

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO REGIME HIDROLÓGICO
SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS EM CURSOS
D'ÁGUA DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Damião Arbex Vallim

Belo Horizonte
2012

Damião Arbex Vallim

**Avaliação da Influência do Regime Hidrológico sobre a
Qualidade das Águas em Cursos D'água do Estado de
Minas Gerais**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Saneamento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Saneamento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Tratamento de Águas de Abastecimento e Residuárias

Orientador: Marcos von Sperling

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2012

Dedicatória

Ao Senhor que sempre me deu força, esperança e oportunidades para vencer os obstáculos que diante de mim se colocaram.

Aos meus pais Sérgio Vermelho e Ângela Arbex que estiveram, e sempre estarão, do meu lado, para dar apoio e segurança, em todos os momentos difíceis, e se orgulharem das conquistas e felicidades que sou merecedor.

Aos meus irmãos Joana, Tomé e Julião que são irmãos de alma e coração, compartilhando experiências e sobrevivências do mundo que desbravamos juntos.

À minha namorada Raissa que sempre está do meu lado, me fazendo enxergar a vida de uma maneira diferente, alimentando sonhos e concretizações.

À minha avó Maizé que me guarda todos os dias e ao meu avô Meireles (in memoriam) representante de vigor e vivência.

À minha avó Lena (in memoriam) que emanava luz, iluminando de alegria e sabedoria a todos que a cercavam.

Aos parentes que compõem uma família de união e afeto, dividindo alegrias e tristezas e aos amigos irmãos que são fontes de uma infinidade de relações e momentos inesquecíveis.

Agradecimentos

A todos que citei na dedicatória, pois cada um, a sua maneira, seja diretamente, ou indiretamente, contribuiu para que eu chegasse a esse instante, que agora retribuo com satisfação. Agradeço também a compreensão de minha ausência.

Ao meu orientador, professor Marcos von Sperling, que com sua sabedoria me orientou apuradamente na elaboração do projeto.

Aos professores Marcos von Sperling, Marcelo Libânio, Carlos Chernicharo, entre outros, que lecionaram de maneira exemplar, transmitindo experiências de uma vasta vida profissional.

RESUMO

As atividades antrópicas em bacias hidrográficas são responsáveis por impactos significativos sobre as características quantitativas e qualitativas dos corpos d'água, como o aumento de vazões durante o período chuvoso, diminuição de vazões durante o período de estiagem, lançamento de efluentes na água e carreamento de resíduos pelas águas pluviais. Sabe-se que o regime hidrológico, através dos seus períodos de chuva e seca, possui grande influência sobre a qualidade das águas, sendo que os aspectos relacionados à variação desta qualidade possuem grande complexidade. Este fato motivou o presente trabalho que tem o objetivo de caracterizar e avaliar a influência do regime hidrológico, nos períodos de chuva e estiagem, sobre os aspectos quantitativos e qualitativos de alguns corpos d'água do Estado de Minas Gerais, situados em regiões com maior e menor disponibilidade hídrica. Para realização desta pesquisa foram utilizadas as informações quantitativas, disponíveis pela Agência Nacional das Águas, e as informações qualitativas, disponíveis pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas, dos rios Aiuruoca e Verde, localizados no sul do Estado e representantes da região de maior disponibilidade hídrica, e dos rios Mucuri e Araçuaí, localizados mais ao norte do Estado e representantes da região de menor disponibilidade hídrica. Através das análises estatísticas realizadas para as informações qualitativas e quantitativas observou-se que, de modo geral, a variação das medianas dos períodos seco e chuvoso, entre as regiões de maior e menor disponibilidade hídrica, possuem comportamentos distintos para as séries de dados de coliformes termotolerantes, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Nas estações do sul do Estado, ao nível de significância de 5%, as medianas das séries de coliformes termotolerantes e sólidos dissolvidos totais não são significativamente diferentes e as medianas das séries de condutividade elétrica são significativamente diferentes, e nas estações mais ao norte do Estado as medianas destes parâmetros de qualidade possuem comportamentos opostos. Considerando-se os períodos estabelecidos como seco e chuvoso, os resultados encontrados neste estudo indicaram que nos rios de menor disponibilidade hídrica, localizados ao norte do Estado, ocorre uma maior degradação da qualidade da água durante o período chuvoso do que nos rios de maior disponibilidade hídrica, localizados no sul do Estado.

Palavras-chave: regime hidrológico, disponibilidade hídrica, qualidade da água, poluição pontual e difusa.

ABSTRACT

Anthropogenic activities in watersheds are responsible for significant impacts on the quantitative and qualitative characteristics of rivers, such as increased flows during the wet season and reduced flows during the dry season, discharge of effluents into the water and leaching by runoff. It is known that the hydrological regime, through its periods of rain and drought, has great influence on water quality, and that the issues related to the variation of this quality has a great complexity. This fact motivated the present work aims to characterize and evaluate the influence of hydrological regime, during the wet and dry seasons, on the quantitative and qualitative aspects of some rivers of the State of Minas Gerais, located in regions with more and less water availability. For this research were used the quantitative information available at Agência Nacional das Águas, and qualitative information available at Instituto Mineiro de Gestão das Águas, both information of Verde and Aiuruoca rivers, located in the south of the State and considered representatives of the region with more water availability, and Mucuri and Araçuaí rivers, located further north of the State and considered representatives of the region with less water availability. Through statistical analysis for the qualitative and quantitative information observed that, in general, the variation of the medians of dry and wet seasons, between regions with more and less water availability, has different behavior for the data series of fecal coliform, electrical conductivity and total dissolved solids. Stations in the south of the State, the significance level of 5%, the median series of fecal coliform and total dissolved solids are not significantly different, and the median of the series of electrical conductivity are significantly different, and at stations further north of the State the medians of these quality parameters have opposite behavior. Considering the periods established as dry and wet seasons, this study indicate that the rivers with less water availability, located north of the State, there is a further degradation of water quality during the wet season than in the rivers with more availability water located in the south of the State.

Keywords: hydrological regime, water availability, water quality, point source and diffuse pollution.

SUMÁRIO

RESUMO.....	V
ABSTRACT	VI
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO DA LITERATURA	4
3.1 CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA	4
3.2 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	6
3.2.1 <i>Introdução</i>	6
3.2.2 <i>Características dos contaminantes</i>	7
3.2.3 <i>Origem e efeitos da poluição</i>	10
3.2.4 <i>Poluição pontual e poluição difusa</i>	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 ÁREA DE ESTUDO	17
4.1.1 <i>Definição da área de estudo</i>	17
4.1.2 <i>Caracterização da área de estudo</i>	19
4.1.2.1 Estação BG005 – Rio Aiuruoca	22
4.1.2.2 Estação BG032 – Rio Verde	24
4.1.2.3 Estação MU005 – Rio Mucuri.....	26
4.1.2.4 Estação JE013 – Rio Araçuaí	28
4.2 INFORMAÇÕES QUALITATIVAS	30
4.3 INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS	32
4.4 TRATAMENTO DOS DADOS	32
4.4.1 <i>Estatística descritiva</i>	32
4.4.2 <i>Teste estatístico (comparação entre medianas dos períodos seco e chuvoso)</i>	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 PERÍODO INTEGRAL DAS SÉRIES DE DADOS	35
5.2 PERÍODOS DE CHUVA E DE ESTIAGEM DAS SÉRIES DE DADOS.....	45
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXOS	60
DADOS QUALITATIVOS.....	60
DADOS QUANTITATIVOS.....	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Desenho esquemático do ciclo hidrológico (CHOW et al, 1988).....	4
Figura 4.1 – Estações de monitoramento de qualidade (Fonte: IGAM) e quantidade (Fonte: ANA) do Estado de Minas Gerais	18
Figura 4.2 – Normal climatológica da precipitação (Fonte: http://www.simge.mg.gov.br)	19
Figura 4.3 – Locais selecionados para a pesquisa	21
Figura 4.4 – Precipitação média mensal (Fonte: http://www.inmet.gov.br)	21
Figura 4.5 – Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande (Fonte: http://www.igam.mg.gov.br) ...	23
Figura 4.6 – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (Fonte: http://www.igam.mg.gov.br)	25
Figura 4.7 – Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (Fonte: http://www.igam.mg.gov.br)	27
Figura 4.8 – Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (Fonte: http://www.igam.mg.gov.br)	29
Figura 5.1 – Hidrogramas (vazões médias mensais) das estações quantitativas	36
Figura 5.2 – Vazões específicas médias mensais da série histórica das estações	36
Figura 5.3 – Diagrama de box & whisker de vazões médias mensais.....	37
Figura 5.4 – Distribuição temporal – vazão x coliformes termotolerantes	39
Figura 5.5 – Distribuição temporal – vazão x condutividade elétrica	39
Figura 5.6 – Distribuição temporal – vazão x fósforo total.....	40
Figura 5.7 – Distribuição temporal – vazão x oxigênio dissolvido.....	40
Figura 5.8 – Distribuição temporal – vazão x sólidos dissolvidos totais	41
Figura 5.9 – Distribuição temporal – vazão x sólidos em suspensão totais	41
Figura 5.10 – Distribuição temporal – vazão x IQA	42
Figura 5.11 – Diagrama de <i>box & whisker</i> dos dados qualitativos – 1 de 2.....	42
Figura 5.12 – Diagrama de <i>box & whisker</i> dos dados qualitativos – 2 de 2.....	43
Figura 5.13 – Diagramas de <i>box & whisker</i> de vazões médias mensais por período.....	45
Figura 5.14 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – Coliformes termotolerantes por período.....	47
Figura 5.15 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – Condutividade elétrica por período	47
Figura 5.16 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – Fósforo total por período	48
Figura 5.17 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – Oxigênio dissolvido por período	48
Figura 5.18 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – Sólidos dissolvidos totais por período	49
Figura 5.19 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – Sólidos em suspensão totais por período	49
Figura 5.20 – Diagramas de <i>box & whisker</i> – IQA por período.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Principais agentes poluidores das águas	8
Tabela 3.2 – Impactos e efeitos da urbanização	13
Tabela 4.1 – Estações de monitoramento selecionadas	19
Tabela 4.2 – Características dos pontos de monitoramento selecionados	20
Tabela 4.3 – Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas	31
Tabela 4.4 – Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias	31
Tabela 4.5 – Período de dados das estações de quantidade (Fonte: HydroWeb/ANA)	32
Tabela 4.6 – Estatísticas básicas	33
Tabela 5.1 – Estatísticas básicas das séries de vazões médias mensais (m ³ /s).....	37
Tabela 5.2 – Estatísticas básicas das séries de dados qualitativos	43
Tabela 5.3 – Estatísticas básicas das séries de vazões médias mensais por período.....	46
Tabela 5.4 – Estatísticas básicas das séries de dados qualitativos por período.....	51
Tabela 5.5 – Valores de p do teste estatístico (Wilcoxon) para comparação das medianas das séries de dados qualitativos por período – seco x chuvoso	52
Tabela 5.6 – Interpretação do teste estatístico (Wilcoxon) para comparação das medianas das séries de dados qualitativos por período (indicação das medianas significativamente diferentes entre períodos seco e chuvoso).....	52
Tabela 5.7 – Avaliação da qualidade da água pelas medianas significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso.....	52

1 INTRODUÇÃO

A ocupação e o uso do solo nas bacias hidrográficas, através da construção de residências, pavimentações, indústrias, pastagens, áreas agrícolas e, conseqüentemente, a geração de efluentes e resíduos, causam impactos relevantes sobre as características quantitativas e qualitativas da água, como por exemplo o aumento do escoamento superficial durante o período chuvoso e diminuição durante o período de estiagem, e a poluição dos corpos d'água, seja pelo lançamento direto de efluentes ou pelo carreamento de resíduos pelas águas pluviais.

As interrelações existentes entre os aspectos quantitativos e qualitativos da água possuem grande complexidade e é sabido que o regime hidrológico, através dos seus períodos de chuva e de estiagem, possui influência significativa na qualidade das águas. Durante os períodos de chuva, além dos lançamentos de efluentes nos corpos d'água, que normalmente ocorrem durante o ano, as águas pluviais carregam substâncias depositadas nas áreas urbanas, como resíduos sólidos urbanos e efluentes domésticos acumulados nas redes coletoras, e substâncias presentes nas áreas rurais, como matéria orgânica, sólidos e fertilizantes. Entretanto, cabe lembrar que durante este mesmo período há também um aumento da quantidade de água disponível, aumentando a capacidade de diluição dos poluentes presentes nos corpos d'água. Já no período de estiagem, a quantidade de água disponível para diluir os poluentes atinge um valor mínimo, o que também afeta negativamente a qualidade da água.

Tendo em vista as influências do regime hidrológico sobre a qualidade da água e sendo ela um elemento vital para a vida, e de grande importância sobre os aspectos sócio-econômicos e ambientais, o estudo dos fatores que intervêm diretamente na qualidade deste recurso se faz fundamental. Partindo desta premissa, a proposta deste trabalho é avaliar as influências do regime hidrológico, através dos períodos de chuva e seca, nos aspectos qualitativos das águas.

Para o desenvolvimento dos estudos avaliou-se o comportamento da quantidade e qualidade da água, nos períodos de chuva e seca, de regiões hidrologicamente diferentes, situadas em locais com maior e menor disponibilidade hídrica.

A fim de aumentar a qualidade técnica dos resultados, foram selecionadas duas estações de monitoramento qualitativo na região do Sul de Minas Gerais, com maior disponibilidade hídrica, e duas estações na região mais ao norte do Estado, com menor disponibilidade. As estações BG005 e BG032, situadas respectivamente nos rios Aiuruoca e Verde, representam a

região de maior disponibilidade hídrica e as estações MU005 e JE013, situadas respectivamente nos rios Mucuri e Araçuaí, representam a região de menor disponibilidade.

Espera-se que os resultados dos estudos aumentem o conhecimento da relação do regime hidrológico sobre a qualidade das águas, relação esta de grande importância no desenvolvimento de ferramentas para subsidiar as tomadas de decisões dos comitês de bacias hidrográficas, dos órgãos públicos, das empresas privadas, das ONG's, bem como a sociedade como um todo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa é avaliar a influência do regime hidrológico, nos períodos de chuva e estiagem, sobre os aspectos quantitativos e qualitativos de alguns corpos d'água do Estado de Minas Gerais, situados em regiões com disponibilidade hídrica distintas.

2.2 Objetivos específicos

- avaliar as influências do regime hidrológico, nos períodos de chuva e estiagem, sobre a qualidade das águas de alguns corpos d'água do Estado de Minas Gerais;
- analisar a variabilidade da qualidade da água, ao longo dos períodos de chuva e estiagem, em regiões com disponibilidade hídrica distintas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica

Segundo Righetto (1998), ciclo hidrológico é o processo natural de evapotranspiração, condensação, precipitação, detenção e escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamento fluvial e interações entre esses componentes.

Para Tucci *et al* (2009) esse conceito pode ser entendido como sendo o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, estimulado pela energia solar em conjunto com a gravidade e a rotação da terra.

A Figura 3.1 a seguir apresenta um desenho esquemático do ciclo hidrológico.

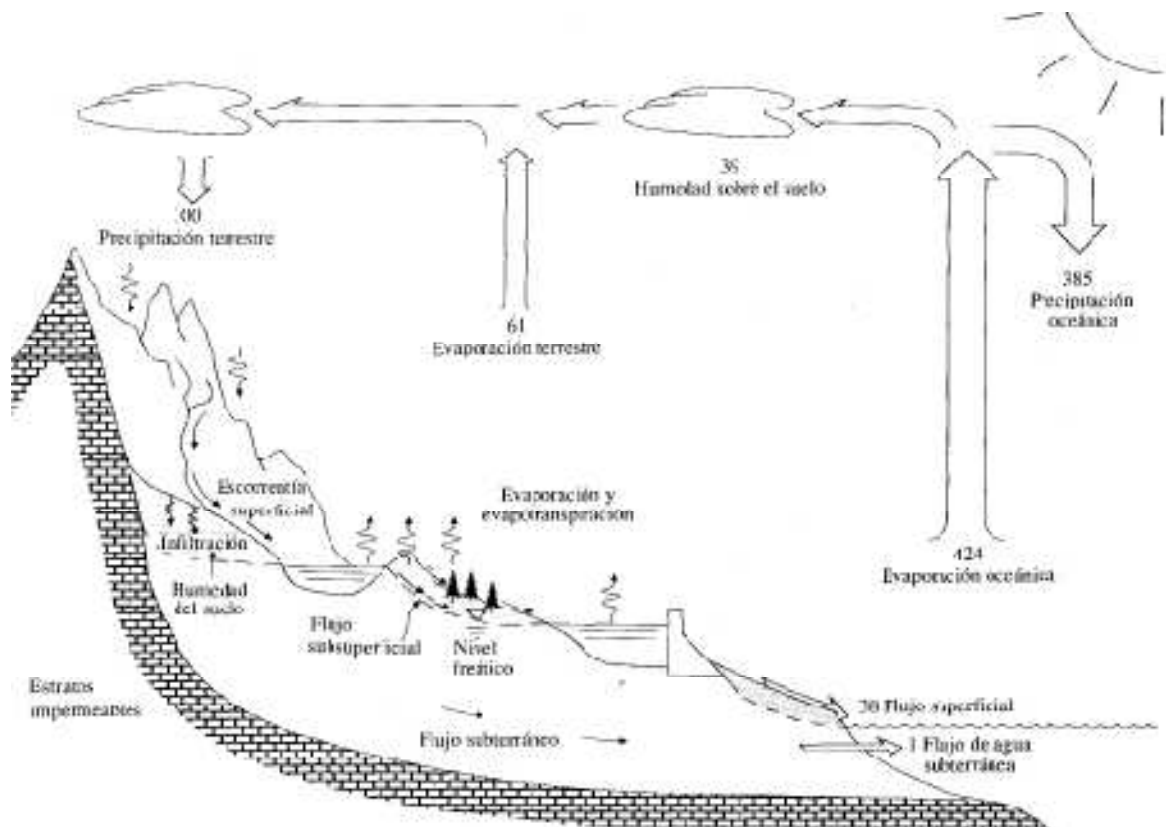


Figura 3.1 – Desenho esquemático do ciclo hidrológico (CHOW et al, 1988)

Oliveira & Brito (1998) e Tucci *et al* (2009) citam que o deslocamento da água na superfície da bacia hidrográfica, nos rios, canais e reservatórios é uma das parcelas mais importantes do ciclo hidrológico, e devido ao comportamento sazonal das chuvas, a vazão correspondente a esse deslocamento é muito variável ao longo do ano e também de ano para ano, sendo que no

período de estiagem os cursos d'água são alimentados predominantemente por escoamento subterrâneo.

Segundo Barros *et al* (1995), a quantidade de água depende de fatores como área e relevo da bacia de contribuição, condições da superfície do solo, constituição geológica do subsolo, clima, existência de obras de controle e utilização de água a montante.

Righetto (1998) e Tucci *et al* (2009) relatam que nas aplicações de engenharia hidrológica a bacia hidrográfica é considerada como sendo a área principal de estudo. Tucci *et al* (2009) ainda descrevem que a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água da precipitação que converge os escoamentos, superficiais e subterrâneos, para um único ponto a jusante, alimentando assim os cursos de água (TUCCI *et al*, 2009; OLIVEIRA & BRITO, 1998).

Dentre os vários componentes do ciclo hidrológico, a seguir está descrito sobre o escoamento superficial que possui umas das parcelas mais importantes do ciclo e também do estudo em questão.

Barros *et al* (1995) mencionam que a precipitação que atinge a superfície da terra gera o escoamento superficial, que por sua vez é responsável pelo deslocamento da água sobre o terreno, formando córregos, lagos e rios, para então atingir o mar. O escoamento superficial, ou deflúvio, corresponde a parcela de água precipitada que permanece na superfície do terreno.

Tucci *et al* (2009) descrevem o escoamento superficial como a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia hidrográfica até encontrar um talvegue. No caso de bacia rural com cobertura vegetal, o escoamento sofre interferência e grande parte se infiltra e evapotranspira. Já quando a bacia é urbana, o escoamento se dá através das superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais, sendo que parcela de água que se infiltra ou evapotranspira é muito pequena. A magnitude do escoamento superficial também é diretamente proporcional a intensidade e duração da precipitação.

O crescimento populacional acelerado e os avanços da urbanização podem provocar impactos ambientais, que modificam profundamente as condições naturais de uma determinada região. Barros *et al* (1995) relatam que quando o processo de ocupação do solo à montante de uma

bacia hidrográfica encontra-se bastante desenvolvido, ocorre aumento do escoamento superficial devido a retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo.

Tucci *et al* (2009) revelam que a impermeabilização do solo, através da construção de telhados, calçadas, ruas e pátios é considerado, no ambiente urbanizado, o principal provocador de efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural da bacia hidrográfica, e conseqüentemente o balanço hídrico na bacia. Estes impactos intensificam os processos erosivos com aumento da produção, transporte e deposição de sedimentos, geram maiores frequência e gravidade de inundações e provocam alterações na morfologia fluvial e impactos sobre os ecossistemas aquáticos, causados por alterações em variáveis hidráulicas que caracterizam os escoamentos (velocidades, profundidades, vazões).

Tucci *et al* (2009) citam que ainda que a presença de vegetação na superfície do solo interfere no escoamento superficial favorecendo a infiltração, além de reduzir a energia cinética de impacto das gotas de chuva no solo, minimizando a erosão.

O escoamento superficial tende a gerar uma série de problemas ambientais, desde aqueles relacionados à poluição de rios, córregos e mananciais, como outros tão graves quanto aqueles relacionados à saúde pública (TUCCI *et al*, 2009).

3.2 Poluição das águas

3.2.1 Introdução

Segundo von Sperling (2005), a poluição das águas pode ser conceituada como sendo a alteração, direta ou indireta, do corpo d'água que prejudique a utilização do mesmo, decorrida em função da adição de substâncias ou de formas de energia. Ainda que possam ser discutidos os aspectos referentes a prejuízo e usos da água, criados pelo próprio ser humano, esse conceito se torna importante para avaliação das medidas de controle da poluição.

Para Barros *et al* (1995), o termo poluição abrange três determinantes básicas:

- Introdução de substâncias artificiais e estranhas a um meio;
- Introdução de substâncias naturais, mas estranhas a um determinado meio e;
- Alteração na proporção ou nas características dos elementos constituintes do próprio meio.

Von Sperling (2005) e IGAM (2009) citam que a poluição da água está associada a condições naturais e ao tipo de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (interferência dos seres humanos):

- Condições naturais – a qualidade das águas, mesmo em bacias hidrográficas preservadas nas suas condições naturais, é afetada pela interação dos escoamentos superficial e subterrâneo com as partículas e impurezas no solo;
- Interferência dos seres humanos – a maneira como homem usa e ocupa o solo, através da geração de despejos domésticos e industriais ou na aplicação de defensivos agrícolas no solo, tem uma implicação direta na qualidade da água.

Os modelos de gestão e utilização das águas, adotados no sistema urbano tradicional, apresentam uma imperfeição no ciclo da água. Ciclo este no qual a água é captada, tratada ou não, utilizada e devolvida ao corpo d'água. Pois a água que é devolvida raramente tem as mesmas qualidades de origem ou do corpo hídrico receptor (TUCCI, 1995; VON SPERLING, 2005).

