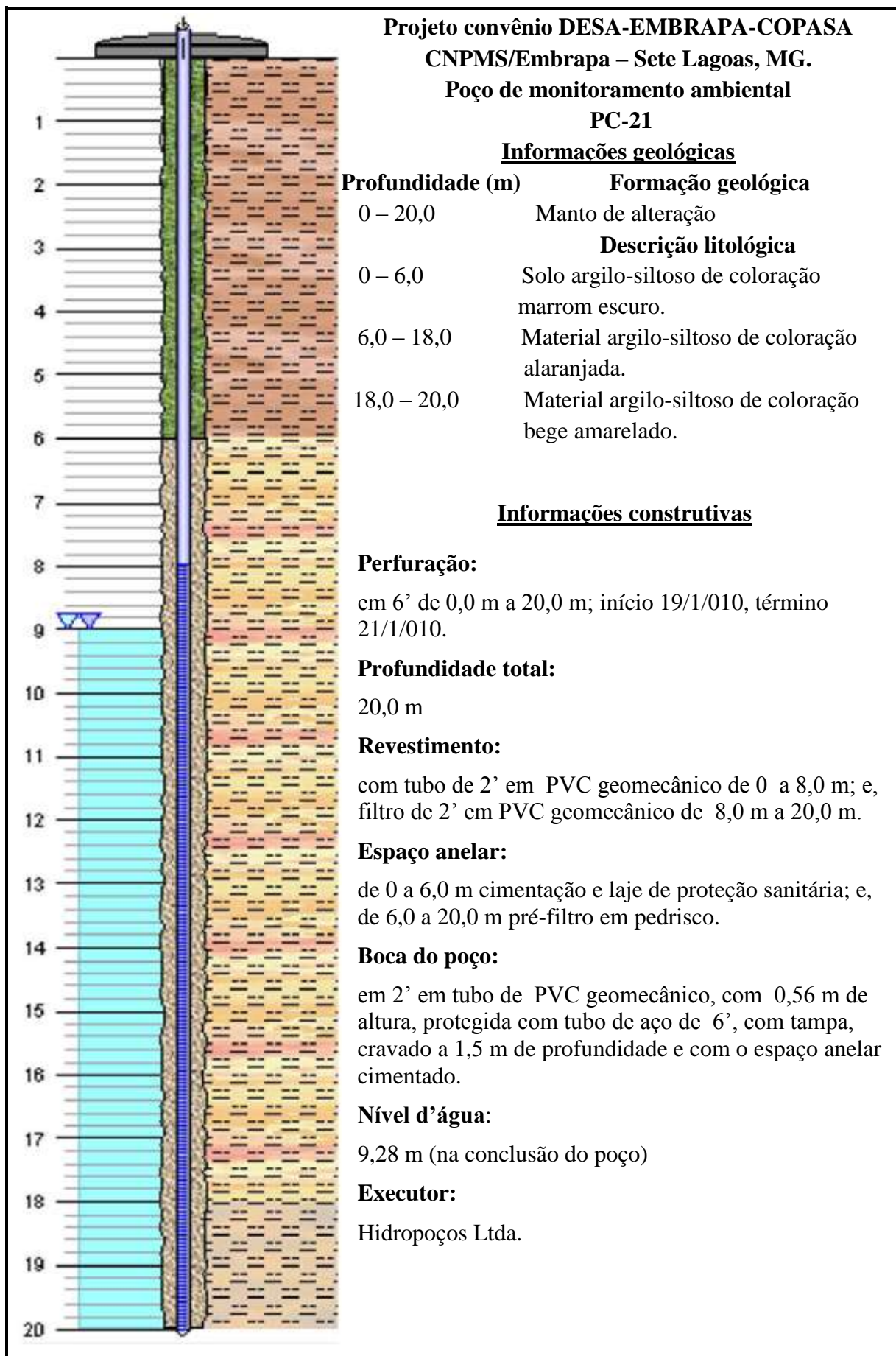


Figura E42. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-21

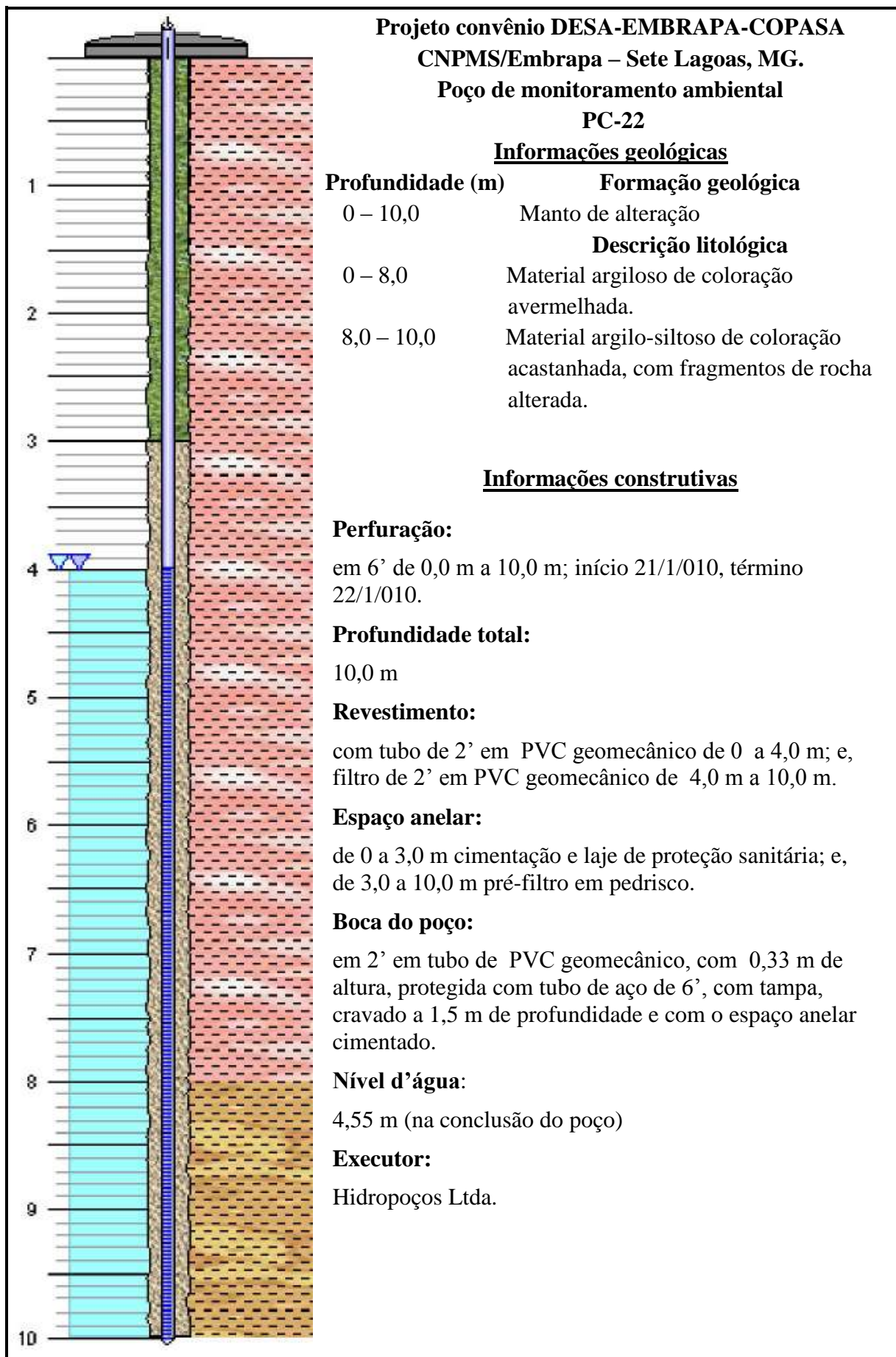


Figura E43. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-22

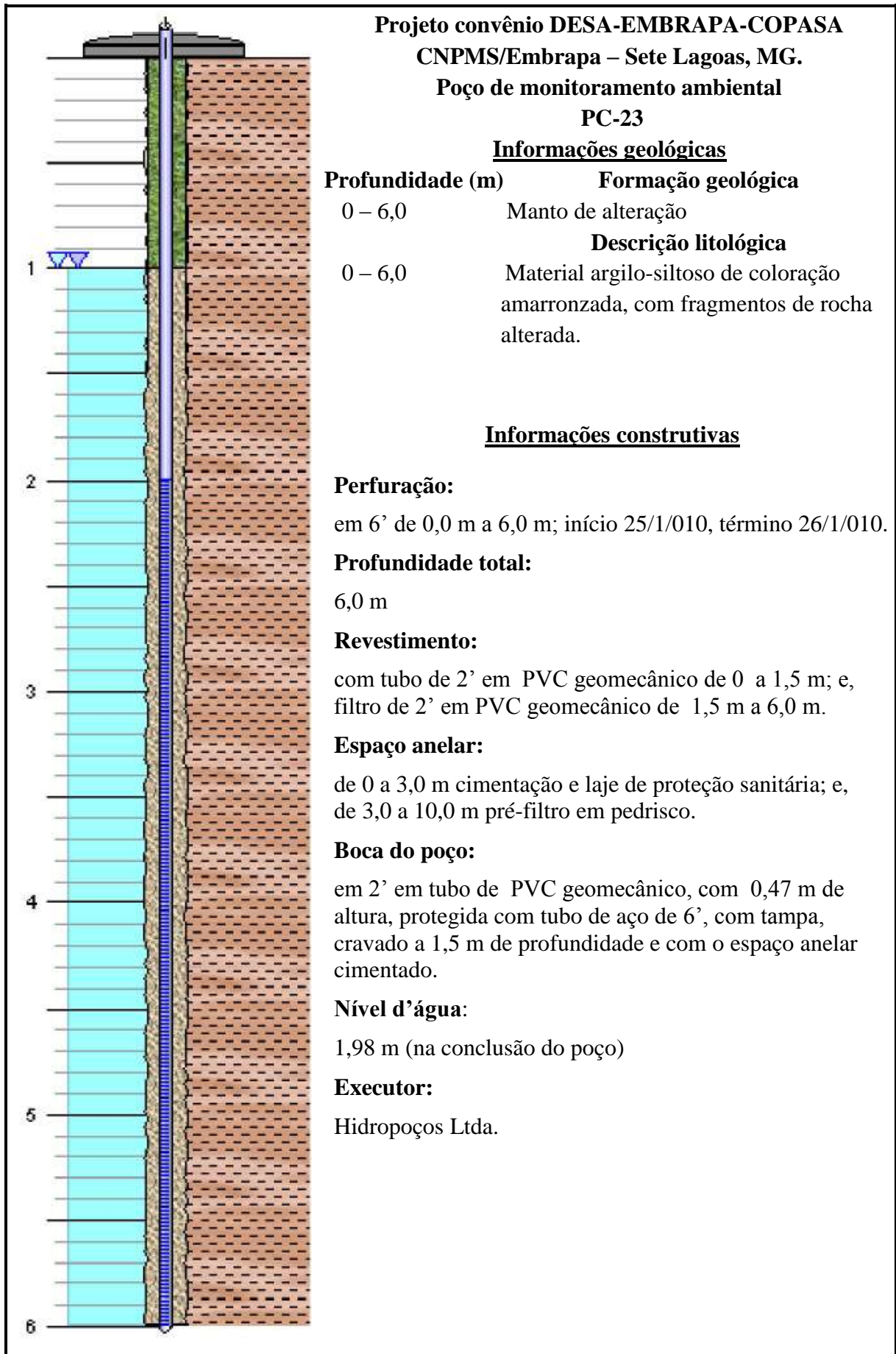


Figura E44. Perfil Litológico do Poço de Monitoramento PC-23

## **ANEXO F- Fotografias**

**Anexo F – Pontos de monitoramento de águas subterrâneas:cisternas**



Figura F1 Cisterna do Restaurante (CIS-1) na sede do CNPMS



Figura F2 Cisterna da Estufa (CIS-2) – escritório dos campos experimentais



Figura F3 Cisterna do Barão (CIS-3) — Casa de apoio dos campos experimentais



Figura F4 Cisterna da Associação (CIS-4) — lagoa Olhos d'Água





Figura F5 Local da cisterna da Associação – AEE (CIS-4)



Figura F6 Cisterna da Epamig (CIS-5) — casa 2 na vila da Epamig



Figura F7 Cisterna da Epamig (CIS-5) — aparência da água



Figura F8 Cisterna do Estábulo (CIS-6)



Figura F9 Local da cisterna do Estábulo (CIS-6) – Epamig



Figura F10 Cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7) — período de chuvas



Figura F11 Cisterna da fazenda Marinheiro (CIS-7) — período de seca

**Anexo F – Pontos de monitoramento de águas subterrâneas: poços**



Figura F12 Poço tubular Matadouro 1 (PT 1) — ponte 2 do córrego Matadouro



Figura F13 Poço tubular Matadouro 2 (PT 2) — estrada da “Casinha”



Figura F14 Poço tubular da lagoa Subida da Estação (ponto PT-3)



Figura F15 Poço tubular da lagoa Subida da Estação – Detalhe (PT-3)



Figura F16 Local do poço tubular da lagoa Olhos d'Água (ponto PT-4)



Figura F17 Poço tubular da lagoa Olhos d'Água (ponto PT-4)



Figura F18 Poço tubular da Epamig (ponto PT-5) — sede da fazenda da Epamig



Figura F19 Poço tubular da Epamig (PT-5) – poço aberto para coleta





Figura F20 Poço tubular da fazenda Tavares (ponto PT-6)



Figura F21 Pisoteio de gado em surgência na área do poço da fazenda Tavares (PT-6)



Figura F22 Gado em pasto na área do poço da Fazenda Tavares (PT-6)



Figura F23 Erosão no solo próximo ao poço da Fazenda Tavares (PT-6)

**Anexo F – Pontos de monitoramento de águas subterrâneas: surgências**



Figura F24 Surgências da lagoa da Subida da Estação



Figura F25 Caixa de coleta de água na surgência SURG-1