3.2.2 Características dos contaminantes

Barros *et al* (1995) e Tucci *et al* (2009) relatam que as características das principais impurezas encontradas nos corpos de água são:

- Características físicas – associadas, em sua grande maioria, a presença de sólidos na água;
- Características químicas – podendo ser interpretadas como matéria orgânica e inorgânica e;
- Características biológicas – seres, vivos ou mortos, presentes na água.

E por sua vez, essas características podem ser traduzidas na forma de parâmetros de qualidade da água.

Para Libânio (2010), os principais parâmetros que traduzem as características físicas da água são cor, turbidez, sólidos em suspensão e contagem de partículas, sabor e odor, temperatura e condutividade elétrica. Para as características químicas são pH, alcalinidade, acidez, dureza,

oxigênio dissolvido, salinidade, demanda química e bioquímica de oxigênio, carbono orgânico total, compostos orgânicos, ferro e manganês, nitrogênio, fósforo, fluoretos, metais pesados, arsênio e agrotóxicos. E bactérias coliformes, algas e cianobactérias, protozoários e vírus entéricos para as características biológicas.

A Tabela 3.1 apresenta os principais agentes poluidores da água, bem como a constituição, fonte e o potencial poluidor dos mesmos.

**Tabela 3.1 – Principais agentes poluidores das águas
(adaptado de VON SPERLING, 2005)**

Constituinte	Principais parâmetros representativos	Fonte e potencial poluidor			
		Águas residuárias		Águas pluviais	
		Urbanas	Industriais	Urbanas	Agricultura e pastagem
Sólidos em suspensão	- Sólidos em suspensão totais	Alto	Variável	Médio	Baixo
Matéria orgânica biodegradável	- Demanda Bioquímica de Oxigênio	Alto	Variável	Médio	Baixo
Nutrientes	- Nitrogênio - Fósforo	Alto	Variável	Médio	Baixo
Organismos patogênicos	- Coliformes	Alto	Variável	Médio	Baixo
Matéria orgânica não biodegradável	- Pesticidas - Alguns detergentes - Produtos farmacêuticos - Outros	Médio	Variável	Baixo	Médio
Metais	- Elementos específicos (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn etc)	Médio	Variável	Baixo	Não importante
Sólidos inorgânicos dissolvidos	- Sólidos dissolvidos totais - Condutividade elétrica	Médio	Variável	Não importante	Baixo

A seguir são apresentadas algumas informações a respeito dos parâmetros que serão utilizados nos estudos desta pesquisa:

- Coliformes termotolerantes

Segundo a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, os coliformes termotolerantes são um subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas.

Von Sperling (2005) descreve que as bactérias do grupo coliforme são alguns dos principais indicadores de contaminações fecais, originadas do trato intestinal humano e de outros animais. Essas bactérias reproduzem-se ativamente a $44,5^{\circ}\text{C}$ e são capazes de fermentar o açúcar. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicativo da possibilidade de existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

- Condutividade elétrica

Segundo Libânio (2010), a condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions e pela temperatura. As principais fontes dos sais de origem antropogênica naturalmente contidos nas águas são: descargas industriais de sais, consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais.

- Fósforo total

O fósforo é originado naturalmente da dissolução de compostos do solo e da decomposição da matéria orgânica. O aporte antropogênico é oriundo dos despejos domésticos e industriais, além de detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A presença de fósforo nos corpos de água desencadeia o desenvolvimento de algas ou de plantas aquáticas indesejáveis, principalmente em reservatórios ou corpos de água parada, podendo conduzir ao processo de eutrofização (VON SPERLING, 2005).

- Oxigênio dissolvido

Essencial à manutenção dos seres aquáticos aeróbios, a concentração de oxigênio dissolvido na água varia segundo a temperatura e a altitude, sendo a sua introdução condicionada pelo ar

atmosférico, a fotossíntese e a ação dos aeradores. O oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo de água natural em manter a vida aquática (VON SPERLING, 2005).

- **Sólidos**

Piveli e Kato (2005) citam que os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado.

- **Índice de qualidade da água (IQA)**

O IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, quando cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados.

O tratamento dos dados da mencionada pesquisa definiu um conjunto de nove (9) parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais.

3.2.3 Origem e efeitos da poluição

A poluição das águas, de maneira geral, está frequentemente relacionada com as seguintes fontes: esgotos domésticos, despejos industriais e escoamento superficial nas áreas urbana e rural (VON SPERLING, 2005). IGAM (2009) acrescenta ainda como importantes fontes de contaminação no Estado de Minas Gerais a mineração, acidental e natural.

A compreensão das fontes potenciais de poluentes é de fundamental importância quando se estudam os impactos do despejo nos corpos d'água. A acumulação de vários poluentes dentro da área da bacia pode ser atribuída a diversas fontes e os efeitos individuais são de difícil distinção (VIEIRA, 2008).

Tucci *et al* (2009) relatam que o meio ambiente aquático sofre com a falta de tratamento dos despejos domésticos e industriais e de cargas de pesticidas de uso agrícola e cita ainda que as águas pluviais têm um efeito de lavagem sobre a superfície, conduzindo as impurezas e detritos encontrados no terreno para os cursos de água. O acúmulo de resíduos sólidos na superfície, devido a uma má qualidade dos serviços de limpeza urbana e a falta de conscientização da população, gera grandes prejuízos à qualidade das águas pluviais e, conseqüentemente, para os corpos d'água.

Segundo IGAM (2009), as fontes de poluição possuem características próprias quanto aos poluentes que carregam, como por exemplo os efluentes domésticos que possuem compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e microrganismos patogênicos, e os efluentes industriais que possuem maior diversificação dos contaminantes em função de matérias-primas e dos processos industriais utilizados.

Conforme comentado por Libânio (2010), devido aos impactos inerentes à ocupação urbana e às atividades industriais, agrícolas e pecuárias, o crescimento populacional das últimas décadas é considerado o maior responsável pela poluição dos corpos d'água. À exceção dos países desenvolvidos, os quais possuem sistemas de tratamento de esgotos domésticos, em quantidade e qualidade, significativamente superior aos demais países, o impacto do lançamento destes esgotos supera o causado pelos efluentes industriais.

O lançamento de esgotos domésticos possui grande importância na degradação da qualidade dos corpos d'água no Brasil, pois apenas 47% dos municípios possuem rede coletora de esgoto e somente 18% recebe algum tratamento. Destaca-se que a maior contaminação das águas por esgotos domésticos refere à parcela da população com rede coletora, devido há grande ausência de interceptação dos esgotos e as baixas eficiências associadas à precária operação dos sistemas (BRASIL, 2005).

Conforme von Sperling (2005), existem duas variantes dos sistemas de esgotamentos sanitário:

- Sistema individual ou estático (solução local, individual ou para poucas residências);
- Sistema coletivo ou dinâmico (solução com afastamento dos esgotos da área servida).

O sistema coletivo possui duas principais modalidades:

- Sistema unitário ou combinado (os esgotos sanitários e as águas pluviais são conduzidos ao seu destino final numa mesma canalização);
- Sistema separador (os esgotos sanitários e as águas pluviais são conduzidos ao seu destino final em canalizações separadas).

Brasil (2006) apresenta que dos 5.507 municípios brasileiros, 4.327 (79%) dispõem de sistema de drenagem, e 85% destes possuem rede subterrânea de drenagem. Cerca de 15% desses municípios que possuem rede subterrânea adota o sistema unitário, ou seja, as águas pluviais e os esgotos sanitários são recolhidos em uma mesma rede. Os 85% restantes adotam o sistema separador, e mesmo parecendo elevada esta taxa, cabe lembrar que este sistema é a tecnologia de opção dominante no meio técnico brasileiro. Entretanto, deve-se observar que no separador absoluto, ainda que com ausência de dados sobre o tema, há ocorrência freqüente de interconexão entre os sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário, com danos para ambos.

Segundo Nascimento (2003), a rápida transição de uma sociedade predominantemente rural para uma sociedade essencialmente urbana foi o fator que mais agravou os impactos ambientais no Brasil. Observa-se essa transição quando da análise dos dados populacionais de 1940, nos quais, o país possuía cerca de 28 milhões de pessoas, do total de aproximadamente 41 milhões de habitantes, vivendo na área rural, ou seja, próximo de 68% da população total residia em área rural. Já no ano de 2000, apenas 32 milhões de pessoas, dos 169 milhões de habitantes do país, residiam no espaço rural, ou seja, cerca de 19% da população total residia em área rural. Pode-se observar que em 60 anos, a população total do país quadruplicou, porém, a população rural permaneceu praticamente igual à de 1940.

O potencial de degradação promovido pelo escoamento superficial em áreas urbanas possui como principais parâmetros de caracterização os sólidos totais (em suspensão e dissolvidos), demanda de oxigênio (DQO e DBO5), macronutrientes (fósforo e nitrogênio), organismos patogênicos (coliformes), metais pesados (Zn, Cu, Pb, Ni, Cd) e hidrocarbonetos (PAH) (Burton e Pitt, 2002). A Tabela 3.2 apresenta de forma resumida os impactos da urbanização e os efeitos mais importantes.

Tabela 3.2 – Impactos e efeitos da urbanização
(adaptado de TUCCI *et al*, 2009)

Impactos	Efeitos
Impermeabilização	Aumento da vazão de cheia; Diminuição da vazão de estiagem.
Redes de Drenagem	Maiores picos de vazão a jusante.
Lixo	Degradação da qualidade da água; Entupimento de bueiros e galerias.
Redes de esgotos deficientes	Degradação da qualidade da água; Moléstias de veiculação hídrica; Enchentes contaminadas disseminam a poluição
Desmatamento e Desenvolvimento Indisciplinado	Aumento da vazão de cheia; Mais erosão; Assoreamento em canais e galerias.
Ocupação das várzeas	Maiores prejuízos; Maiores picos; Maiores custos de utilidades públicas.

Segundo Barros *et al* (1995), a qualidade da água nos mananciais superficiais depende de fatores como grau de ocupação e prática de atividades potencialmente poluidoras na bacia de contribuição e existência de pontos de lançamentos de esgotos a montante.

Righetto (1998) cita que a maior parte dos sedimentos transportados pelos corpos d'água provém da erosão do solo em terreno desprotegido pela cobertura vegetal. A erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva e pela ação de arraste do escoamento das águas pluviais sobre o terreno (escoamento superficial) transporta grandes quantidades de nutrientes e produtos químicos.

Brasil (2008), utilizando-se do Índice de Qualidade de Água – IQA, o qual é formado por diversos parâmetros de qualidade da água, classifica a qualidade da água dos corpos hídricos brasileiros como: 2% péssima; 6% ruim; 12% regular; 70% boa; e 10% ótimo. A contaminação por esgotos domésticos, efluentes industriais, uso de agrotóxicos e inseticidas, disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e ocupação irregular de áreas de preservação permanente são considerados os maiores responsáveis pela degradação dos corpos hídricos. Ressalta-se que a presença e a importância de poluição difusa em ambientes

urbanos originados pelas águas de drenagem do escoamento superficial ainda não são bem avaliadas.

3.2.4 Poluição pontual e poluição difusa

Cabe ressaltar que as águas poluídas atingem os corpos receptores de duas formas distintas, classificadas como fontes pontuais e fontes não-pontuais ou fontes difusas (PRODANOFF, 2005 e TUCCI, 2005).

Para Prodanoff (2005) e Tucci (2005) fonte ou poluição pontual, refere-se, como o próprio nome esclarece, à poluição decorrente de forma localizada e possui carga, natureza e frequência conhecidas. Exemplos deste tipo de poluição são os efluentes de uma estação de tratamento de esgotos domésticos ou industriais, ou mesmo, lançamentos de esgotos sem tratamento.

Já a fonte ou poluição difusa provêm da ação das águas da chuva que carregam a poluição na suas diversas formas espalhada sobre a superfície do terreno (urbano ou rural) e na atmosfera para o corpo receptor. Ao contrário da poluição pontual, a poluição difusa não alcança o corpo receptor de forma concentrada, mas sim distribuída ao longo das margens (PRODANOFF, 2005 e TUCCI, 2005). A poluição difusa possui, *a priori*, a carga, natureza e duração com que os poluentes atingem o corpo d'água desconhecidas (VIEIRA, 2008).

Campbell *et al.* (2004) explicaram que a poluição difusa pode ser interpretada como sendo a poluição originada das atividades desenvolvidas ou ocupadas em uma bacia hidrográfica, urbana ou rural, na qual os poluentes são dispersos por toda a área e não surgem como um efluente de um processo específico, sendo que todo o processo de poluição difusa está ligado diretamente ao ciclo hidrológico.

Tucci (1995) relata que a poluição difusa possui como característica marcante a variabilidade na concentração de poluentes lançados nos corpos d'água, variando em termos de magnitude de um local para o outro, com diferentes eventos e ao longo de um mesmo evento de precipitação e também quanto ao tipo de área ocupada, o que torna difícil o estabelecimento de diferenças na produção de cargas poluentes.

Ao contrário das cargas pontuais que são geradas, em sua totalidade, em áreas urbanas, as cargas difusas são geradas em áreas extensas e chegam de forma intermitente às águas

superficiais, em especialmente a partir de áreas rurais (MANSOR *et al.*, 2006). Ainda com relação à carga difusa, a mesma pode ser interpretada como sendo resultante de um grande número de fontes individuais (GONÇALVES *et al.*, 2005).

Vários autores como Carpenter *et al.* (1998), Macleod & Haygarth (2003), Witt & Behrendt (1999), Tanik *et al.* (1999) e Silva & Porto (2003) *apud* Mansor *et al.* (2006), descrevem que cada vez mais está aumentando a percepção e a importância das cargas difusas devido à identificação e, por consequência, ao controle das cargas pontuais.

As cargas difusas podem ser de natureza urbana, com composição complexa (de metais e óleos a sólidos) e sendo proporcional à deficiência da coleta de esgotos e da limpeza pública, e rural, composta basicamente por sedimentos erodidos dos solos, nutrientes existentes nos mesmos (nitrogênio e fósforo), fertilizantes e defensivos agrícolas, resíduos de criação animal, etc., carregados pelas drenagens pluviométricas e aos fluxos de retorno de irrigação (MANSOR *et al.*, 2006).

A agricultura, devido ao desrespeito na utilização do solo quanto a capacidade de suporte e técnicas de produção desatualizadas, vem se tornando uma grande fonte de poluição difusa das águas superficiais (GONÇALVES *et al.*, 2005).

Para Tucci *et al.* (2009) o uso do solo rural, através da expansão das fronteiras agrícolas e do intenso cultivo, tem gerado impactos significativos na produção de sedimentos e nutrientes nas bacias rurais.

Segundo Macleod & Haygarth (2003) *apud* Mansor *et al.* (2006) a mensuração de fontes difusas e pontuais de nutrientes na escala de uma bacia hidrográfica possui ainda muitas incertezas e este fato ocorre, conforme citado por Diogo *et al.* (2003) *apud* Mansor *et al.* (2006), devido a poluição difusa ser de difícil quantificação, pois está diretamente ligada às interações de diversos fatores como a intensidade e duração das precipitações, o tipo de solo, a fisiografia do terreno e as formas de uso do solo.

Vieira *et al.* (2008) mostram que as concentrações de alguns poluentes carregados pelo escoamento superficial em áreas urbanas, tendem a ser muito mais altas no início do que no meio ou no final do evento de precipitação. Durante um evento hidrológico as concentrações de poluentes no escoamento gerado variam ao longo tempo (polutograma), assim como as

vazões também variam (hidrograma). O polutograma possui a mesma forma genérica do hidrograma correspondente, mas só que defasado no tempo.

No estudo realizado para uma sub-bacia hidrográfica do rio Jaguari, SP, Mansor *et al.* (2006) confirmam a correlação existente entre a magnitude das cargas de nutrientes e a magnitude do escoamento superficial gerado pela chuva e na microbacia hidrográfica do arroio Lino, RS, Gonçalves *et al.* (2005) constatam em seus trabalhos que as precipitações de baixa intensidade ocasionaram aumentos bruscos na vazão do arroio, causando grandes perdas de sedimentos.

Já Sardinha *et al.* (2008) determinam em seus estudos realizados no Ribeirão do Meio, SP, que os valores de turbidez obtidos foram maiores para os meses com maior vazão no Ribeirão.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Neste Capítulo são apresentados os critérios e informações utilizados no desenvolvimento da pesquisa, visando atender os objetivos propostos. São descritos aspectos a respeito das áreas estudadas e dos dados quantitativos e qualitativos disponíveis, assim como do tratamento de dados aplicado.

4.1 Área de Estudo

4.1.1 Definição da área de estudo

Inicialmente, definiu-se que a área de estudo se concentrasse no Estado de Minas Gerais devido ao fácil acesso e disponibilidade das informações qualitativas, fornecidas pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, e quantitativas, fornecidas pela Agência Nacional das Águas - ANA, e também por possuir características hidrológicas diversificadas o suficiente para a realização da pesquisa.

Para seleção das áreas que fossem representativas de locais com condições climáticas diferentes, a partir das bases de estações de monitoramento de qualidade e quantidade existentes no Estado, bem como do mapa de normal climatológica (1961 a 1990) da precipitação anual, realizou-se uma sobreposição destas bases para seleção das áreas de estudo. A Figura 4.1 apresenta as estações de monitoramento de qualidade e de quantidade no Estado de Minas Gerais e a Figura 4.2 a normal climatológica da precipitação.

Para aumentar a confiabilidade das informações procurou-se selecionar locais onde as estações de monitoramento qualitativas e quantitativas fossem justapostas, a fim de se evitar os erros inerentes à transposição de dados quantitativos para o local das estações qualitativas. Buscou-se também que as áreas de drenagem referentes às estações de monitoramento não fossem tão pequenas para que o tempo de resposta das bacias hidrográficas para os eventos hidrológicos fossem maiores, pois apesar da frequência do monitoramento quantitativo ser duas vezes ao dia, o monitoramento qualitativo possui frequência trimestral. Além disso, avaliou-se a existência de reservatórios a montante das estações de monitoramento que pudessem interferir na qualidade dos dados, seja através da retenção e alteração dos poluentes ou na regularização das vazões.

A partir da sobreposição da base de dados e verificação das premissas citadas anteriormente procedeu-se a busca dos locais a serem analisados neste estudo. Como o objetivo do trabalho é avaliar a interferência do regime hidrológico sobre a qualidade das águas superficiais, através da Figura 4.2 pode-se observar que as regiões norte e sul de Minas Gerais são opostas quanto à disponibilidade hídrica, sendo o sul mais úmido e o norte mais seco.

Visando melhorar a qualidade dos resultados e conclusões da pesquisa, foram selecionados dois locais na região norte e dois locais na região sul do Estado, possibilitando comparar resultados de regiões hidrologicamente semelhantes.

Na região sul selecionaram-se pontos nos rios Aiuruoca e Verde e na região norte pontos nos rios Mucuri e Araçuaí.

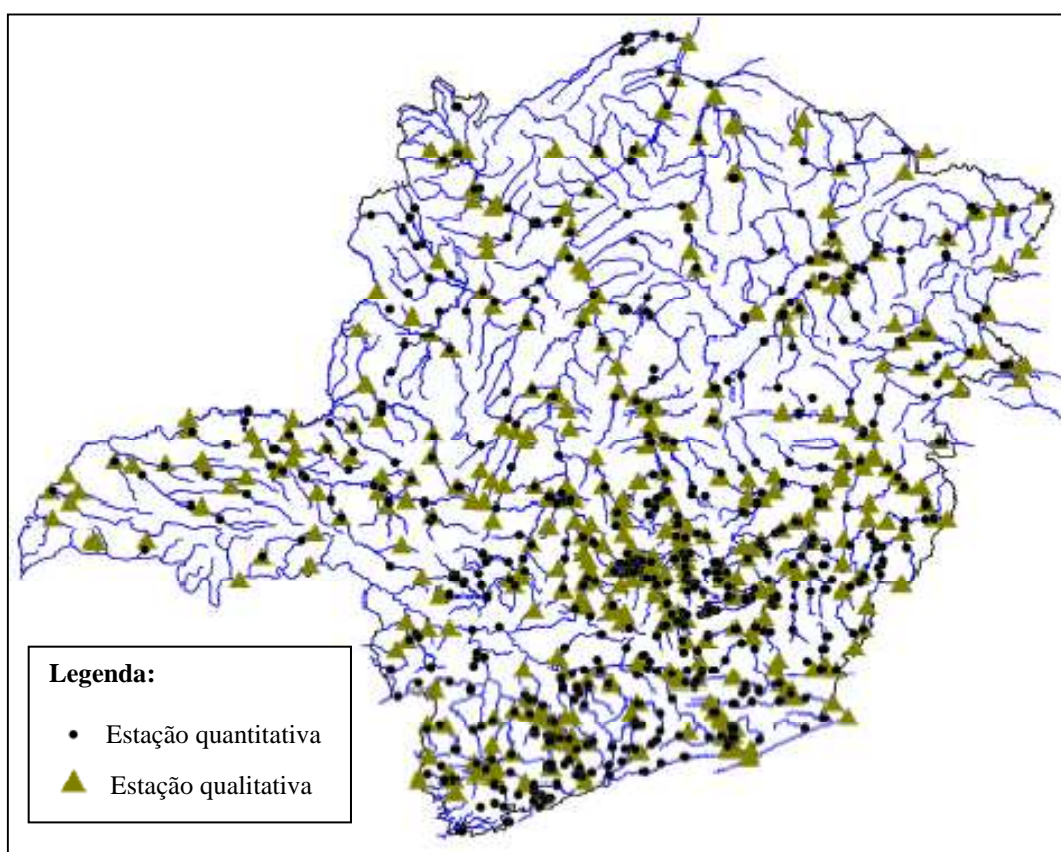


Figura 4.1 – Estações de monitoramento de qualidade (Fonte: IGAM) e quantidade (Fonte: ANA) do Estado de Minas Gerais

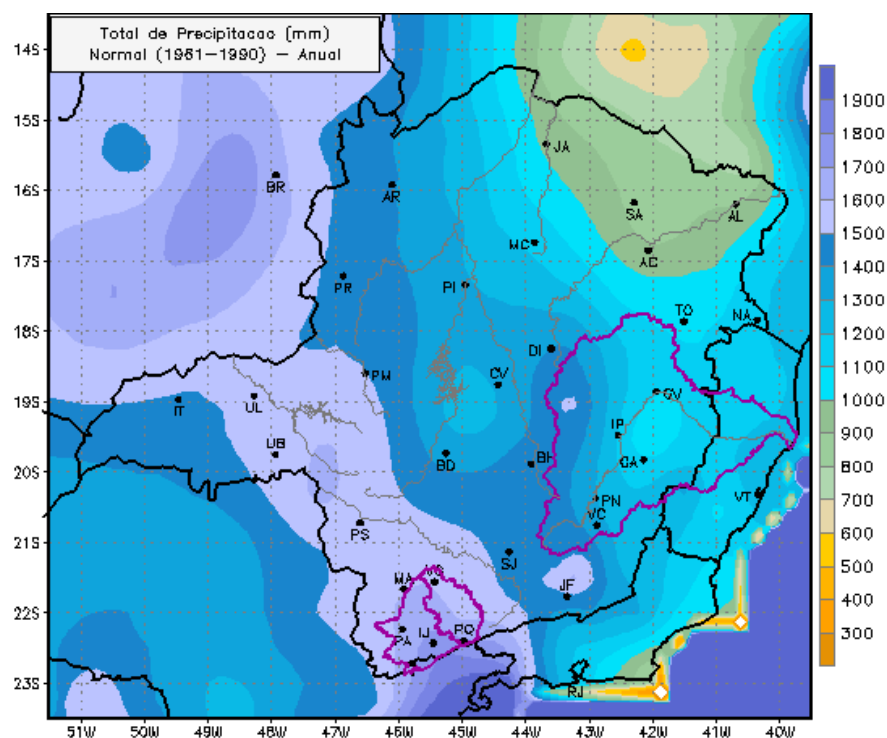


Figura 4.2 – Normal climatológica da precipitação (Fonte: <http://www.simge.mg.gov.br>)

4.1.2 Caracterização da área de estudo

Na Tabela 4.1 e na Tabela 4.2 são apresentadas as estações de monitoramento qualitativo e quantitativo para cada local selecionado, bem como algumas características relativas a estes locais. Ressalta-se que, conforme as premissas deste trabalho descritas anteriormente, os pontos de monitoramento qualitativo e quantitativo de cada corpo d'água, devido às suas proximidades, foram considerados como sendo no mesmo local, para efeito de interpretação dos resultados.