Figura F26 Surgência da Mata da Usina (SURG-2)



Figura F27 Poço da surgência da Mata da Usina (SURG-2) – vista do sapo morto



Figura F28 Vertente em que está a surgência do NIA (SURG-3)



Figura F29 Local da surgência do NIA (SURG-3) – período de seca



Figura F30 Surgência do NIA (SURG-3) – aspecto da água

**Anexo F – Pontos de monitoramento de águas superficiais: canal**



Figura F31 Alimentação do canal de irrigação, saída do vertedor da lagoa Baiana



Figura F32 Canal de irrigação, CAN-1— início da área de cultivo orgânico



Figura F33 Canal de irrigação, CAN-2, trecho final



Figura F34 Canal de irrigação, CAN-2, trecho final — vista de cima



**Anexo F – Pontos de monitoramento de águas superficiais: córregos**



Figura F35 Ponte do córrego Marinheiro entrada da fazenda homônima (ponto MAR-1)



Figura F36 Vista do leito do córrego Marinheiro no ponto MAR-1



Figura F37 Vista do leito do córrego no ponto de monitoramento FOR-1



Figura F38 Ponte no córrego Forquilha, ponto FOR-1, área da sede da Epamig



Figura F39 Córrego Jequitibá-Mirim, bomba do pivô 2, ponto JEQ-1.



Figura F40 Ponte no córrego Jequitibá, ponto JEQ-2 (Oficina da Epamig)



Figura F41 Aspecto da água no ponto JEQ-2 (Oficina da Epamig)



Figura F42 Córrego Matadouro, ponte do bairro Areias, ponto MAT-1.



Figura F43 Aspecto da água no ponto MAT-1, córrego Matadouro, bairro Areias



Figura F44 Rio Jequitibá, ponte na fazenda Monjolos, ponto JEQ-3



Figura F45 Coleta de água no ponto JEQ-3, rio Jequitibá na fazenda Monjolos

**Anexo F – Pontos de monitoramento de águas superficiais:lagoas**

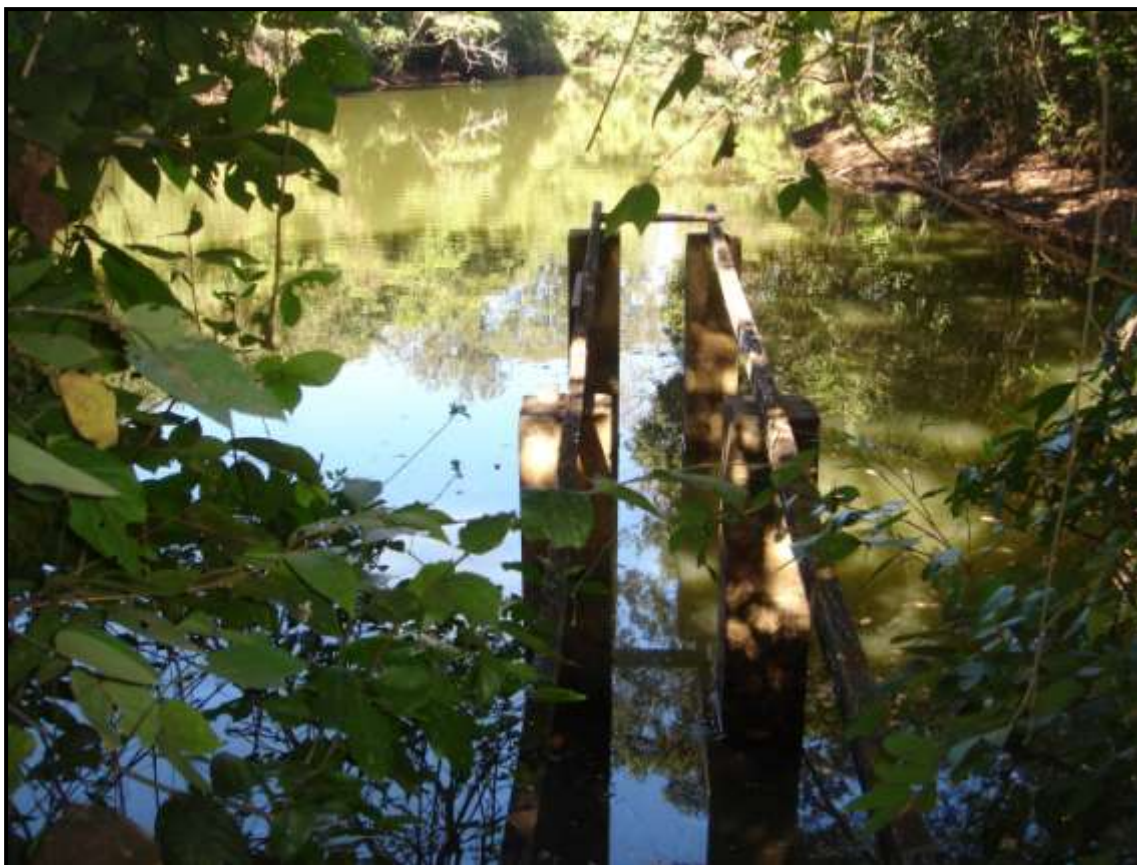


Figura F46 Ponto LAG-1, lagoa do Papudo



Figura F47 Casa de bomba da lagoa da Subida da Estação (ponto LAG-2)



Figura F48 Populares na lagoa da Baiana



Figura F49 Vertedouro da lagoa da Baiana (ponto LAG-3)





Figura F50 Casa da bomba da lagoa Capivara (ponto LAG-4)



Figura F51 Vista da lagoa Capivara



Figura F52 Vertedor da lagoa da Olhos d'Água (ponto LAG-4)