Tabela 4.1 – Estações de monitoramento selecionadas

Estação de qualidade	Estação de quantidade	Rio	Área de drenagem (km ²) *	Coordenadas geográficas *
BG005 (sul)	Fazenda Laranjeiras (61060000)	Aiuruoca	1960	21° 41' 33,00" S 44° 20' 53,88" W
BG032 (sul)	Três Corações (61510000)	Verde	4180	21° 42' 11,16" S 45° 14' 51,00" W
MU005 (norte)	Fazenda Diacui (55560000)	Mucuri	5100	17° 29' 27,96" S 41° 14' 18,96" W
JE013 (norte)	Ponte Alta (54260000)	Araçuaí	6950	17° 16' 57,00" S 42° 48' 28,08" W

* Informações obtidas do HidroWeb/ANA

Tabela 4.2 – Características dos pontos de monitoramento selecionados

Estação de referência	Nº de habitantes na bacia hidrográfica total	Precipitação média (mm)	Fatores de pressão sobre a qualidade da água
BG005 (sul)	365 mil	1.200 - 1.500	Esgotos domésticos, silvicultura, pecuária, atividade minerária, carga difusa e erosão
BG032 (sul)	450 mil	1.200 - 1.800	Esgotos domésticos, efluentes industriais (abatedouro, alimento, bebida, concreto, curtume, fertilizante, laticínio e plástico), agropecuária, carga difusa e expansão urbana
MU005 (norte)	295 mil	800 - 1.200	Esgotos domésticos, pecuária, garimpo e carga difusa
JE013 (norte)	290 mil	700 - 1.400	Silvicultura, atividade mineraria, carga difusa e garimpo

A Figura 4.3 apresenta a localização dos pontos selecionados, referenciados ao nome das estações de monitoramento qualitativo.

Com o intuito de melhorar a visualização da variabilidade do regime hidrológico, períodos de seca e chuva, e da distinção hidrológica entre os locais selecionados, a Figura 4.4 apresenta a precipitação média mensal (1961 a 1990) nas estações meteorológicas de São Lourenço, tomada como representativa das estações do sul de Minas Gerais ou menor disponibilidade hídrica, e de Itamarandiba, tomada como representativa da região norte ou menor disponibilidade hídrica.

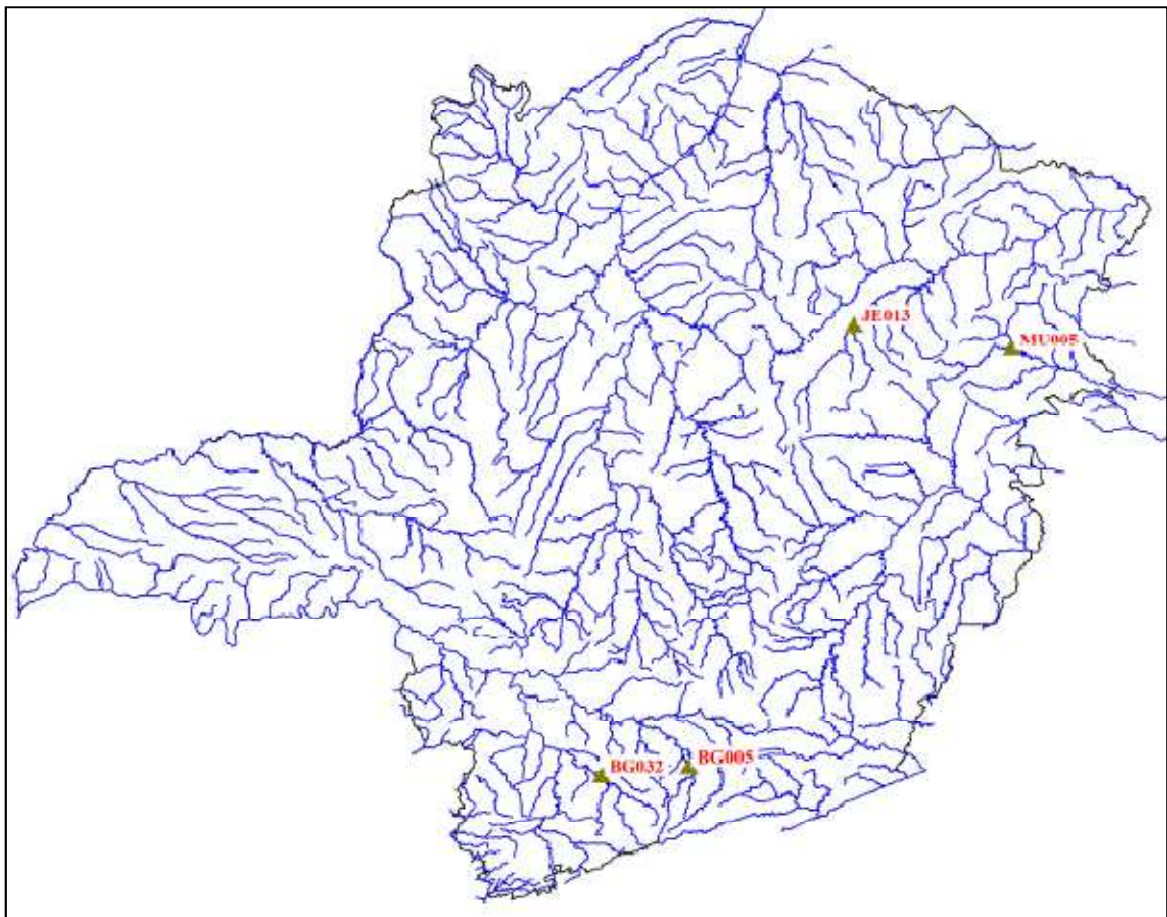


Figura 4.3 – Locais selecionados para a pesquisa

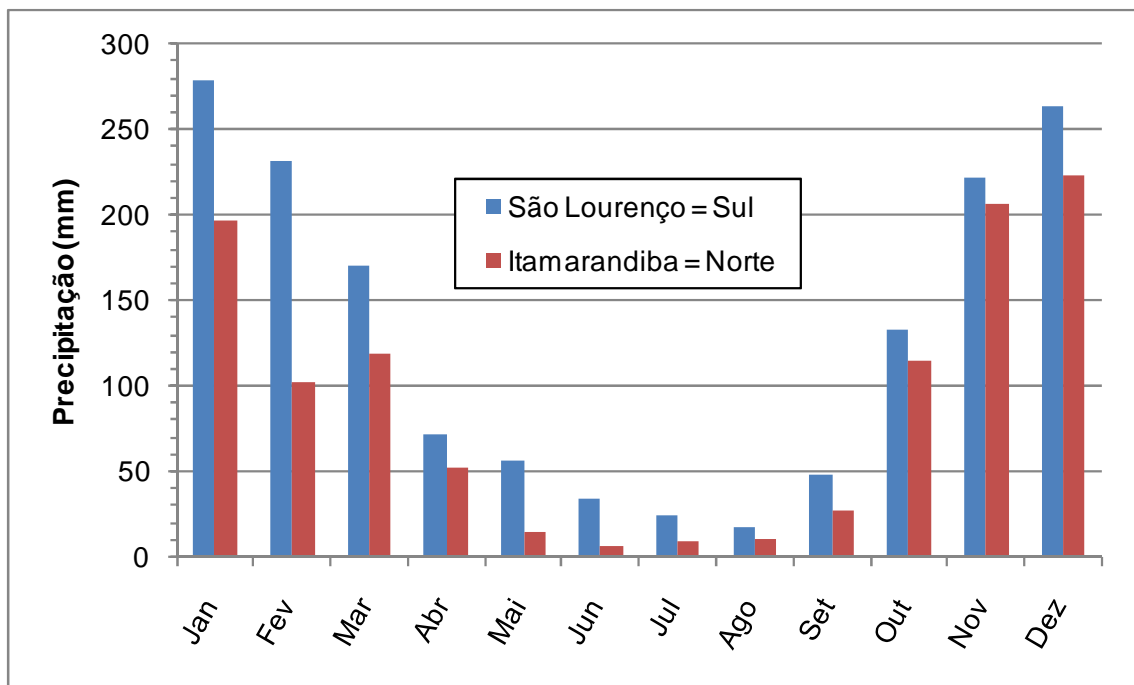


Figura 4.4 – Precipitação média mensal (Fonte: <http://www.inmet.gov.br>)

4.1.2.1 Estação BG005 – Rio Aiuruoca

Segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Grande - CBH-Grande (Fonte: <http://www.grande.cbh.gov.br>), a bacia hidrográfica do rio Aiuruoca, cuja nascente localiza-se na Serra da Mantiqueira, município de Itamonte, encontra-se inserida na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) GD1 – Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande, na qual, esta última, possui área de drenagem próxima de 9.000 km², 33 municípios, dos quais 21 incluem as sedes municipais, e cerca de 365 mil habitantes, com aproximadamente 75% residindo na área urbana (censo de 2007).

A Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) GD1 – Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande pode ser visualizada através da Figura 4.5.

O clima da região é classificado como tropical de altitude com invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. A precipitação média anual na região varia de 1.200 e 1.500 mm (Fonte: <http://www.grande.cbh.gov.br>).

O rio Aiuruoca deságua na represa de Camargos, entre os municípios de São Vicente de Minas e Madre de Deus de Minas. A estação de amostragem de qualidade da água, BG005, localiza-se a montante da represa de Camargos e a estação de amostragem de quantidade, Fazenda Laranjeiras (61060000), situa-se alguns quilômetros a montante da represa, logo após a confluência com o rio Turvo Grande, ambas entre os municípios de São Vicente de Minas e Andrelândia. A área de drenagem da estação Fazenda Laranjeiras possui cerca de 1.960 km².

Dentre as atividades industriais destaca-se a de laticínios que beneficiam o leite produzido pelo manejo pecuário semi-extensivo e extensivo. O solo da bacia hidrográfica do rio Aiuruoca possui alta susceptibilidade a erosão.

Os principais fatores de pressão sobre a qualidade da água na estação de monitoramento BG005 no rio Aiuruoca são o lançamento de esgotos domésticos, a silvicultura, a pecuária, a atividade minerária (areia), a carga difusa e a erosão (IGAM, 2010).

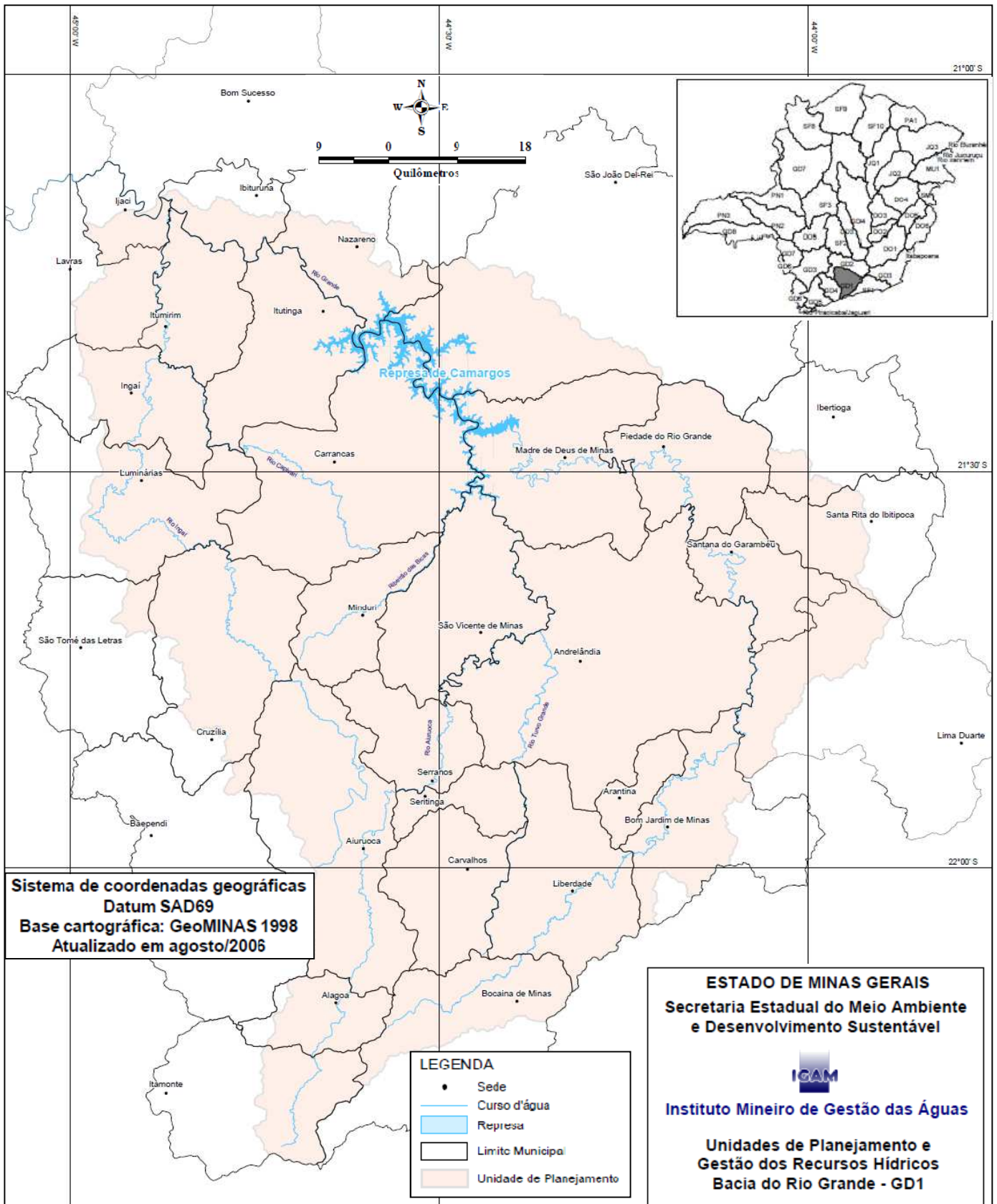


Figura 4.5 – Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande (Fonte: <http://www.igam.mg.gov.br>)

4.1.2.2 Estação BG032 – Rio Verde

Segundo o CBH-Grande (Fonte: <http://www.grande.cbh.gov.br>), a bacia hidrográfica do rio Verde, cuja nascente localiza-se na Serra da Mantiqueira, no limite dos municípios de Passa Quatro e Itanhandu, próximo da divisa dos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, encontra-se inserida na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) GD4 – Bacia Hidrográfica do Rio Verde, na qual possui área de drenagem próxima de 6.900 km², 31 municípios, dos quais 23 incluem as sedes municipais, e cerca de 450 mil habitantes, com aproximadamente 84% residindo na área urbana (censo de 2007).

A Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) GD4 – Bacia Hidrográfica do Rio Verde pode ser visualizada através da Figura 4.6.

O clima da região é do tipo tropical e pode ser classificado como mesotérmico brando e úmido com invernos frios e secos e verões quentes e úmidos. A precipitação média anual na região varia de 1.200 e 1.800 mm (Fonte: <http://www.grande.cbh.gov.br>).

O rio Verde deságua na represa de Furnas, no limite dos municípios de Elói Mendes e Três Pontas. A estação de amostragem de qualidade da água, BG032, e a estação de amostragem de quantidade, Três Corações (61510000), localizam-se na cidade de Três Corações. A área de drenagem da estação Três Corações possui cerca de 4.180 km².

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Verde, a atividade econômica da bacia do rio Verde é bastante diversificada, destacando-se na agropecuária a produção de café, a pecuária leiteira, a produção de ovos de galinha, lavouras temporárias como feijão, milho, batata inglesa e algumas frutíferas. Dentre as atividades industriais destaca-se a de laticínios, rações, material de transporte e extrativa mineral.

Os principais fatores de pressão sobre a qualidade da água na estação de monitoramento BG032 no rio Verde são o lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais (abatedouro, alimento, bebida, concreto, curtume, fertilizante, laticínio e plástico), a agropecuária, a carga difusa e a expansão urbana (IGAM, 2010).

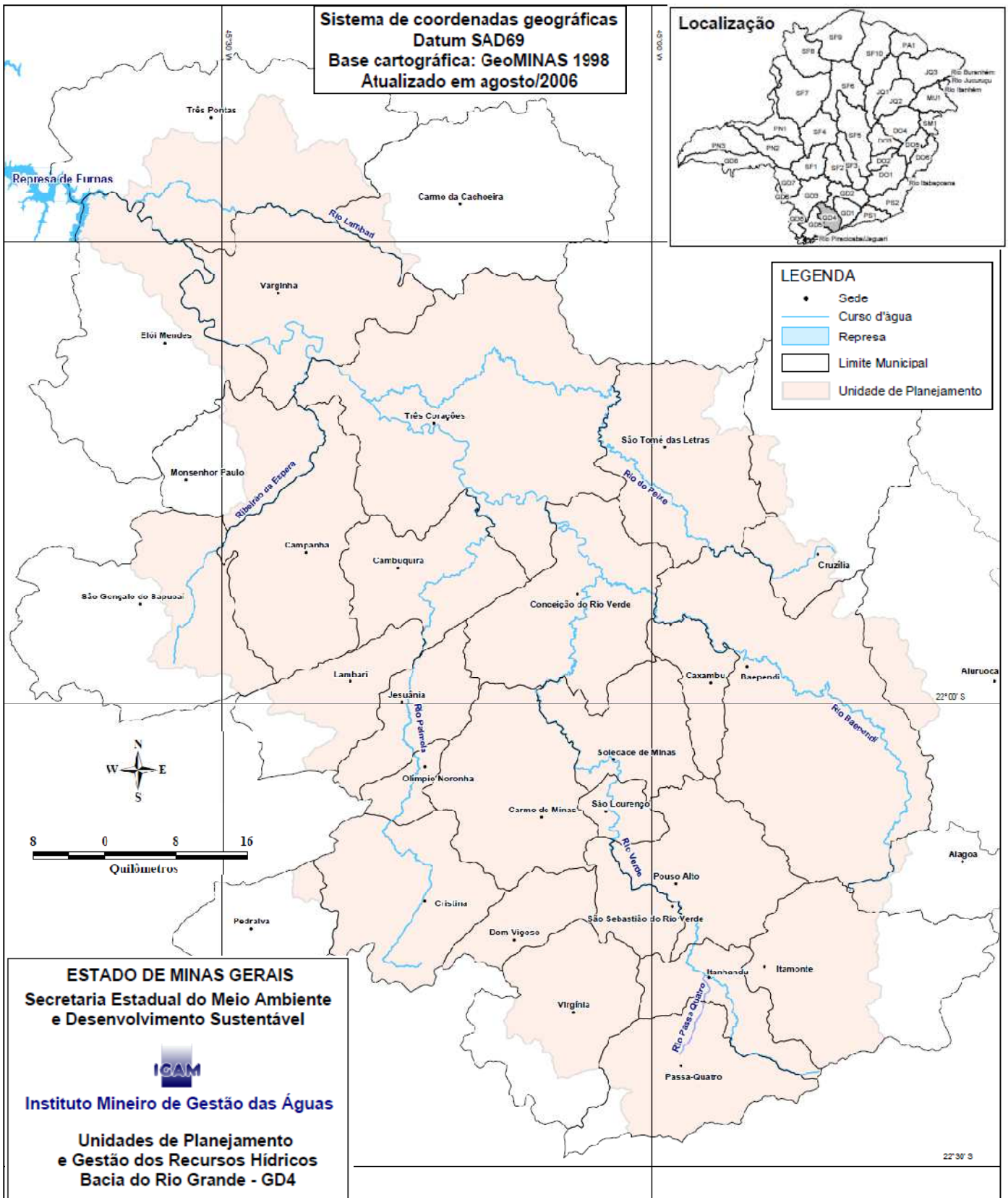


Figura 4.6 – Bacia Hidrográfica do Rio Verde (Fonte: <http://www.igam.mg.gov.br>)

4.1.2.3 Estação MU005 – Rio Mucuri

Segundo o IGAM (2010), a bacia hidrográfica do rio Mucuri, cuja nascente localiza-se no município de Malacacheta através do rio Mucuri do Sul, encontra-se inserida na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) MU1 – Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri, na qual, no Estado Mineiro, possui área de drenagem próxima de 14.650 km², 16 municípios, dos quais 13 incluem as sedes municipais, e cerca de 295 mil habitantes, com aproximadamente 71% residindo na área urbana (censo de 2007).

A Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) MU1 – Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri pode ser visualizada através da Figura 4.7.

O clima da região caracteriza-se atualmente como temperado a quente e seco. Em épocas passadas, o clima era mais úmido devido a presença da mata atlântica, hoje praticamente dizimada. A precipitação média anual na região varia de 800 e 1.200 mm.

O rio Mucuri transpõe o limite do Estado de Minas Gerais, pela divisa dos municípios de Nanuque e Serra dos Aimorés, adentra no Estado da Bahia, pelo município de mesmo nome, e então deságua no oceano Atlântico. A estação de amostragem de qualidade da água, MU005, e a estação de amostragem de quantidade, Fazenda Diacui (55560000), localizam-se na divisa dos municípios de Teófilo Otôni e Pavão. A área de drenagem da estação Fazenda Diacui possui cerca de 5.100 km².

Como atividade econômica da bacia do rio Mucuri destacam-se o garimpo de gemas e diamantes, atividades agrícolas e pecuárias, indústrias alimentícias e setor sulcroalcooleiro.

Os principais fatores de pressão sobre a qualidade da água na estação de monitoramento BG005 no rio Mucuri são o lançamento de esgotos domésticos, a pecuária, o garimpo e a carga difusa (IGAM, 2010).

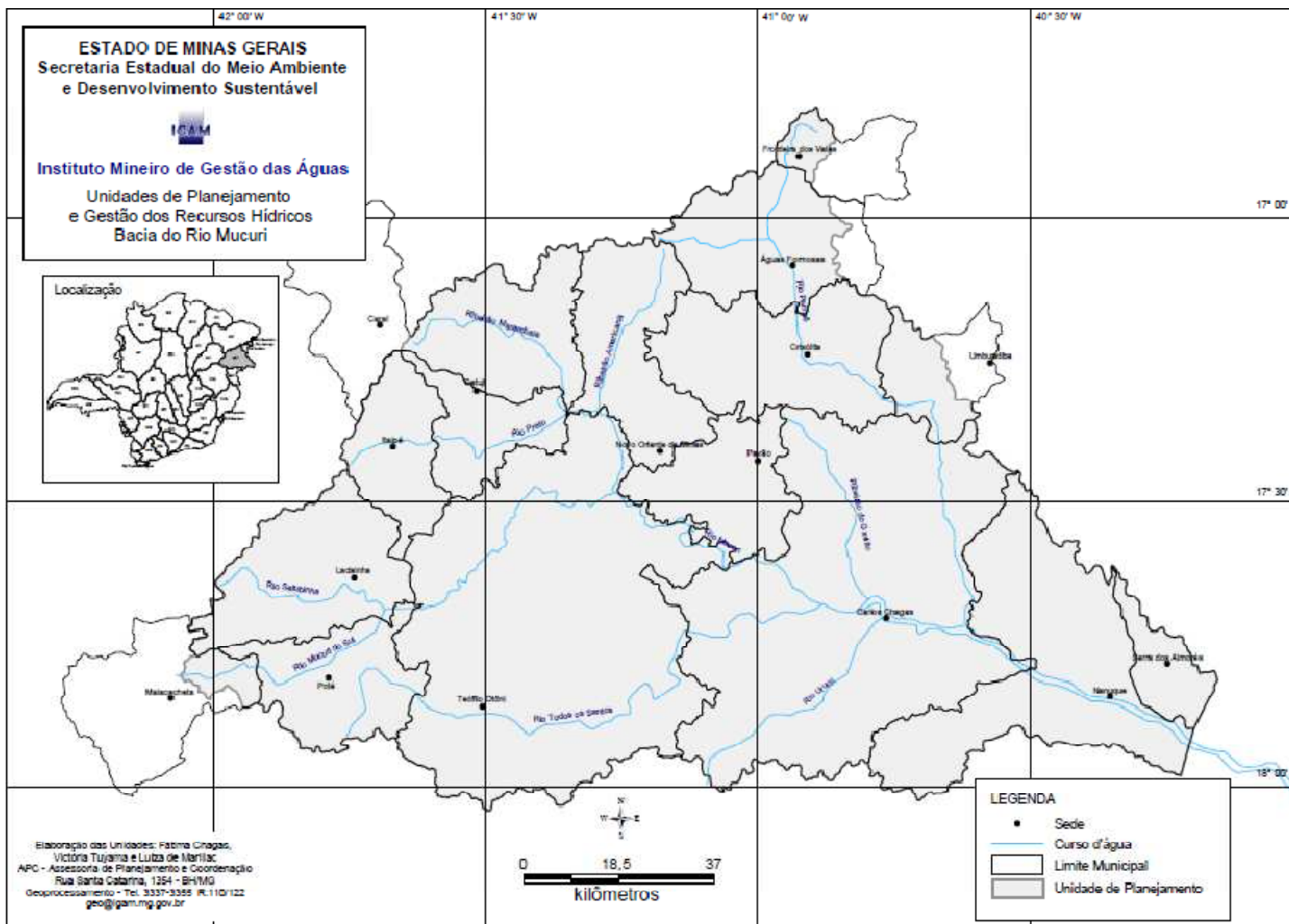


Figura 4.7 – Bacia Hidrográfica do Rio Mucuri (Fonte: <http://www.igam.mg.gov.br>)

4.1.2.4 Estação JE013 – Rio Araçuaí

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Araçuaí – IGAM (2012), a bacia hidrográfica do rio Araçuaí, cuja nascente localiza-se no município de Rio Vermelho, encontra-se inserida na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) JQ2 – Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí, na qual, esta última, possui área de drenagem próxima de 16.300 km², 24 municípios, dos quais 21 incluem as sedes municipais, e cerca de 290 mil habitantes, com aproximadamente 51% residindo na área urbana (censo de 2007).

A Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) JQ2 – Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí pode ser visualizada através da Figura 4.8.

O clima da região é classificado como úmido na cabeceira e semi-árido na foz. A precipitação média anual na região varia de 700 e 1.400 mm (IGAM, 2012).

O rio Araçuaí deságua no rio Jequitinhonha, no município de Araçuaí. A estação de amostragem de qualidade da água, JE013, e a estação de amostragem de quantidade, Ponte Alta (54260000), localizam-se a jusante da foz do rio Itamarandiba, no município de Turmalina. A área de drenagem da estação Fazenda Laranjeiras possui cerca de 6.950 km².

Como atividade econômica da bacia do rio Araçuaí destacam-se a pecuária (criação de galináceos, bodes, cabras, bovinos e equinos), a mineração e a silvicultura (IGAM, 2012)..

Os principais fatores de pressão sobre a qualidade da água na estação de monitoramento JE013 no rio Araçuaí são a silvicultura, a atividade mineraria, a carga difusa e o garimpo (IGAM, 2010).

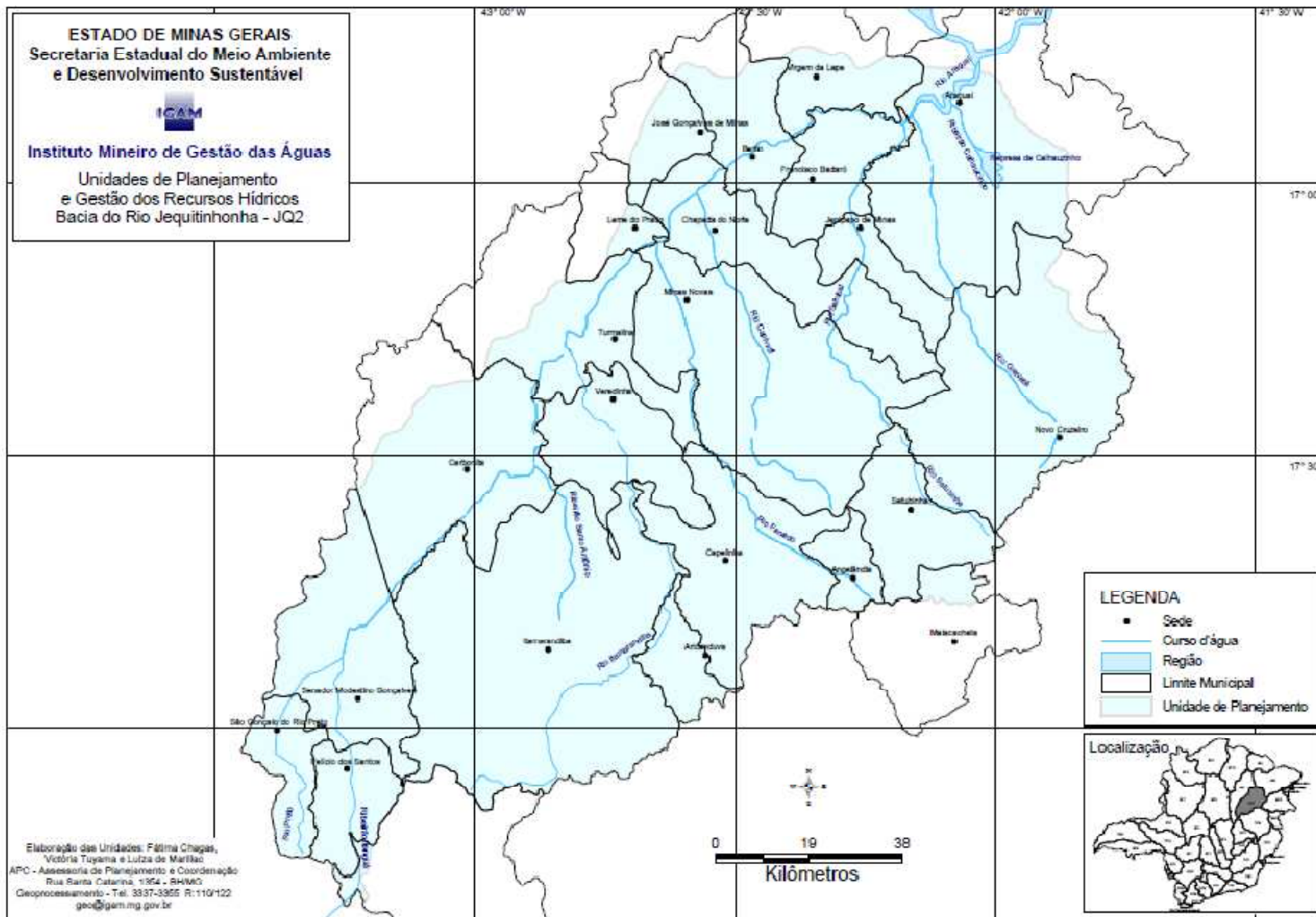


Figura 4.8 – Bacia Hidrográfica do Rio Araçuaí (Fonte: <http://www.igam.mg.gov.br>)

4.2 Informações qualitativas

O Projeto Águas de Minas do IGAM, responsável pelo monitoramento qualitativo das águas superficiais do Estado de Minas Gerais utilizado na pesquisa, realiza amostragens e análises trimestrais, por meio da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), com um total de quatro campanhas de amostragem por estação de monitoramento. Os dados das campanhas foram obtidos junto ao IGAM.

As amostras coletadas são do tipo simples, de superfície, tomadas preferencialmente na calha principal do corpo de água, tendo em vista que a grande maioria dos pontos de coleta localiza-se sobre pontes.

Existem dois tipos de campanhas de amostragem: completas e intermediárias. As campanhas completas, realizadas nos trimestres de janeiro a março e julho a setembro, visam caracterizar os períodos de chuva e estiagem, respectivamente, enquanto as intermediárias, realizadas nos trimestres de abril a junho e outubro a dezembro, os períodos de transição.

Nas campanhas completas são analisados, em média, 50 parâmetros comuns ao conjunto de pontos de amostragem, conforme apresentado na Tabela 4.3, e nas campanhas intermediárias são analisados 18 parâmetros genéricos em todos os locais, como mostra a Tabela 4.4.

As estações de monitoramento da qualidade da água selecionadas para os estudos, BG005, BG032, MU005 e JE013, possuem dados de qualidade desde o ano de 1997. As séries de dados destas estações são apresentadas em anexo.

Para seleção dos parâmetros de qualidade a serem utilizados nesta pesquisa, propôs-se inicialmente trabalhar com os parâmetros de qualidade formadores do IQA. Entretanto, devido a fatores como baixa variabilidade de alguns parâmetros ao longo das campanhas de coleta de água e elevado número de campanhas com valores de parâmetros inferiores ao limite de detecção do equipamento, foram selecionados para pesquisa os seguintes parâmetros de qualidade da água: coliformes termotolerantes, condutividade elétrica, fósforo total, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão totais e IQA.

Tabela 4.3 – Relação dos parâmetros analisados nas campanhas completas

Parâmetros	
Alcalinidade Bicarbonato	Ferro Dissolvido
Alcalinidade Total	Fósforo Total
Alumínio Dissolvido	Manganês Total
Arsênio Total	Mercúrio Total
Bário Total	Níquel Total
Boro Total	Nitrato
Cádmio Total	Nitrito
Cálcio	Nitrogênio Amoniacal Total
Chumbo Total	Nitrogênio Orgânico
Cianeto Livre	Óleos e Graxas
Cloreto Total	Oxigênio Dissolvido - OD
Clorofila a	pH “in loco”
Cobre Dissolvido	Potássio
Coliformes Termotolerantes	Selênio Total
Coliformes Totais	Sódio
Condutividade Elétrica “in loco”	Sólidos Dissolvidos
Cor Verdadeira	Sólidos em Suspensão
Cromo Total	Sólidos Totais
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Substâncias tensoativas
Demanda Química de Oxigênio – DQO	Sulfatos
Dureza (Cálcio)	Sulfetos
Dureza (Magnésio)	Temperatura da Água
Estreptococos Fecais	Temperatura do Ar
Fenóis Totais	Turbidez
Feofitina	Zinco Total

Tabela 4.4 – Relação dos parâmetros analisados nas campanhas intermediárias

Parâmetros	
Cloreto Total	Nitrato
Clorofila-a	Nitrogênio Amoniacal Total
Coliformes Termotolerantes	Oxigênio Dissolvido - OD
Coliformes Totais	pH “in loco”
Condutividade Elétrica “in loco”	Sólidos em Suspensão
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Sólidos Totais
Demanda Química de Oxigênio - DQO	Temperatura da Água
Feofitina	Temperatura do Ar
Fósforo Total	Turbidez

4.3 Informações quantitativas

As estações de monitoramento quantitativo utilizadas nos estudos, 61060000, 61510000, 55560000 e 54260000, referem-se às estações fluviométricas de responsabilidade da Agência Nacional das Águas, disponíveis através do site HidroWeb.

As estações fluviométricas possuem dados diários de vazões, em m³/s, determinados pela realização de duas leituras diárias (7h e 17h) de nível d'água, por meio de réguas limnimétricas. Estas leituras de nível d'água são traduzidas em vazões através de uma relação entre nível d'água e vazão, denominada de curva chave.

As séries de dados de vazões das estações utilizadas são apresentadas em anexo e os períodos de dados disponíveis estão na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Período de dados das estações de quantidade (Fonte: HidroWeb/ANA)

Código	Nome	Rio	Período de dados
61060000	Fazenda Laranjeiras	Aiuruoca	1934 a 2011
61510000	Três Corações	Verde	1933 a 2011
55560000	Fazenda Diacui	Mucuri	1969 a 2010
54260000	Ponte Alta	Araçuaí	1976 a 2011

4.4 Tratamento dos dados

O tratamento desenvolvido nos dados das estações de qualidade e quantidade analisadas compreendeu as etapas de estatística descritiva e teste estatístico, conforme apresentados nos itens a seguir.

4.4.1 Estatística descritiva

Para caracterizar e organizar o comportamento dos dados de quantidade e qualidade da água nos períodos de chuva e de estiagem determinou-se algumas estatísticas básicas dos mesmos, conforme apresentadas na Tabela 4.6.

As estatísticas foram desenvolvidas por meio de funções em planilhas do Excel (Microsoft) para os dados de vazões e parâmetros de qualidade selecionados. Os resultados estatísticos são apresentados através de tabelas e de gráficos ilustrativos do tipo séries temporais e diagrama de box & whisker.

Tabela 4.6 – Estatísticas básicas

Tipo	Estatística
Caracterização da amostra	Número de dados
Medida de tendência central	Média aritmética
	Média geométrica
	Mediana
Medidas de variação	Valor mínimo
	Valor máximo
	Desvio padrão
Medidas de posicionamento	Quartil inferior: 25%
	Quartil médio: 50%
	Quartil superior: 75%

4.4.2 Teste estatístico (comparação entre medianas dos períodos seco e chuvoso)

A aplicação de teste estatístico sobre os dados de qualidade e quantidade analisados teve a finalidade de se obter uma melhor compreensão da distribuição e variabilidade das informações entre os períodos de chuva e de estiagem.

Aplicou-se aos dados analisados um teste de hipótese não paramétrico, pois assim não se fez necessário comprovar que os dados amostrais tenham sido extraídos de uma população normal ou qualquer outra cujo modelo seja conhecido ou previamente especificado. Considerando, ainda, que as amostras não são pareadas, o teste estatístico adotado foi o de Wilcoxon (LEVINE ET AL., 1998).

O teste de Wilcoxon possibilita verificar a variabilidade entre as medianas dos resultados dos dados para os períodos de chuva e de estiagem. Trata-se de um teste bicaudal e adotou-se um nível de confiança de 95% ou nível de significância de 5%.

Assumiu-se a hipótese nula (H_0) de que as medianas das amostras do período de chuva e do período de estiagem são iguais e a hipótese alternativa (H_a) de que as medianas das amostras não são iguais.

Para estas condições, quanto menor for o nível de significância determinado pelo teste estatístico comparado com o nível de significância adotado (5%), mais as medianas das amostras não são iguais, e quanto maior for o nível de significância determinado, mais as medianas das amostras são iguais. Para valores inferiores a 5%, pode-se afirmar que as medianas dos períodos seco e chuvoso não são iguais (ao nível de significância de 5%).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 *Período integral das séries de dados*

Nesta primeira etapa dos resultados são apresentadas as estatísticas descritivas das séries integrais de dados quantitativos e qualitativos das estações de monitoramento, ou seja, sem a distinção dos períodos de chuva e de estiagem. Observa-se que em função da disponibilidade de dados qualitativos e quantitativos, a análise das séries disponíveis foi limitada, aproximadamente, entre janeiro de 1997 a janeiro de 2011, conforme pode ser observado nas figuras apresentadas ao longo do texto adiante.

A apresentação das estatísticas descritivas das séries integrais tem o objetivo de expor as principais características das séries originais, utilizadas nos trabalhos, possibilitando uma análise crítica das metodologias adotadas e resultados obtidos na etapa dos estudos dos períodos de chuva e de estiagem, bem como comparar os dados brutos existentes nas estações.

A Figura 5.1 a Figura 5.3, a seguir, apresentam, respectivamente, a distribuição temporal e os diagramas de *box & whisker* das séries de vazões médias mensais das estações de monitoramento quantitativo. As estatísticas básicas destas séries são apresentadas na Tabela 5.1. Adotaram-se, para os estudos, as vazões médias mensais como representativas das informações quantitativas para os períodos de chuva, estabelecido como sendo de janeiro a março, e de estiagem, estabelecido como sendo de julho a setembro.

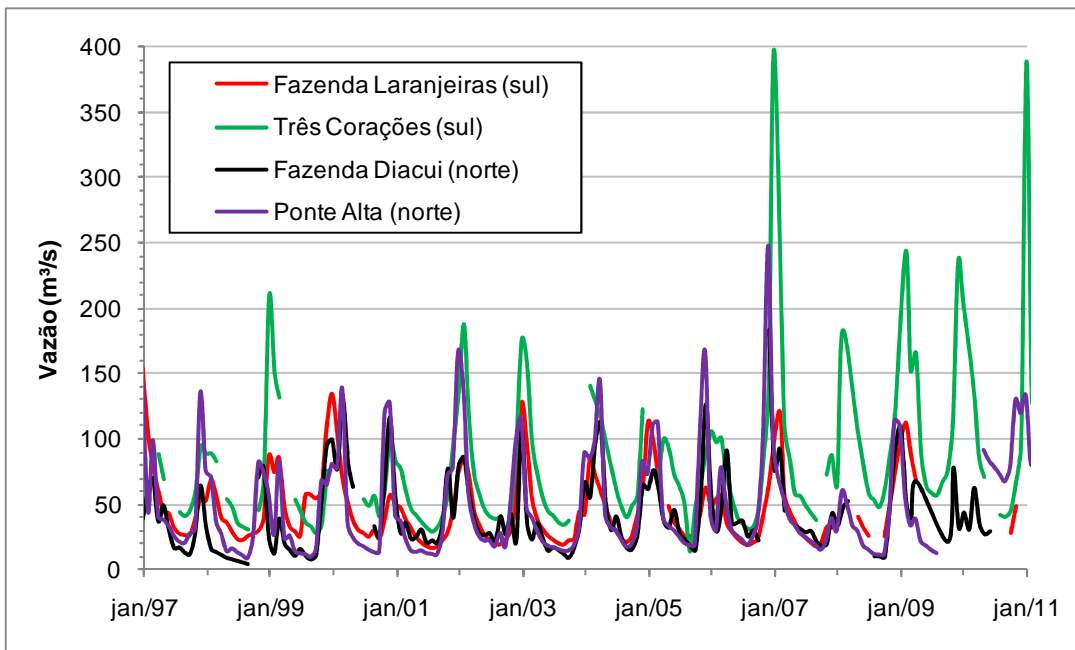


Figura 5.1 – Hidrogramas (vazões médias mensais) das estações quantitativas

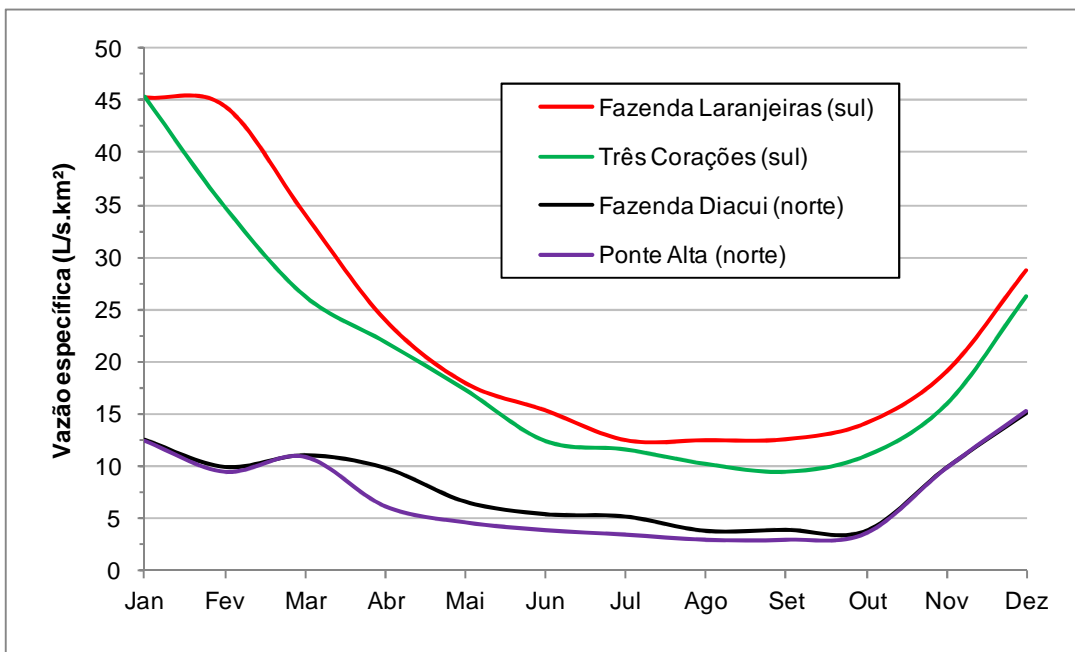


Figura 5.2 – Vazões específicas médias mensais da série histórica das estações

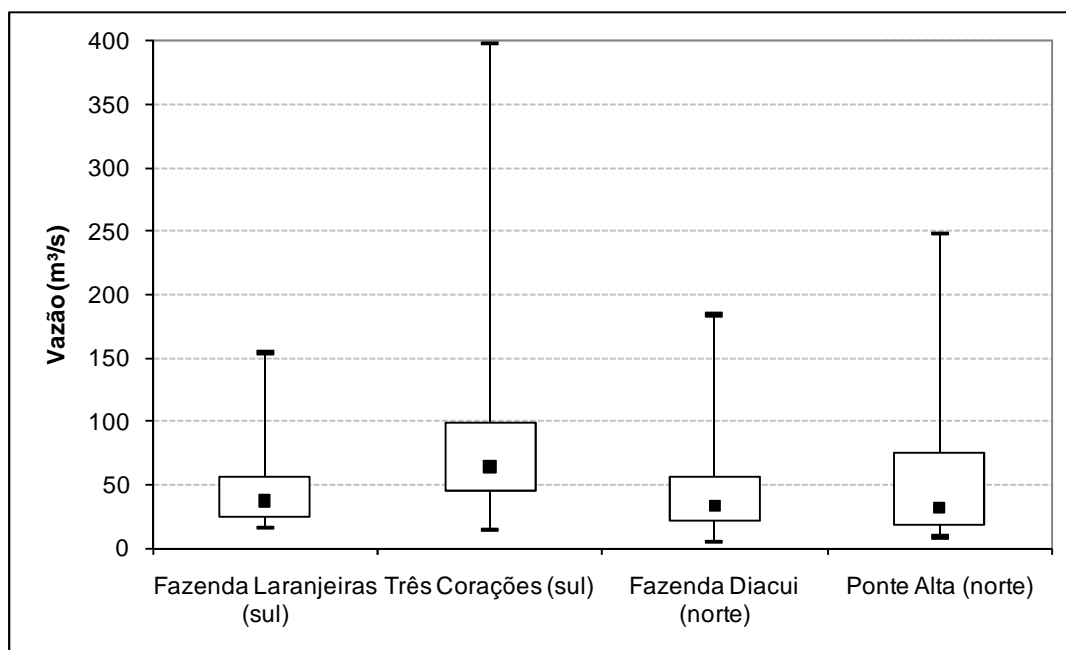


Figura 5.3 – Diagrama de box & whisker de vazões médias mensais

Tabela 5.1 – Estatísticas básicas das séries de vazões médias mensais (m³/s)