Figura F53 Vista da lagoa da Olhos d'Água



Figura 54 Vertedor da lagoa Poço Verde (ponto LAG-6)



Figura F55 Vista da lagoa Poço Verde, local do vertedor



Figura F56 Vista da lagoa Poço Verde do lado oposto ao vertedor

**Anexo F – Aspectos da geologia local**



Figura F57 Afloramento de rochas granitóides na região do contato (fazenda Perobas)



Figura 58 Lapa Preta – afloramento de calcário (ao sul do CNPMS)



Figura F59 Lapa Preta – saída de um sumidouro



Figura F60 Formação Serra de Santa Helena - nível de cascalho (Epamig)



Figura F61 Concreções no terreno em saprolitos da Fm. Serra de Sta. Helena



Figura F62 Cascalheira típica em domínio da Fm. Serra de Sta. Helena (faz. Tavares)



Figura F63 Aspecto do campo em domínio da Fm. Serra de Sta. Helena (faz. Tavares)



Figura F64 Gruta da Pontinha, afloramento de calcário da Fm. Lagoa Santa (CNPMS)





Figura F65 Caverna em afloramento de calcário da Fm.Lagoa Santa (faz. Tavares)



Figura F66 Material removido na perfuração de um poço de monitoramento

(a) lama característica do latossolo vermelho

(b) lama característica do saprolito Fm. Serra de Santa Helena

**Anexo F – Aspecto da água nos poços de monitoramento**



Figura F67 Turbidez aparentes da água nos poços de monitoramento PC-1 a PC-9

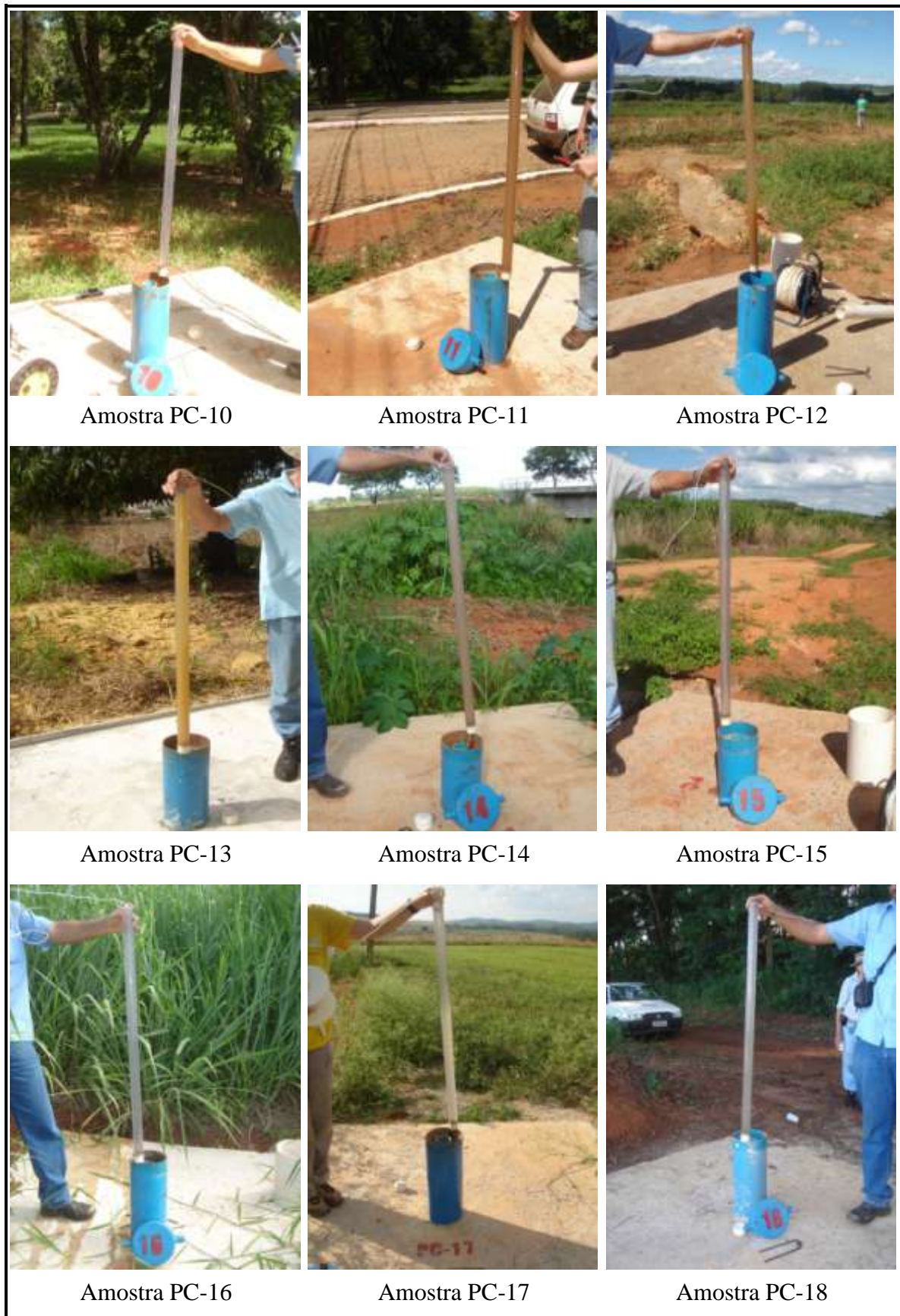
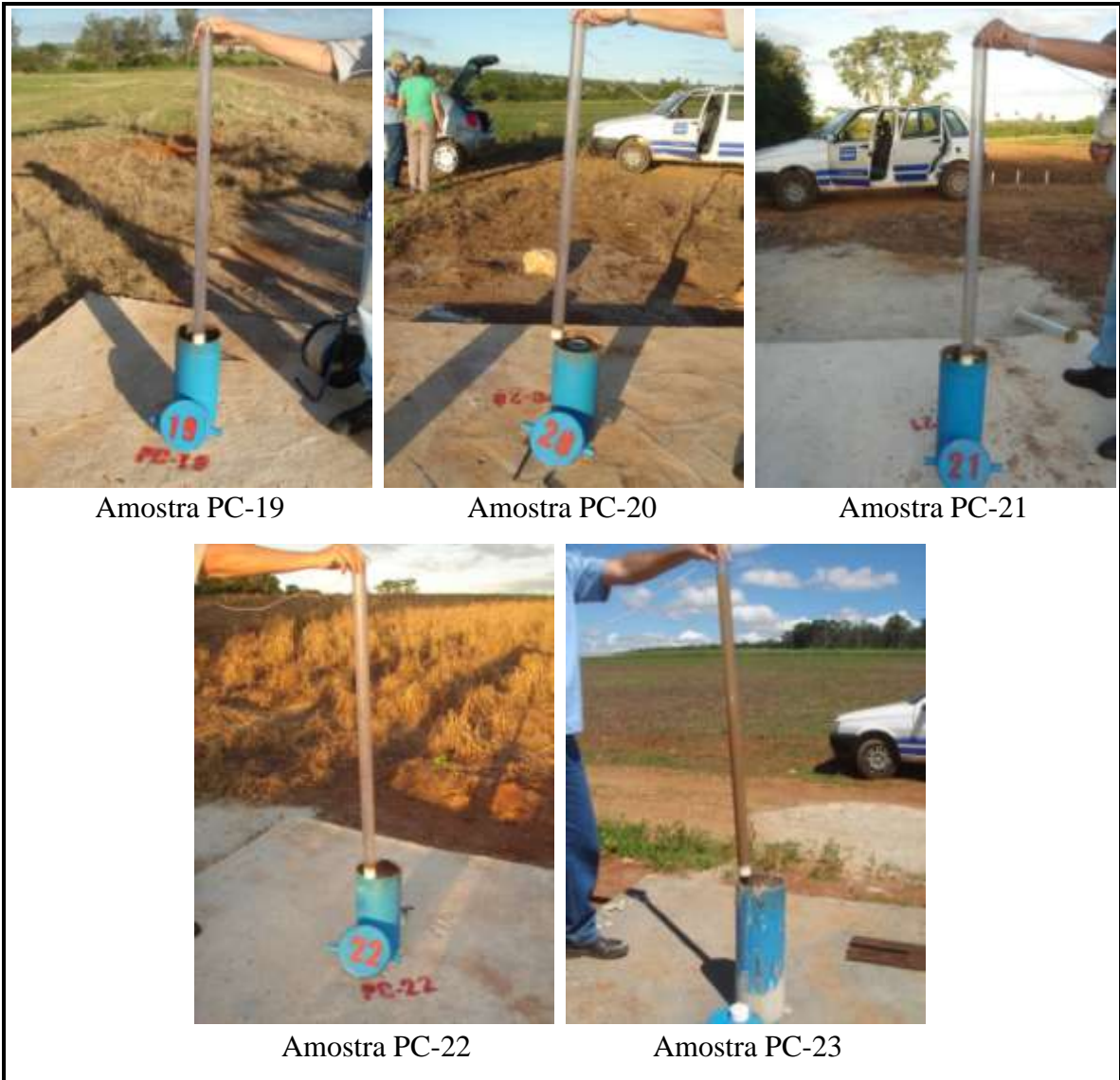


Figura F68 Turbidez aparentes da água nos poços de monitoramento PC-10 a PC-18



Amostra PC-19

Amostra PC-20

Amostra PC-21

Amostra PC-22

Amostra PC-23

Figura F69 Turbidez aparentes da água nos poços de monitoramento PC-19 a PC-23

## **ANEXO G- Glossário de Termos Técnicos**

## **Anexo G – Glossário de Termos Técnicos**

Arqueano — éon da escala de tempo geológico, com registros na Terra, entre 3,85 bilhões de anos e 2,5 bilhões de anos atrás, aproximadamente. É subdividido, atualmente, da era mais antiga para a mais nova: Eo; Paleo; Meso; e, Neo-Arqueano.