Estatísticas básicas	Estações ao sul		Estações ao norte	
	Fazenda Laranjeiras	Três Corações	Fazenda Diacui	Ponte Alta
Número de dados	138	143	148	162
Média aritmética	45,9	82,5	42,3	49,7
Média geométrica	39,3	69,2	33,5	36,7
Desvio padrão	27,9	58,8	30,0	41,7
Quartil inferior (25%)	25,0	45,3	21,5	19,0
Quartil médio (50%) ou mediana	37,3	64,1	33,7	32,1
Quartil superior (75%)	56,7	98,5	56,4	74,7
Valor máximo	154,0	398,0	184,0	248,0
Valor mínimo	15,8	14,3	5,0	9,3
Vazão específica (L/s.km²)	23,4	19,7	8,3	7,2

Pode-se observar das Figuras e Tabela anteriores as diferenças de disponibilidade hídrica existentes entre as regiões sul, representadas pelas estações Fazenda Laranjeiras e Três Corações, e mais ao norte do Estado, representadas pelas estações Fazenda Diacui e Ponte Alta. Apesar das estações mais ao norte possuírem áreas de drenagem superiores a duas vezes e meia a área de drenagem da estação Fazenda Laranjeiras, os hidrogramas e quartis das estações são semelhantes, sendo que em alguns períodos chuvosos as estações mais ao norte possuem grandes picos de vazões, devido ao tamanho das áreas de drenagem, e em alguns períodos de estiagem, ou para os quartis inferior e médio, a estação Fazenda Laranjeiras

possui vazão superior às estações mais ao norte, fato que pode ser explicado pelo maior índice pluviométrico na bacia hidrográfica da estação Fazenda Laranjeiras, distribuído em um espaço de tempo superior, além da maior capacidade de regularização de vazões desta bacia, devido às características geológicas, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, entre outras. Ainda quanto às diferenças de disponibilidade hídrica entre as regiões, nota-se que mesmo a estação Três Corações tendo área de drenagem inferior as estações mais ao norte, a mesma possui maior disponibilidade hídrica.

Cabe lembrar que não foram levadas em consideração, na interpretação dos resultados estatísticos, as interferências das falhas nas séries de dados ou qualidade dos dados brutos.

Para facilitar a análise e comparação das informações qualitativas ao longo do tempo, as mesmas são apresentadas com as informações quantitativas também, sendo que os gráficos, contendo estas informações, estão separados, em conjuntos, pelo parâmetro de qualidade. Ainda, para melhorar a avaliação, as escalas dos gráficos são as mesmas para todas as estações de monitoramento. No gráfico da estação BG032, apresentado na Figura 5.4, aparece a linha de coliformes termotolerantes interceptada em um ponto, correspondente a data de outubro de 1998 e a um valor 90.000 NMP/100ml, propositalmente realizado para não prejudicar a visualização dos outros gráficos, pois se trata de um valor isolado e não coincidente com os períodos de chuva e de estiagem pré-estabelecidos. Mais adiante são apresentados diagramas de *box & whisker* contendo este dado ocorrido em outubro de 1998.

A Figura 5.4 à Figura 5.10 apresentam a distribuição temporal dos dados quali-quantitativos. Os gráficos do lado esquerdo referem-se aos locais de região mais úmida e do lado direito aos locais de região mais seca. A Figura 5.11 e a Figura 5.12 apresentam os diagramas de *box & whisker* das séries de dados qualitativos das estações e a Tabela 5.2 as estatísticas básicas das mesmas.

As Figuras e Tabela a respeito dos dados quali-quantitativos possibilitaram avaliar os períodos de chuva e de estiagem, propostos pela bibliografia consultada, identificar os parâmetros de qualidade que sofrem grande influência dos períodos de chuva e de estiagem, observar as falhas existentes no monitoramento, comparar as estatísticas das séries de dados das estações, além de possibilitar uma primeira avaliação das informações utilizadas na pesquisa, de forma a subsidiar a qualidade técnica para a próxima etapa dos resultados.

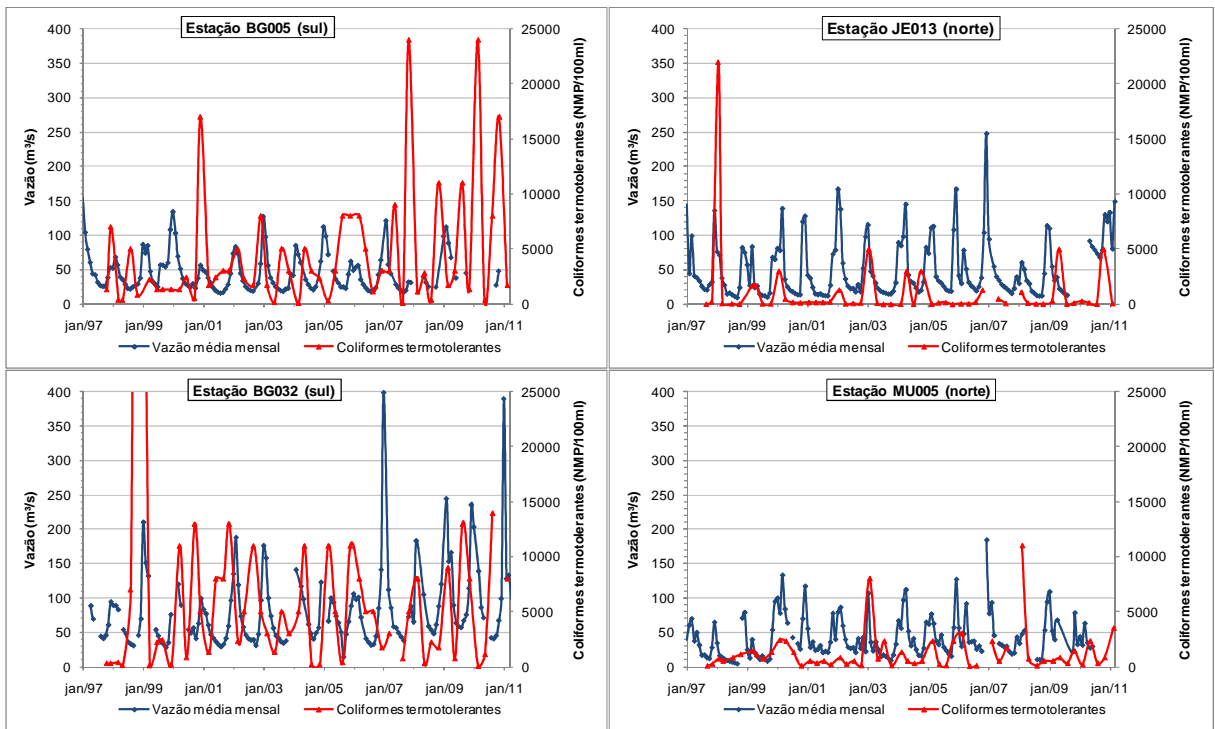


Figura 5.4 – Distribuição temporal – vazão x coliformes termotolerantes

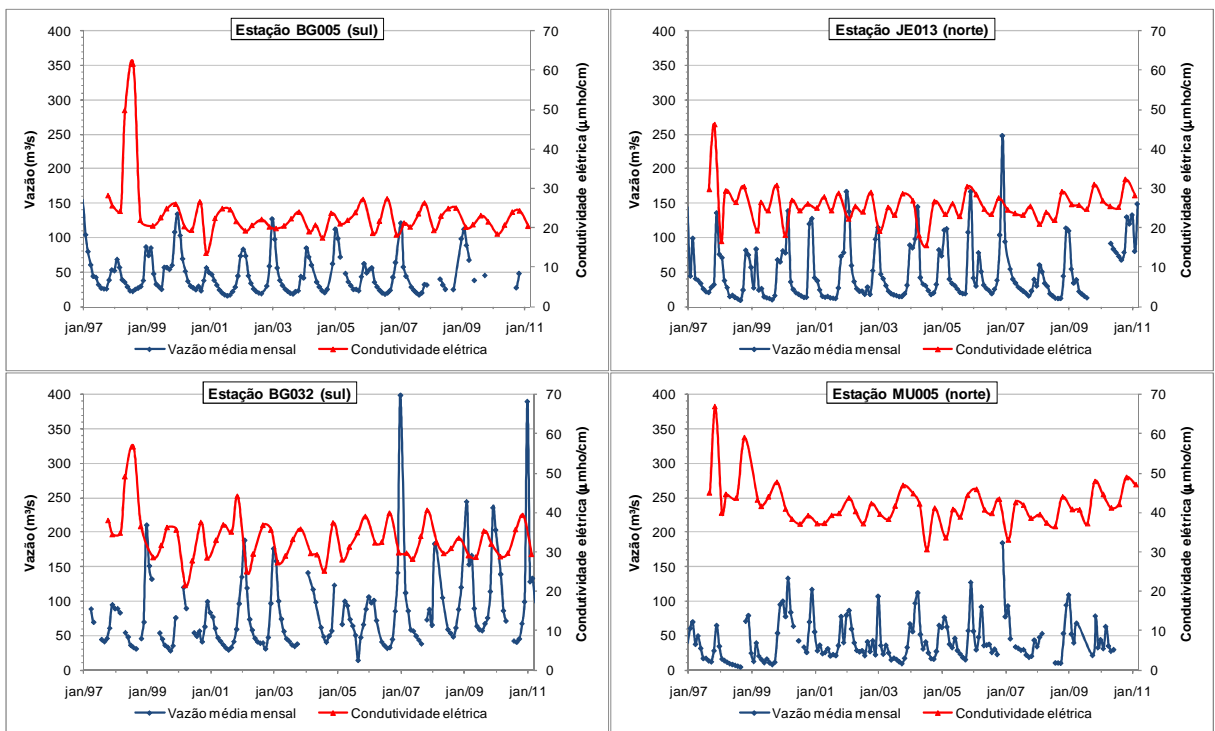


Figura 5.5 – Distribuição temporal – vazão x condutividade elétrica

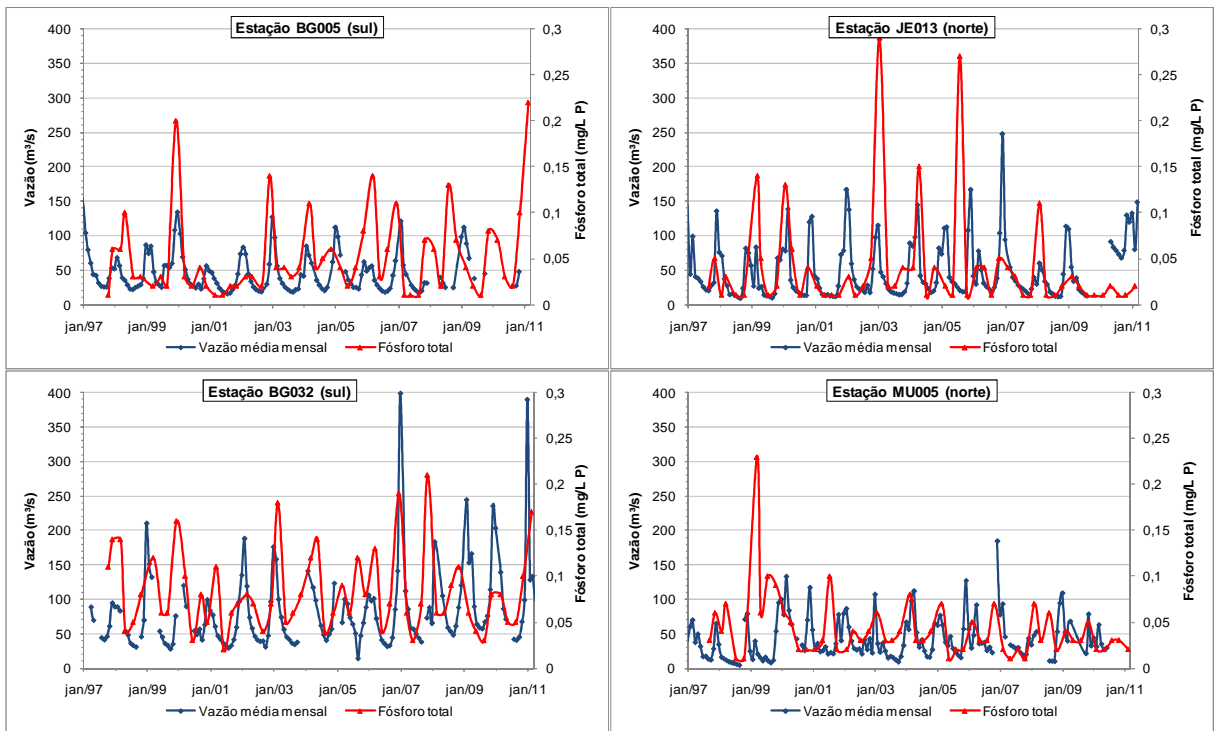


Figura 5.6 – Distribuição temporal – vazão x fósforo total

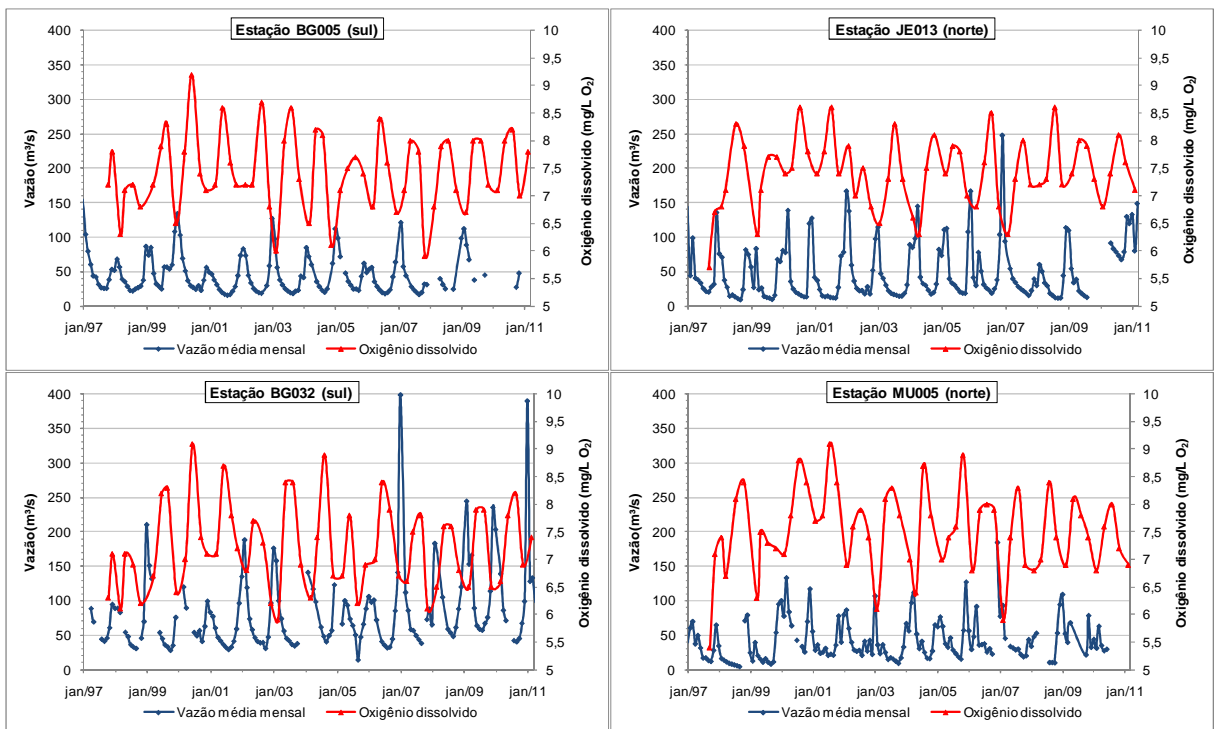


Figura 5.7 – Distribuição temporal – vazão x oxigênio dissolvido

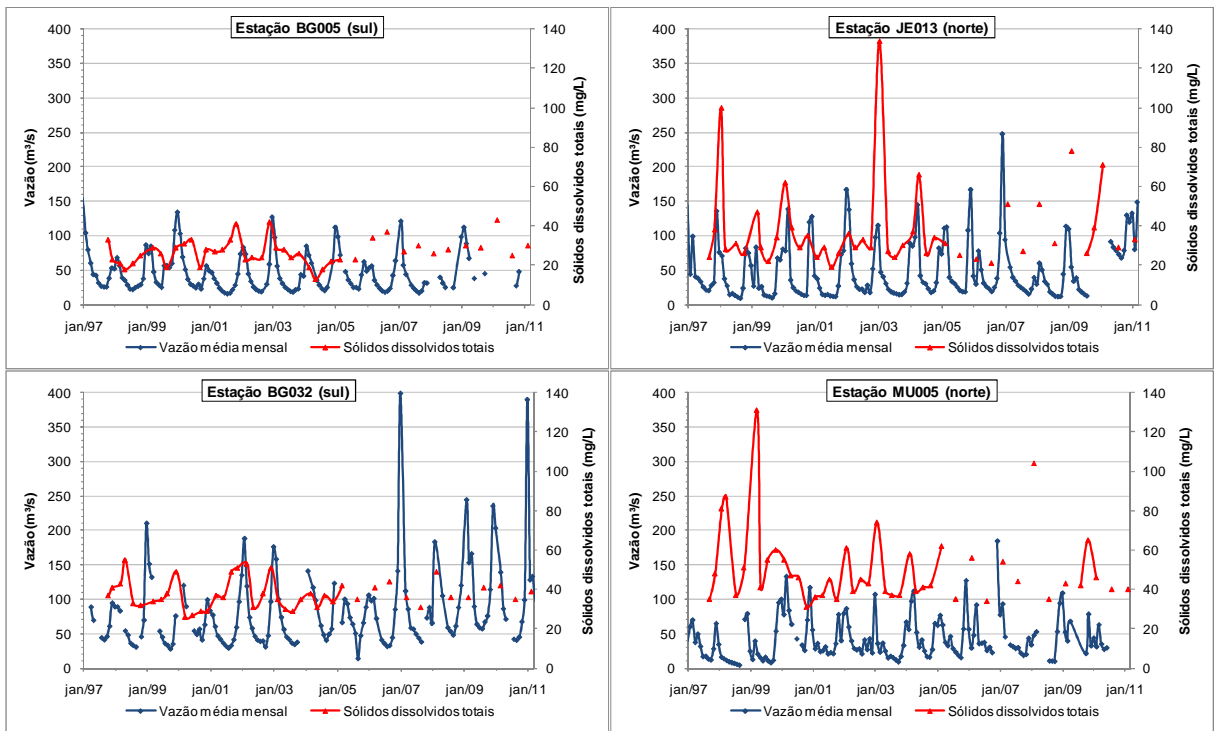


Figura 5.8 – Distribuição temporal – vazão x sólidos dissolvidos totais

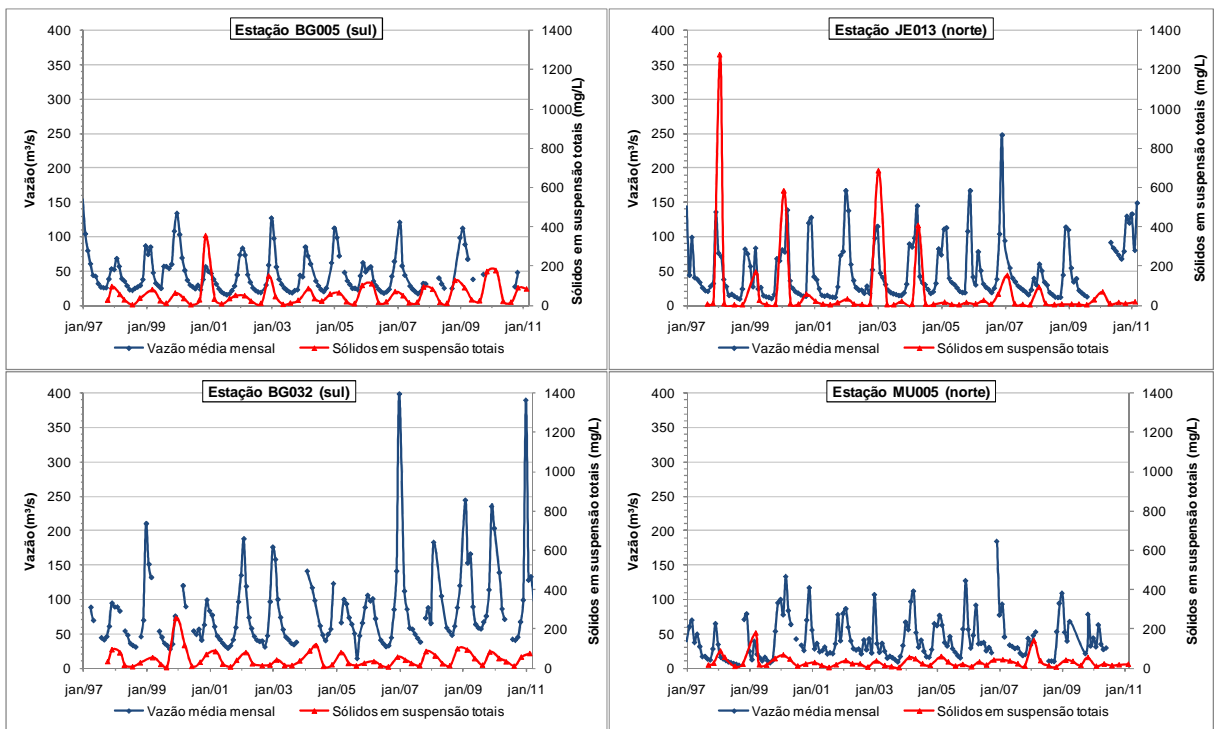


Figura 5.9 – Distribuição temporal – vazão x sólidos em suspensão totais

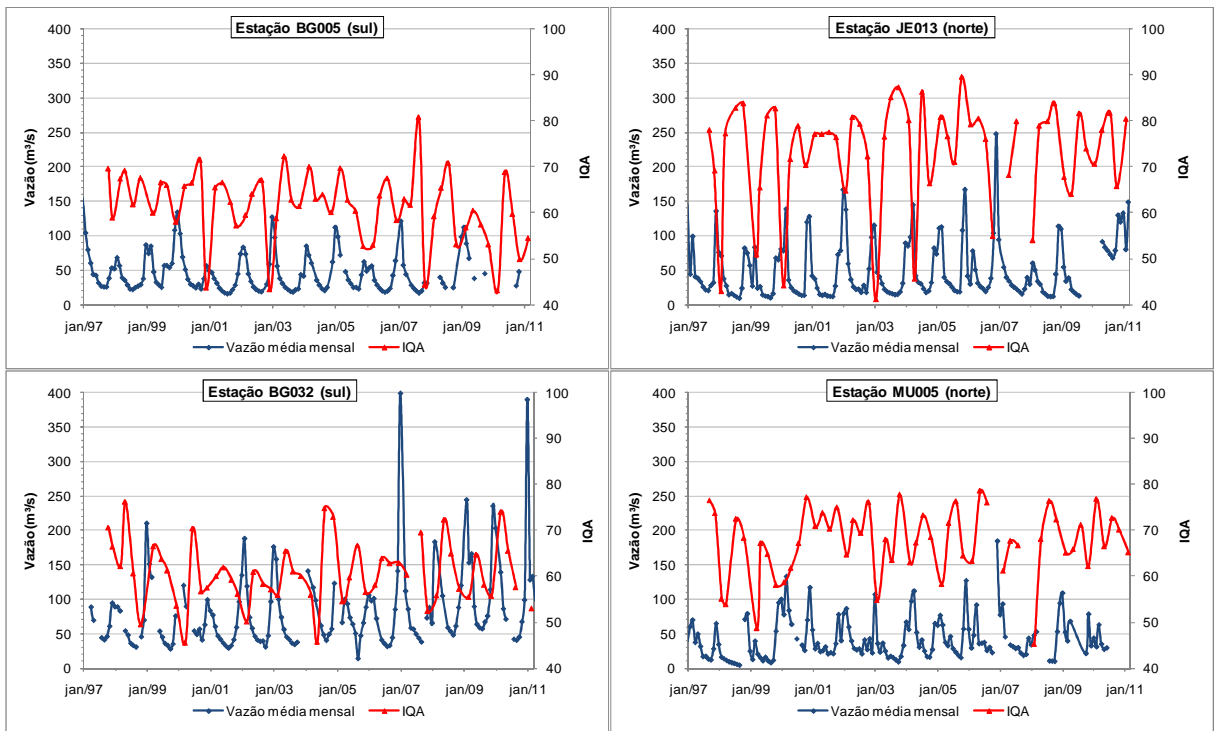


Figura 5.10 – Distribuição temporal – vazão x IQA

Observa-se, das Figuras anteriores, que os períodos de chuva e de estiagem são muito bem definidos e que os parâmetros de qualidade selecionados possuem forte correlação com estes períodos.

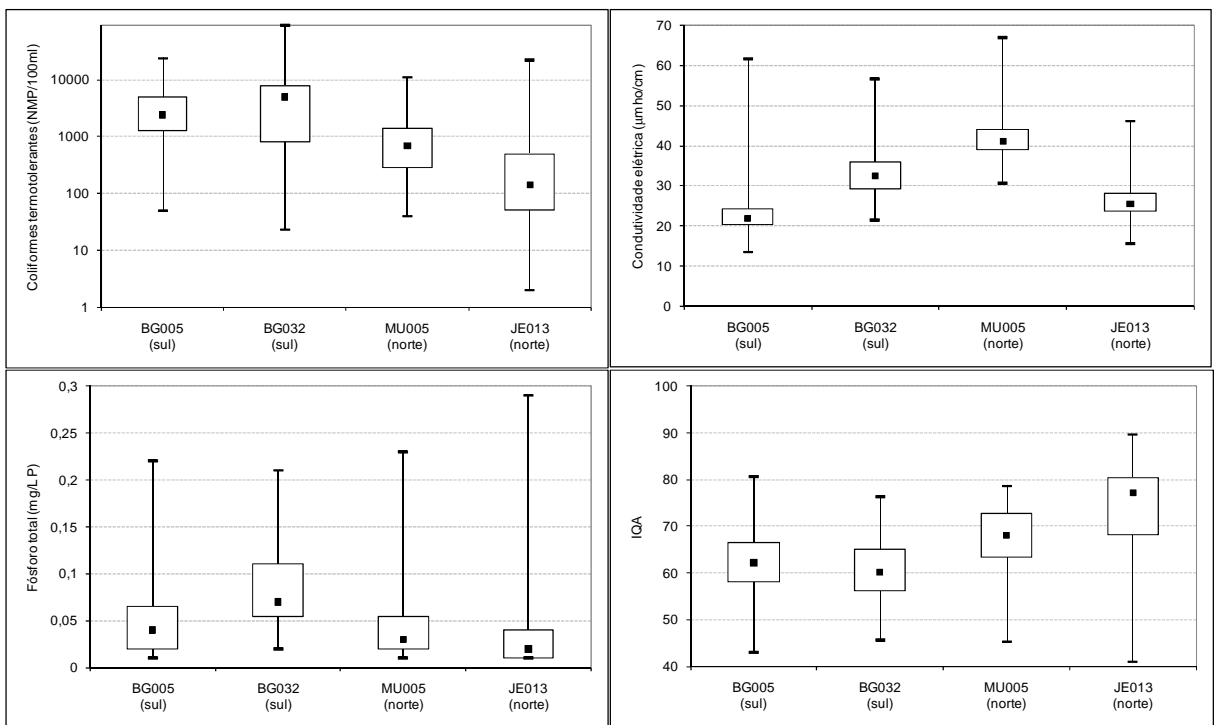


Figura 5.11 – Diagrama de *box & whisker* dos dados qualitativos – 1 de 2

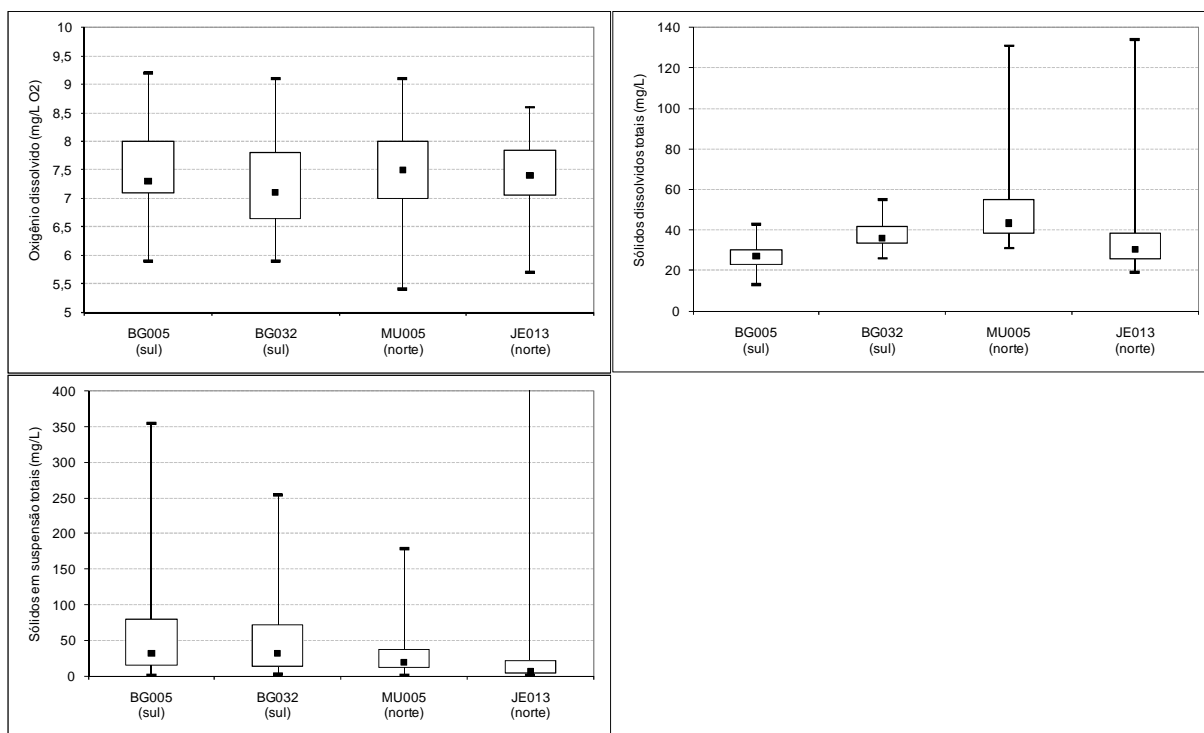


Figura 5.12 – Diagrama de *box & whisker* dos dados qualitativos – 2 de 2

Tabela 5.2 – Estatísticas básicas das séries de dados qualitativos

Parâmetro	Estação	Nº de dados	Média aritmética	Média geométrica	Desvio padrão	Quartil inferior (25%)	Quartil médio ou mediana	Quartil superior (75%)	Valor máximo	Valor mínimo
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	BG005	55	4,5E+03	2,2E+03	5,4E+03	1,3E+03	2,4E+03	5,0E+03	2,4E+04	5,0E+01
	BG032	53	6,4E+03	2,4E+03	1,2E+04	8,0E+02	5,0E+03	8,0E+03	9,0E+04	2,3E+01
	MU005	53	1,2E+03	5,9E+02	1,9E+03	2,8E+02	7,0E+02	1,4E+03	1,1E+04	4,0E+01
	JE013	53	1,1E+03	1,6E+02	3,2E+03	5,0E+01	1,4E+02	5,0E+02	2,2E+04	2,0E+00
Condutividade elétrica (µmho/cm)	BG005	55	23	23	7	20	22	24	62	13
	BG032	55	33	33	6	29	32	36	57	21
	MU005	55	42	42	6	39	41	44	67	31
	JE013	55	26	25	5	24	26	28	46	16
Fósforo total (mg/L P)	BG005	55	0,05	0,04	0,05	0,02	0,04	0,07	0,22	0,01
	BG032	55	0,08	0,07	0,04	0,06	0,07	0,11	0,21	0,02
	MU005	55	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,06	0,23	0,01
	JE013	55	0,04	0,02	0,06	0,01	0,02	0,04	0,29	0,01
Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	BG005	55	7,43	7,40	0,71	7,10	7,30	8,00	9,20	5,90
	BG032	55	7,23	7,18	0,79	6,65	7,10	7,80	9,10	5,90
	MU005	55	7,51	7,47	0,76	7,00	7,50	8,00	9,10	5,40
	JE013	55	7,41	7,38	0,63	7,05	7,40	7,85	8,60	5,70
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	BG005	43	27	26	6	23	27	30	43	13
	BG032	43	38	37	7	34	36	42	55	26
	MU005	44	50	48	20	39	44	55	131	31
	JE013	44	38	34	22	26	31	38	134	19
Sólidos em suspensão totais (mg/L)	BG005	55	53	30	59	15	32	79	355	1
	BG032	55	45	30	43	14	32	72	254	3
	MU005	55	29	19	31	12	19	38	179	1
	JE013	55	71	10	211	4	7	22	1279	1
IQA	BG005	55	61,37	60,87	7,67	58,10	62,20	66,50	80,70	43,00
	BG032	53	60,81	60,41	6,99	56,20	60,10	65,00	76,30	45,60
	MU005	53	67,44	67,00	7,48	63,50	68,00	72,70	78,60	45,30
	JE013	53	72,99	71,86	11,81	68,10	77,10	80,50	89,60	41,00

As discontinuidades que aparecem nos gráficos temporais representam falhas na série de dados, porém, para o caso do parâmetro de qualidade sólidos dissolvidos totais, Figura 5.8, a partir do ano de 2005, as discontinuidades significam que a frequência de monitoramento é que foi alterada, deixando de ser trimestral e passando a ser semestral.

Pode-se sugerir através da Figura 5.4, Figura 5.11 e Tabela 5.2 que as estações de monitoramento localizadas no Sul de Minas apresentam valores, em média, mais altos de coliformes termotolerantes em relação às estações mais ao norte do Estado, o que pode ser explicado pelo maior número de habitantes nas bacias hidrográficas, bem como maior intensidade na criação de animais, com o lançamento de efluentes sem tratamento.

A Figura 5.5, Figura 5.11 e Tabela 5.2 mostram que a condutividade elétrica na estação MU005 (norte) possui valores, em média, mais altos do que nas outras estações, assim como para os valores de sólidos dissolvidos totais, ver também Figura 5.8 e Figura 5.12, os quais são parâmetros diretamente proporcionais. O responsável por estas características pode ser uso de fertilizantes agrícolas e de sais nas indústrias alimentícias.

Os valores de fósforo total encontrados na estação BG032 (sul) são, geralmente, maiores do que nas outras estações, conforme apresenta a Figura 5.6, Figura 5.11 e Tabela 5.2, devido ao maior índice demográfico da bacia hidrográfica e, conseqüentemente, maior lançamento de esgotos domésticos. A estação MU005 (norte) apresenta, para estes valores, a menor amplitude ao longo do tempo, entretanto, possui durante a estiagem valores, em média, mais altos do que nas estações BG005 (sul) e JE013 (norte).

Com relação aos valores de oxigênio dissolvido, apresentados pela Figura 5.7, Figura 5.12 e Tabela 5.2, todas as estações possuem distribuição temporal semelhantes.

Para os valores de sólidos em suspensão totais, como mostra a Figura 5.9, Figura 5.12 e Tabela 5.2, as estações do Sul de Minas têm resultados parecidos, já para as estações mais o norte do Estado, os valores deste parâmetro se distribuem distintamente ao longo do tempo. A estação JE013 (norte) possui vários picos isolados durante a série de dados, observado também pelo valor da média geométrica da série, que é o mais baixo dentre todas as estações. Já a estação MU005 (norte) possui valores, na sua grande maioria, reduzidos. Os altos valores de sólidos em suspensão na estação JE013 (norte) podem estar relacionados à silvicultura e a extração mineral.

O IQA das estações do Sul de Minas possui, geralmente, valores mais baixos dos que nas estações mais ao norte do Estado, conforme Figura 5.10, Figura 5.11 e Tabela 5.2. A pior qualidade da água nestas estações pode ser explicada pelo maior número de habitantes nas bacias hidrográficas, bem como maior intensidade na criação de animais, com o lançamento de efluentes sem tratamento.

5.2 Períodos de chuva e de estiagem das séries de dados

Nesta segunda etapa dos resultados são apresentadas as estatísticas descritivas, bem como o teste estatístico, das séries qualitativas e quantitativas das estações de monitoramento separadas em períodos de chuva e de estiagem.

Inicialmente são apresentadas as análises estatísticas das séries de vazões médias mensais das estações de monitoramento quantitativo, para os períodos de chuva, definido como sendo de janeiro a março, e de estiagem (ou seco), definido como sendo de julho a setembro.

A Figura 5.13 apresenta os diagramas de *box & whisker* das séries de vazões médias mensais das estações de monitoramento quantitativo e a Tabela 5.3 as estatísticas básicas das mesmas. Os diagramas do lado esquerdo referem-se aos locais de região mais úmida e do lado direito aos locais de região mais seca.

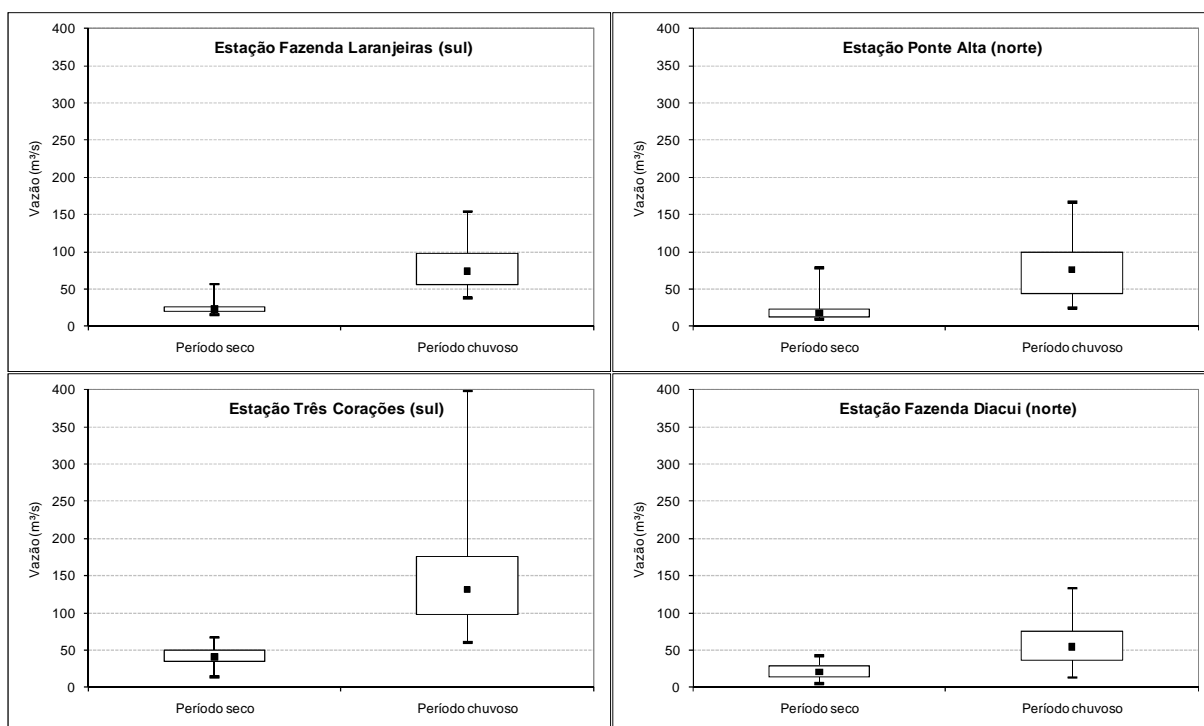


Figura 5.13 – Diagramas de *box & whisker* de vazões médias mensais por período

Tabela 5.3 – Estatísticas básicas das séries de vazões médias mensais por período

Parâmetros	Fazenda Laranjeiras		Três Corações		Fazenda Diacui		Ponte Alta	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
Número de dados	34	35	40	33	34	42	41	41
Média aritmética	24,7	80,8	43,2	147,4	21,7	56,9	21,8	77,6
Média geométrica	23,6	76,2	41,7	131,9	19,1	50,0	18,9	68,4
Desvio padrão	9,1	28,2	11,2	79,5	10,3	27,8	15,6	38,1
Quartil inferior (25%)	19,7	56,4	35,6	97,8	14,4	36,3	12,8	44,2
Quartil médio ou mediana	23,1	74,1	41,3	132,0	21,3	54,5	17,9	76,0
Quartil superior (75%)	25,6	98,5	49,8	176,0	28,8	75,1	23,3	99,2
Valor máximo	56,7	154,0	67,3	398,0	42,9	133,0	78,8	167,0
Valor mínimo	15,8	38,1	14,3	60,6	5,0	13,1	9,3	24,3
Vazão específica (L/s.km ²)	12,6	41,2	10,3	35,3	4,3	11,2	3,1	11,2

A partir da análise das informações apresentadas na Figura 5.13 e na Tabela 5.3, sugere-se que as estações localizadas no Sul de Minas possuem períodos secos e chuvosos mais distintos do que nas estações mais ao norte do Estado. Entretanto, através da aplicação do teste estatístico de Wilcoxon nas séries de vazões médias mensais das estações, conclui-se que, para todas as estações, as medianas dos períodos seco e chuvoso são significativamente diferentes (ao nível de significância de 5%). Os valores de p do teste Wilcoxon apresentaram valores baixíssimos para todas as estações, ultrapassando o limite de apresentação do *software Excel*, o qual apresentou o valor “zero” como resultado.