Bandamento — estrutura de foliação metamórfica em bandas, geralmente milimétricas a centimétricas, de variação composicional e, ou granulométrica-textural da rocha.

Bioma — área do espaço geográfico, com dimensões que podem superar  $10^6$  km<sup>2</sup>, representada por um tipo homogêneo de ambiente, identificado e classificado de acordo com o macroclima, a fitofisionomia (formação), o solo e a altitude, ou seja, os principais elementos que caracterizam os diversos ambientes continentais. A recorrência de fogo natural, outro elemento de importância na determinação de certos ambientes terrestres, pode ser incluída como atributo de certos biomas, como o cerrado e a savana.

Carbamatos (agrotóxico) — termo que designa um grupo de agrotóxicos em que as substâncias ativas são ésteres do ácido carbâmico, NH<sub>2</sub>COOH, um composto orgânico tóxico e instável.

Carcinogênico — nome dado à substância com potencial cancerígeno, isto é, que tem como propriedade o potencial de desenvolvimento de câncer.

Coluna litoestratigráfica — representação do empilhamento ou sucessão estratigráfica vertical de unidades litológicas (rochosas) e de lacunas neste empilhamento.

Complexo (rocha) — designação dada à reunião ou mistura de duas ou mais classes genéticas de rochas (p.e. rochas ígneas, metamórficas). O nome complexo pode ser dado às estruturas rochosas complicadas ou de difícil distinção de seus tipos.

Contato tectônico — contato litológico produzido por falhamentos. As litologias são colocadas em contato por processos tectônicos. Os falhamentos podem colocar litologias diversas e com diferentes idades em contato entre si. Em caso extremo, pode haver até a inversão da ordem cronológica, com camadas mais antigas sotopostas a camadas mais jovens.

Cráton — porção da litosfera continental estável, praticamente atectônica, por mais de 200 milhões de anos, caracterizada por grande espessura litosférica, tectônica essencialmente epirogênica e uma crosta em grande parte composta por rochas granitóides.

Discordância — superfície que separa unidades estratigráficas de idades significativamente diferentes e que representa um grande período de não deposição ou de erosão das camadas abaixo e acima desta superfície de discordância.

Dolina — depressão de forma acentuadamente circular, afunilada, com diâmetro e profundidades variáveis, que se forma em terrenos calcários, podendo originar-se da dissolução da rocha ou do desmoronamento do teto de cavernas. Essas depressões podem conter água, formando lagoas, ou não.

Epicarste — zona da interface rocha-solo em área cárstica.

Erosão — destruição do relevo originada pela ação de fatores responsáveis pela modelagem da paisagem, tais como, o vento, a água, a temperatura, o intemperismo,

Evento transamazônico (Transamazônico) — ciclo geodinâmico mais importante na formação da crosta continental da Plataforma Sul-Americana, desenvolvido no Paleoproterozóico, entre 2,26 Ga e 1,86 Ga.

Fácies — termo geral para indicar o aspecto (a "face") da rocha e, assim, caracterizar um tipo ou grupo de rochas em estudo.

- a) caracterização de um tipo de rocha ou de uma associação de rochas (litotipo), considerando qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.
- b) tipo de ambiente onde se forma, se formou ou se transformou a rocha; exemplos: fácies pelágico; fácies vulcânico; fácies metamórfico; fácies lacustrino.
- c) outros usos: fácies metamórfica para caracterizar o metamorfismo; várias fácies sedimentar para caracterizar o ambiente de sedimentação; biofácies para indicar aspectos biológicos/fossilíferos característicos de um sedimento, etc.

Fertilizante (ou adubo) — substância química, sintética ou não, utilizada para suprir as deficiências do solo em macronutrientes (Ca, Mg, K, N e P) e micronutrientes (B, Co, Cu, Fe, Mo e Zn). Na agricultura é usado com objetivo de melhorar a produção.

Foliação — termo genérico para estrutura metamórfica resultante de esforços compressivos, originando planos paralelos ("folhas") de diversos tipos.

Geoambiente — termo usado para designar o ambiente geológico-geográfico que em uma extensão territorial apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse.

Gnaiss — rocha metamórfica essencialmente quartzo-feldspática de granulação média a grossa, frequentemente; com estrutura muito variável desde maciça, granitóide, com foliação dada pelo achatamento dos grãos, até bandada, com bandas, geralmente milimétricas a centimétricas, quartzo-feldspáticas alternadas com bandas mais máficas, derivada de processos de segregação metamórfica que culminam em rochas migmatíticas.

Latossolo — solo constituído predominantemente por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresentar mais que 150cm de espessura.

- Horizonte B Latossólico — horizonte mineral subsuperficial, que apresenta um estágio avançado de intemperismo, caracterizado pela quase total ausência de minerais facilmente intemperizáveis e/ou de minerais de argila 2:1 e pela concentração residual de sesquióxidos, argila do tipo 1:1, bem como minerais primários resistentes ao intemperismo. A textura deve ficar mais fina que areia franca e a razão silte/argila inferior a 0,7.

Litótipo – quando se caracteriza um fácies litológico como uma rocha ou uma associação de rochas, para distinguir de outras rochas ou associações litológicas em estudo, considerado qualquer aspecto genético, composicional, químico ou mineralógico, morfológico, estrutural ou textural distintivo para fins de referência em um estudo geológico.

Manancial — fonte de onde se retira a água para abastecimento e consumo da população e outros usos, tais como industrial e agrícola. Segundo a legislação, considera-se como manancial todo o corpo de água interior subterrânea, superficial, fluente, emergente ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para o abastecimento público.

Metal pesado — termo de uso generalizado para designar um grupo de metais tóxicos, que inclui o Cd, o Pb, o Hg, o Cr e o Mn, podendo incluir ainda o Cu, o Ni e o Zn e, mais o semi-metal As. Estritamente, o termo deveria designar apenas os metais com massas molares entre 200 e 210 g/mol, que são metais verdadeiros em aparência e condutividade e, que são capazes de formar compostos covalentes, em geral, altamente tóxicos (Crosby, 1998).



Migmatito – rocha mista, geralmente gnáissica, composta de um material hospedeiro metamórfico, com faixas e veios introduzidos de material ígneo quartzo-feldspático pegmatito ou granito. Mistura de fácies de rochas metamórficas na qual, pelo menos, um componente é representado por material granítico ou granitóide derivado de fusão parcial e/ou de metassomatismo com significativo aporte de elementos granitófilos.

Pelito (rocha pelítica) — rocha detrítica cujos componentes principais são da fração argilosa e do silte e que se originam pela litificação de lamas. Os principais pelitos são os folhelhos, bem estratificados e os argilitos, com pouca ou nenhuma estratificação.

Princípio ativo (agrotóxico) — designação dada à substância que deverá exercer o efeito tóxico sobre o alvo.

Qualidade (água) — conjunto de características físicas, químicas e biológicas que a água apresenta ou que deve apresentar, de acordo com a sua utilização.

Região hidrográfica — é uma divisão administrativa, constituindo-se como a unidade principal de gestão das águas, tendo por base a bacia hidrográfica, assim constitui-se como área composta por uma ou mais bacias hidrográficas contíguas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhes estão associadas.

Saprolito — rocha decomposta por intemperismo químico para um material argiloso, variavelmente friável, de cores amarelas a avermelhadas ou em tons de cinza, na dependência da rocha original e do clima, podendo conter quartzo e outros minerais resistentes à alteração e preservando, frequentemente, muitas das estruturas da rocha sã que ocorre abaixo.

- O saprolito pode apresentar dezenas de metros de espessura em climas úmidos, ocorre na base do manto de intemperismo mas pode ser exposto por erosão dos níveis regolíticos.

O "saibro", usado nas misturas com cimento e areia, normalmente é material saprolítico da alteração de rochas graníticas e outras.

Solo – material inconsolidado superficial que ocorre como capa sobre as rochas e desenvolvido por intemperismo, seja *in situ*, das rochas imediatamente abaixo (solo autóctone), seja de rochas próximas, tendo sofrido algum transporte, muitas vezes com níveis seixosos transportados por enxurradas (solo alóctone). O solo pode ser espesso ou pode ser reduzido a uma camada delgada ou mesmo deixar de existir. Constitui o único ambiente na

Terra em que em que podem estar presentes em associação íntima os quatro domínios: a litosfera, a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera.

Sumidouro — conduto natural, em terreno cárstico, que comunica a superfície com condutos subterrâneos e, pelo qual um curso d'água superficial entra no subsolo.

Vergência - sentido ou rumo de deslocamento tectônico de falhas de empurrão e/ou da deformação dos planos axiais em dobras reviradas e que indica o sentido do transporte (relativo ou absoluto) de rochas em faixas orogênicas ou outras tensionadas.

Vulnerabilidade (Aquífero) — termo que designa as características intrínsecas de um aquífero que determinam sua susceptibilidade a ser adversamente afetado por uma carga contaminante.

Fontes Consultadas:

<[www.ana.gov.br/gestaorechidricos/tecnologiacapacitacao/tecnologia\\_glossario.asp](http://www.ana.gov.br/gestaorechidricos/tecnologiacapacitacao/tecnologia_glossario.asp)>;

<[http://www.pdamed.com.br/diciomed/pdamed\\_0001\\_04221.php](http://www.pdamed.com.br/diciomed/pdamed_0001_04221.php)>

<<http://e-groups.unb.br/ig/glossario/index.html>>

<<http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm>>

<[http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico\\_hidro/lexico](http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico)>

<<http://pt.wikipedia.org>>

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos. Rio de Janeiro. RJ.2006.306p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico.Ed. Bertrand Brasil Ltda. 5<sup>a</sup>ed. Rio de Janeiro . RJ. 2006.648p.

LENZ. V.; LEONARDOS, O. H. Glossário Geológico. Cia. Editora Nacional. 2<sup>a</sup>ed. São Paulo. SP. 1977.236p.