Os resultados estatísticos determinados para as séries de dados dos parâmetros de qualidade das estações de monitoramento qualitativo, para os períodos seco e chuvoso, são apresentados, a seguir, através dos diagramas de *box & whisker* (Figura 5.14 à Figura 5.20), bem como das estatísticas básicas (Tabela 5.4) e do teste estatístico de Wilcoxon (Tabela 5.5 e Tabela 5.6)

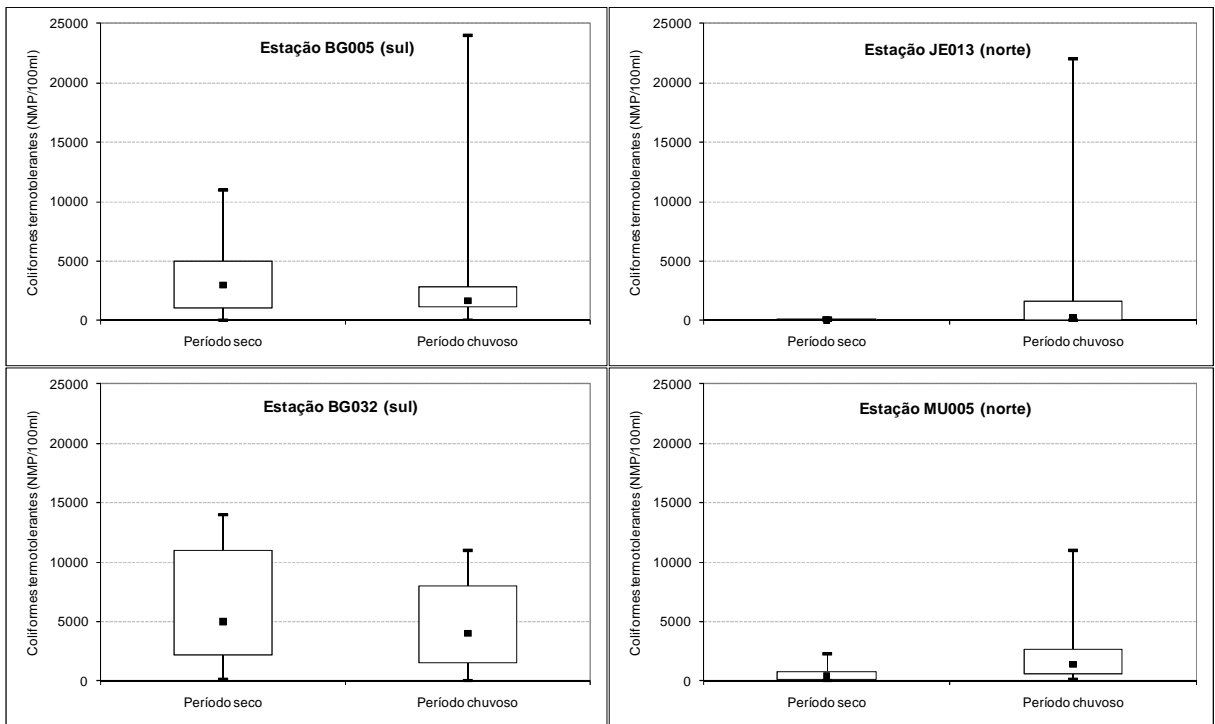


Figura 5.14 – Diagramas de *box & whisker* – Coliformes termotolerantes por período

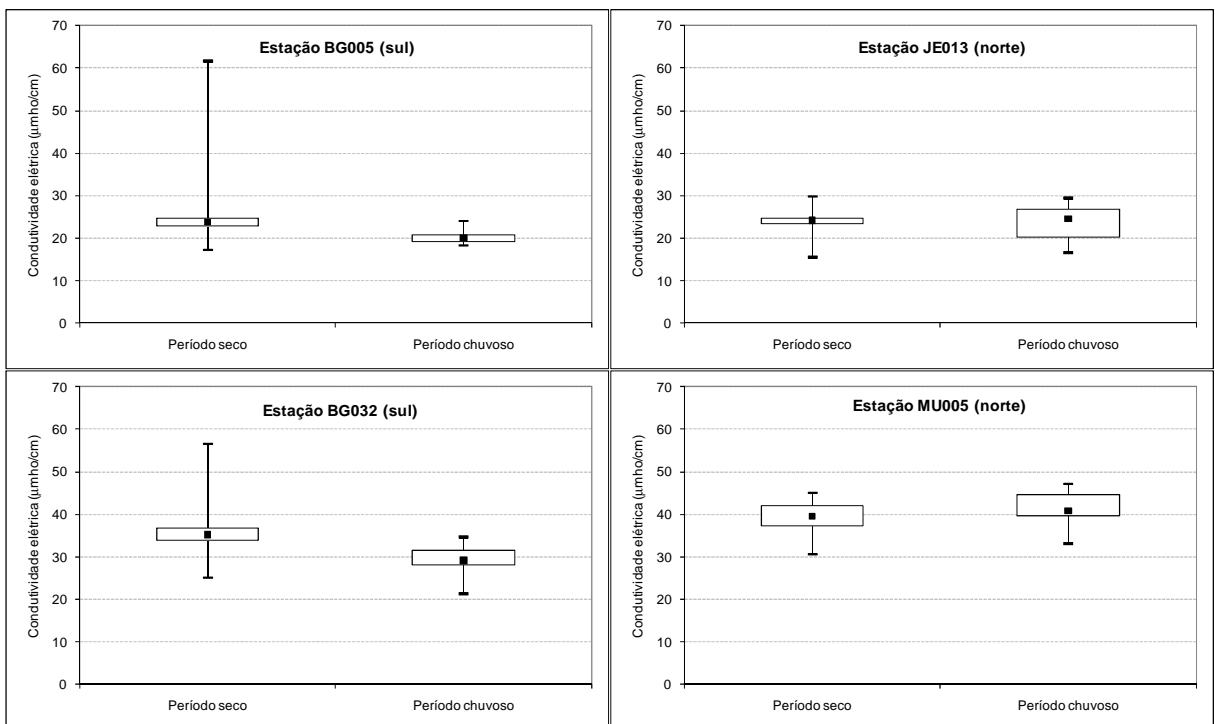


Figura 5.15 – Diagramas de *box & whisker* – Condutividade elétrica por período

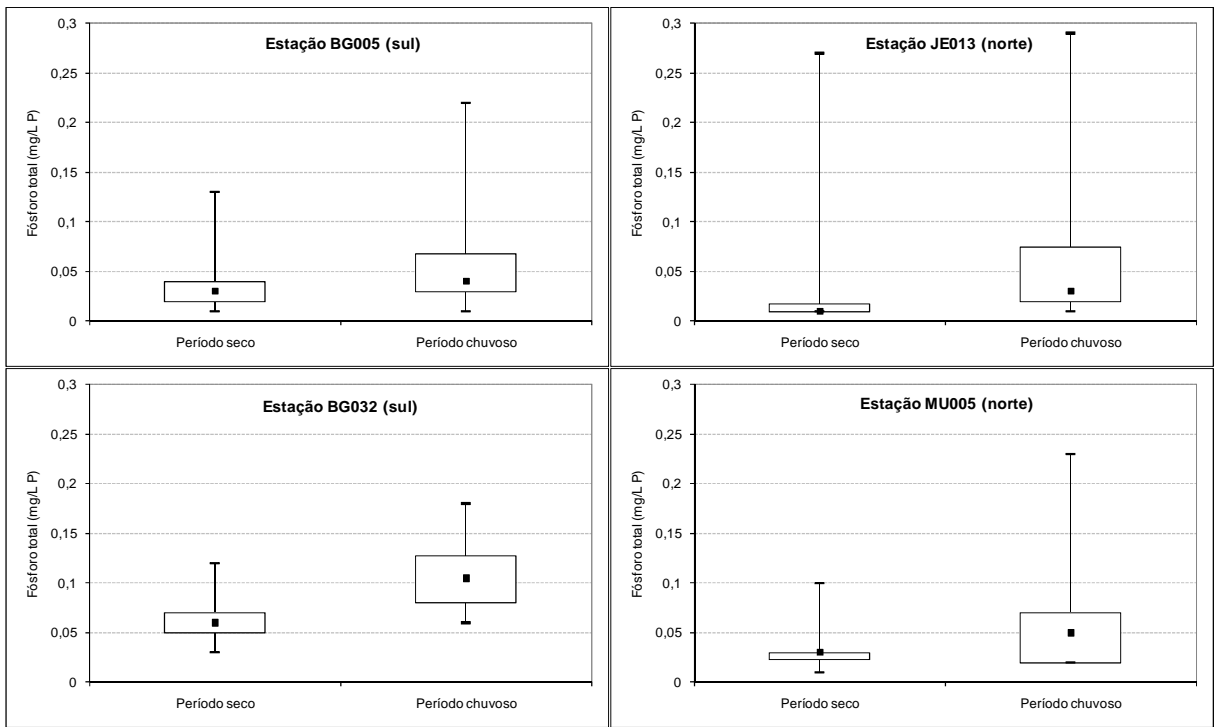


Figura 5.16 – Diagramas de *box & whisker* – Fósforo total por período

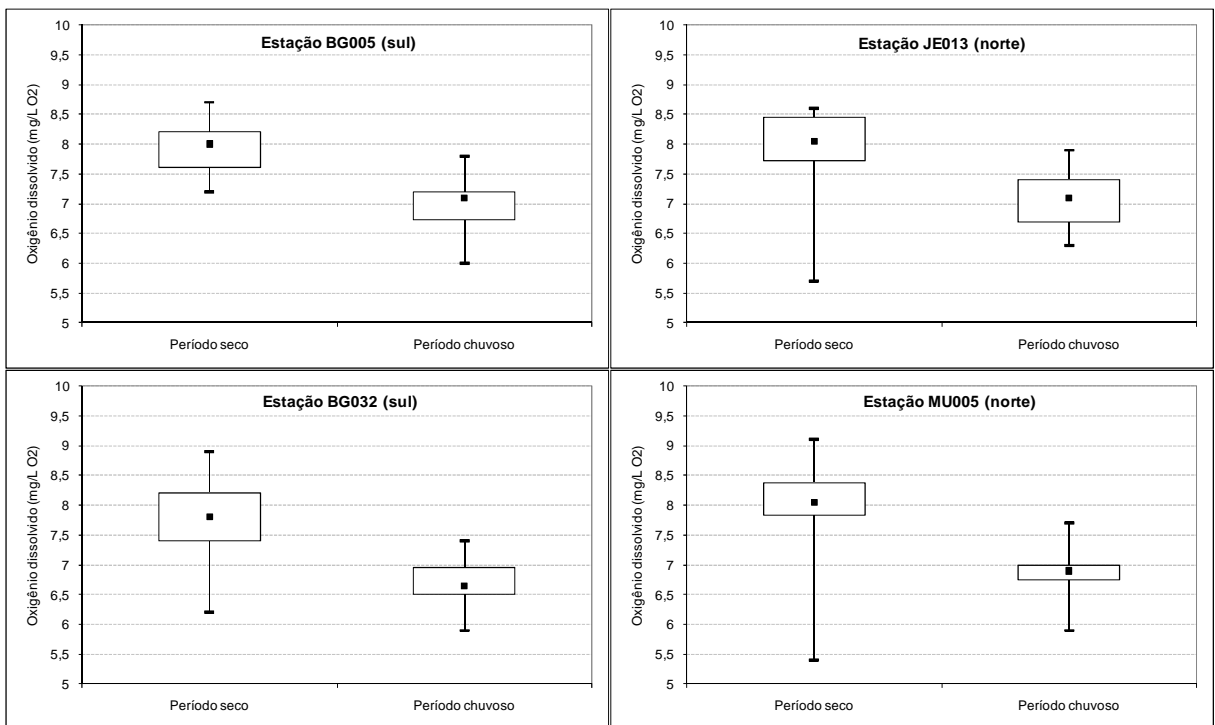


Figura 5.17 – Diagramas de *box & whisker* – Oxigênio dissolvido por período

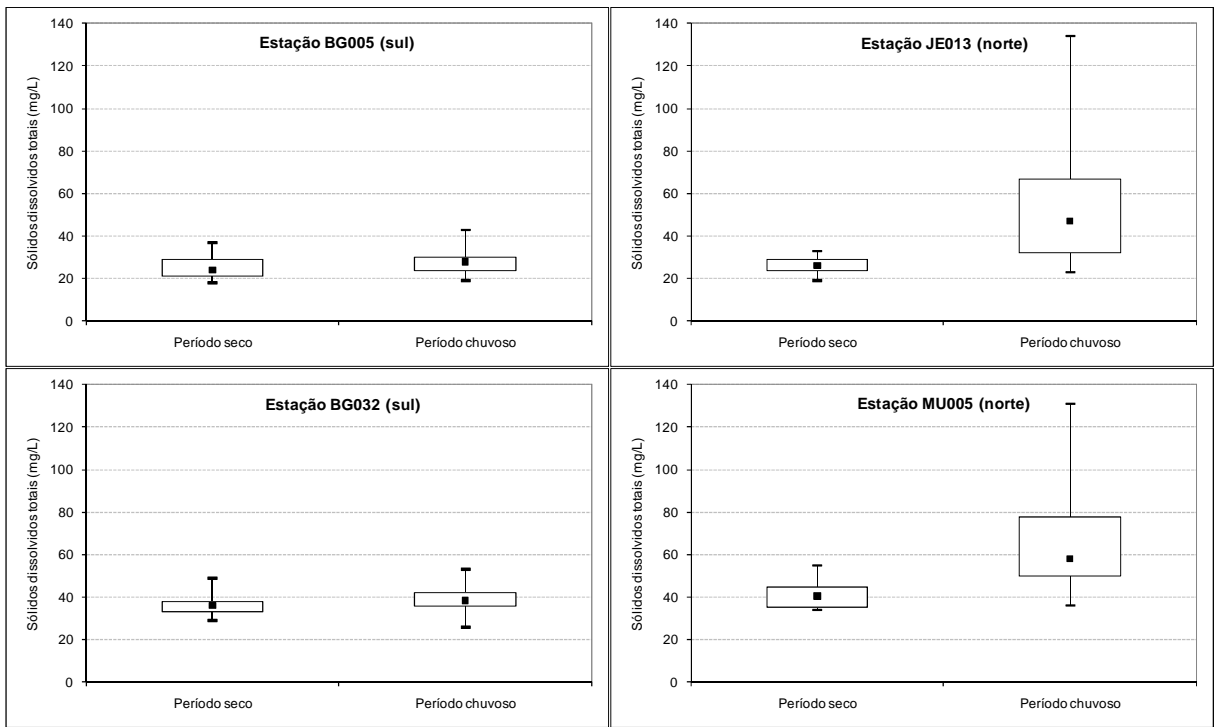


Figura 5.18 – Diagramas de *box & whisker* – Sólidos dissolvidos totais por período

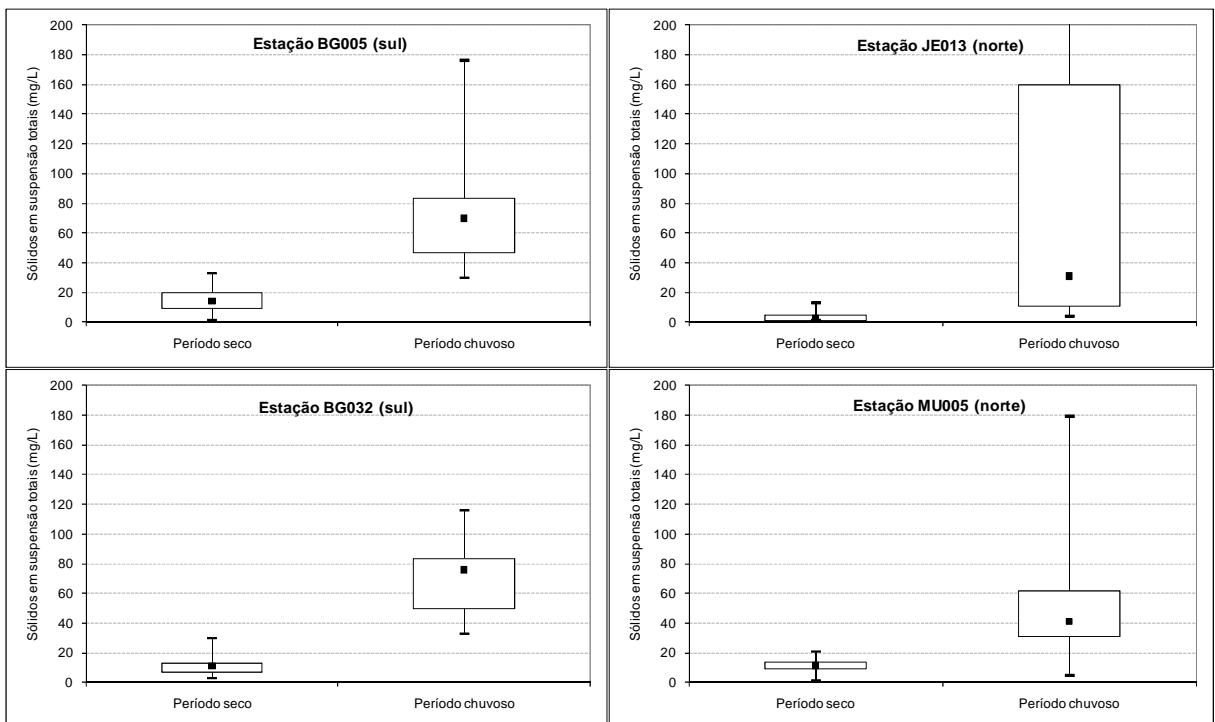


Figura 5.19 – Diagramas de *box & whisker* – Sólidos em suspensão totais por período

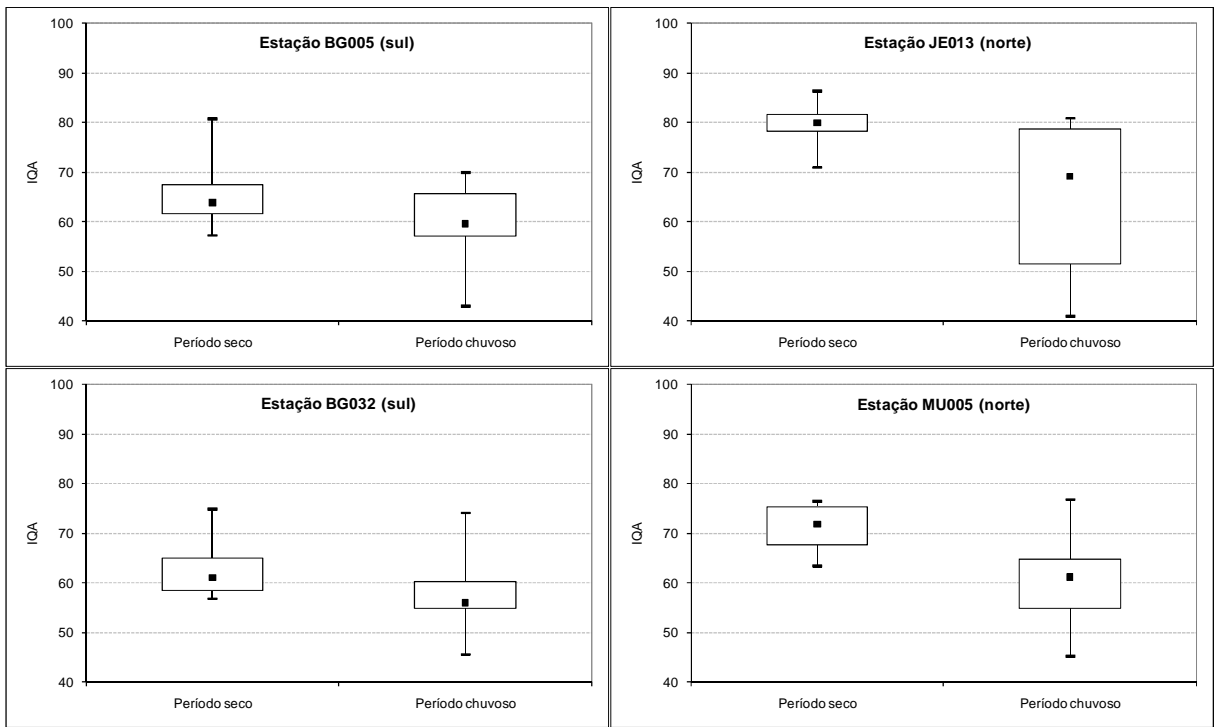


Figura 5.20 – Diagramas de *box & whisker* – IQA por período

Tabela 5.4 – Estatísticas básicas das séries de dados qualitativos por período

Parâmetro	Estação	Período	Nº de dados	Média aritmética	Média geométrica	Desvio padrão	Quartil inferior (25%)	Quartil médio ou mediana	Quartil superior (75%)	Valor máximo	Valor mínimo	
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	BG005	Seco	13	3,7E+03	1,9E+03	3,5E+03	1,1E+03	3,0E+03	5,0E+03	1,1E+04	5,0E+01	
		Chuvoso	14	3,7E+03	1,6E+03	6,2E+03	1,2E+03	1,7E+03	2,8E+03	2,4E+04	7,0E+01	
	BG032	Seco	13	6,3E+03	3,4E+03	5,1E+03	2,2E+03	5,0E+03	1,1E+04	1,4E+04	1,7E+02	
		Chuvoso	14	5,0E+03	2,2E+03	4,1E+03	1,6E+03	4,0E+03	8,0E+03	1,1E+04	2,3E+01	
	MU005	Seco	14	7,9E+01	5,2E+01	6,8E+01	3,0E+01	5,0E+01	1,5E+02	2,0E+02	8,0E+00	
		Chuvoso	14	2,5E+03	3,9E+02	5,8E+03	7,0E+01	2,9E+02	1,6E+03	2,2E+04	2,3E+01	
	JE013	Seco	14	6,4E+02	3,5E+02	6,8E+02	1,3E+02	4,0E+02	7,8E+02	2,3E+03	5,0E+01	
		Chuvoso	15	2,6E+03	1,4E+03	3,0E+03	6,0E+02	1,4E+03	2,7E+03	1,1E+04	1,7E+02	
	Condutividade elétrica (µmho/cm)	BG005	Seco	13	27	25	11	23	24	25	62	17
			Chuvoso	14	20	20	2	19	20	21	24	18
BG032		Seco	13	36	36	7	34	35	37	57	25	
		Chuvoso	14	29	29	3	28	29	32	35	21	
MU005		Seco	14	40	39	4	37	40	42	45	31	
		Chuvoso	15	41	41	4	40	41	45	47	33	
JE013		Seco	14	24	24	3	23	24	25	30	16	
		Chuvoso	15	24	23	4	20	25	27	29	17	
Fósforo total (mg/L P)		BG005	Seco	13	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,04	0,13	0,01
			Chuvoso	14	0,06	0,04	0,06	0,03	0,04	0,07	0,22	0,01
	BG032	Seco	13	0,06	0,06	0,02	0,05	0,06	0,07	0,12	0,03	
		Chuvoso	14	0,11	0,10	0,04	0,08	0,11	0,13	0,18	0,06	
	MU005	Seco	14	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,10	0,01	
		Chuvoso	15	0,06	0,04	0,05	0,02	0,05	0,07	0,23	0,02	
	JE013	Seco	14	0,03	0,01	0,07	0,01	0,01	0,02	0,27	0,01	
		Chuvoso	15	0,06	0,04	0,08	0,02	0,03	0,08	0,29	0,01	
	Oxigênio dissolvido (mg/L O ₂)	BG005	Seco	13	7,94	7,93	0,45	7,60	8,00	8,20	8,70	7,20
			Chuvoso	14	6,97	6,95	0,51	6,73	7,10	7,20	7,80	6,00
BG032		Seco	13	7,74	7,71	0,69	7,40	7,80	8,20	8,90	6,20	
		Chuvoso	14	6,66	6,65	0,40	6,50	6,65	6,95	7,40	5,90	
MU005		Seco	14	7,98	7,93	0,88	7,83	8,05	8,38	9,10	5,40	
		Chuvoso	15	6,82	6,81	0,46	6,75	6,90	7,00	7,70	5,90	
JE013		Seco	14	7,94	7,90	0,75	7,73	8,05	8,45	8,60	5,70	
		Chuvoso	15	7,00	6,99	0,46	6,70	7,10	7,40	7,90	6,30	
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)		BG005	Seco	13	25	25	6	21	24	29	37	18
			Chuvoso	14	28	27	6	24	28	30	43	19
	BG032	Seco	13	37	36	6	33	36	38	49	29	
		Chuvoso	14	39	39	7	36	39	42	53	26	
	MU005	Seco	14	41	40	6	36	41	45	55	34	
		Chuvoso	15	66	62	26	50	58	78	131	36	
	JE013	Seco	14	26	26	4	24	26	29	33	19	
		Chuvoso	15	54	47	31	32	47	67	134	23	
	Sólidos em suspensão totais (mg/L)	BG005	Seco	13	15	11	9	9	14	20	33	1
			Chuvoso	14	72	65	38	47	70	84	176	30
BG032		Seco	13	11	10	7	7	11	13	30	3	
		Chuvoso	14	69	65	24	50	76	84	116	33	
MU005		Seco	14	12	10	6	9	12	14	21	1	
		Chuvoso	15	56	40	47	31	41	62	179	5	
JE013		Seco	14	4	3	3	1	3	5	13	1	
		Chuvoso	15	208	46	365	11	31	160	1279	4	
IQA		BG005	Seco	13	65,45	65,19	6,22	61,70	63,90	67,40	80,70	57,30
			Chuvoso	14	60,35	59,90	7,32	57,20	59,65	65,63	69,90	43,00
	BG032	Seco	13	62,52	62,32	5,30	58,40	61,10	65,00	74,90	56,80	
		Chuvoso	14	57,76	57,39	6,96	54,85	56,00	60,33	74,10	45,60	
	MU005	Seco	14	71,20	71,07	4,41	67,75	71,85	75,33	76,50	63,50	
		Chuvoso	15	60,33	59,81	8,16	54,95	61,20	64,90	76,80	45,30	
	JE013	Seco	14	79,94	79,85	3,81	78,23	79,90	81,68	86,30	71,00	
		Chuvoso	14	65,02	63,15	15,41	51,58	69,15	78,70	80,80	41,00	

Tabela 5.5 – Valores de p do teste estatístico (Wilcoxon) para comparação das medianas das séries de dados qualitativos por período – seco x chuvoso

Parâmetros	Sul		Norte	
	BG005	BG032	MU005	JE013
Coliformes termotolerantes	0,58	0,53	0,01	0,01
Condutividade elétrica	< 0,01	< 0,01	0,21	0,81
Fósforo total	0,16	< 0,01	0,27	< 0,01
Oxigênio dissolvido	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Sólidos dissolvidos totais	0,25	0,20	< 0,01	< 0,01
Sólidos em suspensão totais	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
IQA	0,07	0,02	< 0,01	< 0,01

Tabela 5.6 – Interpretação do teste estatístico (Wilcoxon) para comparação das medianas das séries de dados qualitativos por período (indicação das medianas significativamente diferentes entre períodos seco e chuvoso)

Parâmetros	Sul		Norte	
	BG005	BG032	MU005	JE013
Coliformes termotolerantes			X	X
Condutividade elétrica	X	X		
Fósforo total		X		X
Oxigênio dissolvido	X	X	X	X
Sólidos dissolvidos totais			X	X
Sólidos em suspensão totais	X	X	X	X
IQA		X	X	X

X = significativamente diferente (ao nível de significância 5%)

Tabela 5.7 – Avaliação da qualidade da água pelas medianas significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso

Parâmetros	Sul		Norte	
	BG005	BG032	MU005	JE013
Coliformes termotolerantes			↓	↓
Condutividade elétrica	↑	↑		
Fósforo total		↓		↓
Oxigênio dissolvido	↓	↓	↓	↓
Sólidos dissolvidos totais			↓	↓
Sólidos em suspensão totais	↓	↓	↓	↓
IQA		↓	↓	↓

↓ = deterioração da qualidade da água no período chuvoso, por meio da comparação entre as medianas que foram significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso

↑ = melhoria da qualidade da água no período chuvoso, por meio da comparação entre as medianas que foram significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso

A partir dos resultados encontrados, ver Figura 5.14 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6, pode-se dizer que, no período chuvoso, ocorre uma diminuição dos valores de coliformes termotolerantes nas estações localizadas mais ao sul do Estado, enquanto nas estações mais ao norte há um aumento deste parâmetro. O teste estatístico, para um nível de significância de 5%, aplicado às estações demonstrou que as medianas dos períodos seco e chuvoso das estações do Sul de Minas não são significativamente diferentes e as medianas, dos mesmos períodos, das estações mais ao norte são significativamente diferentes. Este fato, talvez, pode ser explicado pela capacidade de carreamento da poluição depositada na superfície que as primeiras chuvas do ano possuem para as estações ao sul, período este anterior ao estabelecido como chuvoso, com picos dos valores de coliformes anteriores aos picos de vazões, sendo que o restante do período de chuvas há uma diluição desse parâmetro de qualidade. E no período seco ocorre um aumento dos coliformes devido à diminuição da vazão e a manutenção do lançamento de efluentes em função da maior densidade demográfica. Nas estações mais ao norte, os picos de coliformes coincidem com os picos de vazões. Concentrações que aumentam no período seco: devem ser mais influenciadas pela poluição pontual (esgotos) e menor capacidade de diluição; maior poluição no período chuvoso: pode ser indicativo da maior influência da poluição difusa e carreamento de poluentes pela drenagem pluvial.

Observou-se também, para estações do Sul de Minas, que os valores de condutividade elétrica diminuíram no período chuvoso, conforme Figura 5.15 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6, enquanto nas estações ao norte estes valores se mantiveram ou tiveram um pequeno aumento. As estações ao sul possuem medianas diferentes para os períodos seco e chuvoso e as estações mais ao norte possuem medianas que não são significativamente diferentes, para o mesmo nível de significância. A justificativa dessa variação ao longo do tempo pode ser a mesma apresentada para a variação dos valores de coliformes termotolerantes.

Para o parâmetro de fósforo total, não se observou variações distintas entre os períodos seco e chuvoso das regiões estudadas, conforme pode ser visto na Figura 5.16 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6, sendo que há um aumento deste parâmetro para todas as estações durante o período chuvoso. O teste de Wilcoxon indicou que as estações BG005 e MU005 possuem medianas que não são significativamente diferentes entre os períodos e as estações BG032 e JE013 possuem medianas que são significativamente diferentes.

No caso da variação do oxigênio dissolvido, em todas as estações, ocorre diminuição durante a época do período chuvoso, significativa o suficiente para caracterizar medianas que são significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso ao nível de significância pré-estabelecido, segundo Figura 5.17 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6. Esta diminuição é devido ao consumo de oxigênio para estabilização da grande quantidade de matéria orgânica carregada para os corpos d'água durante o período chuvoso.

Já para a variação de sólidos dissolvidos, há um aumento, no período chuvoso, em todas as estações, sendo mais significativo para as estações mais ao norte do Estado, possivelmente devido ao uso de fertilizantes. Através do teste estatístico, determinou-se que as estações mais ao norte possuem medianas que são significativamente diferentes para os períodos seco e chuvoso, enquanto as estações ao sul possuem medianas que não são significativamente diferentes, ver Figura 5.18 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6.

Para o parâmetro de sólidos em suspensão totais, em todas as estações, ocorre aumento durante a época do período chuvoso, significativa o suficiente para caracterizar medianas que são significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso pelo teste de Wilcoxon, conforme apresentado na Figura 5.19 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6, situação que pode ser explicada pelo mau uso do solo.

Apesar da diminuição dos valores de coliformes termotolerantes no período chuvoso, os outros parâmetros que compõe o IQA faz com que o mesmo diminua, neste período, em todas as estações, sendo que o teste estatístico indicou que a estação BG005 é única estação que possui medianas que não são significativamente diferentes entre os períodos seco e chuvoso, enquanto as outras estações possuem medianas não são significativamente diferentes, ver Figura 5.20 e Tabela 5.4 à Tabela 5.6.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados, apresentados no Capítulo 5, caracterizaram quali-quantitativamente, tanto no período integral quanto nos períodos seco e chuvoso, os locais selecionados para o desenvolvimento da pesquisa, situados em regiões hidrologicamente diferentes. As estações BG005 e BG032, ao sul do Estado, localizadas respectivamente nos rios Aiuruoca e Verde, representam os locais com maior disponibilidade hídrica, enquanto as estações MU005 e JE013, ao norte do Estado, localizadas respectivamente nos rios Mucuri e Araçuaí, representam os locais com menor disponibilidade hídrica.

Conforme já era previsto, pode-se dizer que, para os valores de quantidade, a variação de vazões entre os períodos seco e chuvoso é significativa para todas as estações, conforme comprovado pelo teste de Wilcoxon.

Fora as características hidrológicas distintas dos locais, propósito dos trabalhos, a conclusão dos resultados deve levar em consideração as diferenças existentes entre as bacias hidrográficas representativas dos pontos de monitoramento, como atividades econômicas, uso e ocupação do solo, densidade demográfica, características físicas e geológicas, entre outras. Deve ser ressaltada também a frequência de dados monitorados, a existência de chuvas anterior ou durante as coletas, com alterações significativas dos parâmetros devido a carga difusa, proximidades de lançamentos de efluentes a montante, período estabelecido como sendo representativo da época seca e chuvosa, etc.

Observadas as complexidades existentes na conclusão dos resultados qualitativos, observou-se que a variação das medianas dos períodos seco e chuvoso, entre as regiões hidrologicamente diferentes, possuem comportamentos distintos para as séries de dados de coliformes termotolerantes, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais. Nas estações do sul do Estado, ao nível de significância de 5%, as medianas das séries de coliformes termotolerantes e sólidos dissolvidos totais não são significativamente diferentes e as medianas das séries de condutividade elétrica são significativamente diferentes. Para estes parâmetros de qualidade, as estações situadas mais ao norte do Estado possuem comportamentos opostos às do sul.

A variação das medianas das séries de oxigênio dissolvido e sólidos em suspensão totais para os períodos analisados apresentaram resultados de não igualdade para todas as estações de

monitoramento. E para as séries de fósforo total, a variação das medianas nos períodos não indicou uma uniformidade entre as regiões hidrologicamente diferentes.

Devido à estação BG032, que apresentou diferença das medianas dos períodos seco e chuvoso, ao mesmo nível de significância de 5%, a situação descrita anteriormente quase se repetiu para as séries de IQA.

O estudo da variação das medianas dos períodos seco e chuvoso indicou a influência do regime hidrológico sobre alguns parâmetros de qualidade da água. Considerando-se os períodos estabelecidos como seco e chuvoso, os resultados encontrados neste estudo indicaram que nos rios de menor disponibilidade hídrica, localizados ao norte do Estado, ocorre uma maior degradação da qualidade da água durante o período chuvoso do que nos rios de maior disponibilidade hídrica, localizados no sul do Estado.

Para que haja uma maior confiabilidade dos resultados encontrados neste tipo de pesquisa é interessante trabalhar com um monitoramento de qualidade mais frequente e em regiões com bacias hidrográficas mais semelhantes (por exemplo: área de drenagem e uso e ocupação do solo).

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, R.T.V. *et al.* *Manual de saneamento e proteção ambiental para o municípios. Vol.II.* Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. 221p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Panorama nacional de avaliação da qualidade das água*, 2008. Disponível em http://pnqa.ana.gov.br/rede/rede_panoramasuperficial.aspx. Acesso em 23/01/2012

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (SRH). *Caderno Setorial de Recursos Hídricos: Saneamento.* Brasília: Plano Nacional de Recursos Hídricos/SRH, 2006. 68 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Cadernos de recursos hídricos. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil.* Brasília: TDA Desenho & Arte Ltda , 2005. 172 p.

BURTON, G.J.A.; PITT, R. *Stormwater effects handbook : a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers.* Washington, DC: Lewis Publishers, 2002. 929 p.

CAMPBELL, N. *et al.* *Diffuse Pollution: An introduction to the problems and solutions.* London: IWA Publishing, 2004.

CARPENTER, S. R. *et al.* Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications, Washington, 1998 apud MANSOR, M. T. C. *et al.* Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 2006.

COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRANDE. Disponível em <http://www.grande.cbh.gov.br/Default.aspx> Acesso em 23/01/2012

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.; MAYS, L.W. *Applied Hidrology.* New York. ,Mc-Graw Hill Inc., 1988. 572 p.

DIOGO, P. A. *et al.* Estimativa de cargas difusas com origem agrícola na bacia hidrográfica do Rio Degebe, 2003 apud MANSOR, M. T. C. *et al.* Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 2006.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do Mucuri em 2009.* Belo Horizonte, MG: IGAM, 2010. 138p. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/qualidade-das-aguas> Acesso em 23/01/2012

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Grande em 2009.* Belo Horizonte, MG: IGAM, 2010. 312p. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/qualidade-das-aguas> Acesso em 23/01/2012

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Monitoramento da qualidade das águas superficiais na bacia do rio Jequitinhonha em 2009*. Belo Horizonte, MG: IGAM, 2010. 154p. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/qualidade-das-aguas> Acesso em 23/01/2012

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Mapa das bacias hidrográficas*. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/geoprocessamento/mapas> Acesso em 23/01/2012

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Verde*. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/planos-de-recursos-hidricos> Acesso em 23/01/2012

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Plano Diretor de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Araçuaí*. Disponível em <http://www.igam.mg.gov.br/planos-de-recursos-hidricos> Acesso em 23/01/2012

LEVINE, D.M. et al. *Estatística: Teoria e Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Ed. SA, 1998.

LIBÂNIO, M. *Fundamentos de qualidade e tratamento de água*. 3ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 494p.

MACLEOD C.; HAYGARTH, P. A review of the significance of non-point source agricultural phosphorus to surface water. Devon, UK, 2003 apud MANSOR, M. T. C. et al. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 2006.

MANSOR, M. T. C.; FILHO, J. T.; ROSTON, D. M. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.10, n. 3, p.715–723, 2006.

NASCIMENTO, N. O. *Prospecção Tecnológica Recursos Hídricos: Saneamento*. Belo Horizonte, MG: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos Ciência, Tecnologia e Inovação, 2003. 42p.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. *Geologia de engenharia*. São Paulo, SP: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 1998. 587p.

PRODANOFF, J.H.A. *Avaliação da Poluição Difusa Gerada por Enxurradas em Meio Urbano*. 276 p. Tese de Doutorado (Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. *Qualidade da água e poluição: aspectos físico-químicos*. São Paulo, SP: ABES, 2005. 285p.

RIGHETTO, A.M. *Hidrologia e recursos hídricos*. São Carlos, SP: EESC/USP, 1998. 840p.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme, SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.13, n. 3, p.329-338, jul/set 2008.

SILVA, A. S.; PORTO, M. F. A. A utilização do modelo WinHSPF no estudo das cargas difusas de poluição da bacia do ribeirão da Estiva, SP, 2003 apud MANSOR, M. T. C. et al. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 2006.

SILVA, A. S.; PORTO, M. F. A. A utilização do modelo WinHSPF no estudo das cargas difusas de poluição da bacia do ribeirão da Estiva, SP. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, 2003, Curitiba.

SIMGE / INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Mapas Climáticos*. Disponível em <http://www.simge.mg.gov.br/simge/index.html> Acesso em 23/01/2012

TANIK, A.; BELER BAYKAL, B.; GONENC, I. E. The impact of agricultural pollutants in six drinking water reservoirs, 1999, apud MANSOR, M. T. C. et al. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 2006.

TUCCI, C.E.M. et al. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4ª ed. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009. 943p.

TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. *Drenagem Urbana*. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. 428 p.

VIEIRA, P.C. *Avaliação das condições de qualidade da água em tempo seco e durante eventos de chuvas em uma microbacia urbanizada no município de Belo Horizonte*. 207p. Dissertação de Mestrado (Meio Ambiente). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

VIEIRA, P.C.; VON SPERLING, M.; SEIDL, M.; NASCIMENTO, N.; BRASIL, L. S. S. Caracterização da qualidade das águas em microbacias urbanizadas (Belo Horizonte – MG). In: *XXIII SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (SILUBESA)*. IV-048. Belém, 2008.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 3ª ed. Belo Horizonte, MG: Departamentos de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452p.

WITT, M.; BEHRENDT, H. Nitrogen and phosphorus emissions from soil to surface water in the Rhine and Elbe basins, 1999 apud MANSOR, M. T. C. et al. Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural, em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, 2006.

ANEXOS

Dados qualitativos

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
BG005	15/10/1997	1300	28,1	0,01	7,2	33	25	69,5
BG005	03/12/1997	7000	25,5	0,06	7,8	23	94	58,8
BG005	04/03/1998	350	24,1	0,06	6,3	21	54	67,3
BG005	24/04/1998	350	49,8	0,1	7,1	18	26	69,1
BG005	29/07/1998	5000	61,6	0,03	7,2	21	1	61,7
BG005	23/10/1998	800	21,8	0,03	6,8	25	35	67,5
BG005	17/03/1999	2200	20,4	0,02	7,2	29	78	59,9
BG005	17/06/1999	1300	22,5	0,03	7,9	26	21	66,5
BG005	25/08/1999	1300	24,8	0,02	8,3	19	9	65,9
BG005	08/12/1999	1300	25,9	0,2	6,5	29	61	57,9
BG005	16/03/2000	1300	20,2	0,03	7,8	31	33	65,7
BG005	08/06/2000	2400	19,3	0,02	9,2	33	1	66,4
BG005	14/09/2000	500	26,5	0,04	7,4	19	27	71,4
BG005	24/11/2000	17000	13,4	0,02	7,1	28	355	43,6
BG005	07/03/2001	1700	22,3	0,01	7,2	27	30	65,4
BG005	31/05/2001	2400	24,8	0,01	8,6	28	6	66,5
BG005	30/08/2001	3000	24,5	0,02	7,6	33	33	62,2
BG005	08/11/2001	3000	21,5	0,02	7,2	41	49	57,1
BG005	22/02/2002	5000	19,1	0,03	7,2	23	47	59,4
BG005	09/05/2002	2300	20,5	0,03	7,2	24	19	64
BG005	29/08/2002	1700	22	0,02	8,7	24	8	67
BG005	28/11/2002	8000	20,1	0,14	6,8	42	148	43,2
BG005	13/02/2003	1700	19,7	0,04	6	29	43	58,7
BG005	15/05/2003	140	20,4	0,04	8	28	3	72,2
BG005	07/08/2003	5000	22,2	0,03	8,6	24	10	62,7
BG005	06/11/2003	3000	23,9	0,04	7,3	26	24	61,3
BG005	02/03/2004	70	18,9	0,11	6,5	19	84	69,9
BG005	13/05/2004	5000	20,6	0,04	8,2	13	32	62,9
BG005	05/08/2004	3000	17,3	0,05	8,1	18	20	63,9
BG005	11/11/2004	2300	23,6	0,06	6,1	22	56	60
BG005	24/02/2005	280	20,9	0,04	7,1	23	62	69,6
BG005	20/05/2005	3000	21,8	0,02	7,5		17	62,7
BG005	19/08/2005	8000	23,8	0,04	7,7	23	7	60,3
BG005	18/11/2005	8000	27,1	0,08	7,4		100	52,6
BG005	09/03/2006	8000	18,5	0,14	6,8	34	108	52,9
BG005	25/05/2006	5000	21,6	0,03	8,4		13	63,6
BG005	24/08/2006	1100	27,3	0,06	7,6	37	16	67,4

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
BG005	07/12/2006	3000	18,1	0,11	6,7		68	58,3
BG005	08/03/2007	3000	21,1	0,01	7,1	27	47	62,9
BG005	17/05/2007	9000	20,1	0,01	8		11	61,6
BG005	21/08/2007	50	23,5	0,01	7,8	30	14	80,7
BG005	01/11/2007	24000	26,2	0,07	5,9		92	44,2
BG005	15/02/2008	1100	19,2	0,06	6,8	26	80	59,1
BG005	08/05/2008	2800	22,9	0,02	7,9		13	65,3
BG005	31/07/2008	350	24,8	0,13	8	28	9	70,7
BG005	30/10/2008	11000	24,9	0,07	7,1		126	53
BG005	19/02/2009	1700	20	0,04	6,7	30	88	56,7
BG005	14/05/2009	3000	20,7	0,02	8		27	60,4
BG005	13/08/2009	11000	23	0,01	8	29	22	57,3
BG005	06/11/2009	1300	21,4	0,08	7,2		171	53
BG005	19/02/2010	24000	18,3	0,07	7,1	43	176	43
BG005	14/05/2010	350	20,6	0,03	8		18	68,7
BG005	13/08/2010	8000	23,9	0,02	8,2	25	14	59,6
BG005	04/11/2010	17000	24,2	0,1	7		88	49,8
BG005	10/02/2011	1700	20,3	0,22	7,8	30	82	54,4

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
BG032	17/10/1997	280	37,9	0,11	6,3	37	33	70,7
BG032	05/12/1997	280	34,3	0,14	7,1	41	94	66,5
BG032	06/03/1998	350	34,7	0,14	6,1	43	78	62,3
BG032	28/04/1998	90	49	0,04	7,1	55	14	76,3
BG032	31/07/1998	7000	56,6	0,05	6,9	33	7	60,7
BG032	27/10/1998	90000	36,4	0,08	6,2	32	27	49,6
BG032	19/03/1999	80	28,5	0,12	6,7	34	53	66,6
BG032	21/06/1999	2200	31,6	0,06	8,2	35	19	63,8
BG032	27/08/1999	2400	36,1	0,06	8,3	38	3	61,3
BG032	10/12/1999	170	35,5	0,16	6,4	49	254	53,6
BG032	20/03/2000	11000	21,4	0,1	7	26	116	45,6
BG032	12/06/2000	800	27,7	0,03	9,1	27	9	70,5
BG032	18/09/2000	13000	37,4	0,08	7,4	29	30	56,8
BG032	28/11/2000	5000	28,4	0,05	7,1	29	69	57,6
BG032	12/03/2001	1300	32,9	0,11	7,1	37	85	60,1
BG032	04/06/2001	8000	36,8	0,02	8,7	36	20	62
BG032	03/09/2001	8000	35	0,06	7,8	49	6	59,3

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
BG032	12/11/2001	13000	44	0,07	7,2	51	40	56,2
BG032	26/02/2002	2300	24,9	0,08	6,8	53	79	50,2
BG032	13/05/2002	5000	29,4	0,07	7,7	31	22	61
BG032	02/09/2002	11000	36,7	0,04	7,3	38	12	58,4
BG032	02/12/2002	5000	35,5	0,07	6,2	51	16	57,2
BG032	17/02/2003	3000	27,2	0,18	5,9	35	41	56
BG032	19/05/2003	1300	28,9	0,05	8,4	30	13	65,6
BG032	11/08/2003	5000	33,1	0,06	8,4	29	13	61,1
BG032	10/11/2003	3000	35,7	0,08	6,9	35	37	60,1
BG032	04/03/2004	5000	29,5	0,12	6,3	38	88	56
BG032	17/05/2004	11000	29,2	0,14	7,4	31	115	45,8
BG032	09/08/2004	170	25,1	0,04	8,9	37	9	74,9
BG032	16/11/2004	170	37,3	0,06	6,7	34	17	73
BG032	28/02/2005	11000	27,9	0,09	6,7	42	79	54,6
BG032	23/05/2005	5000	31,2	0,06	7,8		24	59,8
BG032	23/08/2005	350	34,8	0,12	6,2	35	11	66,8
BG032	22/11/2005	11000	38,9	0,08	6,9		25	56,6
BG032	13/03/2006	8000	32,2	0,13	7	41	33	58,2
BG032	29/05/2006	5000	32,4	0,04	8,4		12	64
BG032	28/08/2006	5000	39,7	0,07	7,9	44	6	62,9
BG032	11/12/2006	1700	29,7	0,19	6,7		56	63
BG032	12/03/2007	3000	29,6	0,06	6,6	36	40	60,4
BG032	21/05/2007		28,1	0,03	7,5		23	
BG032	23/08/2007	700	33,9	0,07	7,8	31	13	69,6
BG032	05/11/2007	5000	40,5	0,21	6,1		85	52,5
BG032	19/02/2008	8000	32,3	0,06	6,5	49	62	55,9
BG032	12/05/2008	280	29,5	0,06	7,6		22	72,4
BG032	04/08/2008	2200	30,8	0,09	7,6	36	12	65
BG032	03/11/2008	1700	33,4	0,11	6,8		99	57,3
BG032	22/02/2009	9000	29	0,06	6,5	36	92	55,6
BG032	18/05/2009	700	28,6	0,04	7,9		48	64,8
BG032	17/08/2009	13000	35,2	0,03	7,9	41	15	58,2
BG032	10/11/2009	8000	31,9	0,08	6,5		82	55,8
BG032	23/02/2010	23	28,7	0,08	6,6	42	49	74,1
BG032	18/05/2010	1100	29,6	0,05	7,8		32	65,6
BG032	17/08/2010	14000	35,6	0,05	8,2	35	10	57,7
BG032	08/11/2010		39,2	0,1	6,9		56	
BG032	14/02/2011	8000	29,3	0,17	7,4	39	74	53,1

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
MU005	09/09/1997	50	45	0,03	5,4	35	14	76,5
MU005	11/11/1997	230	66,9	0,06	7,1	48	23	73,7
MU005	27/01/1998	700	39,9	0,04	7,4	81	86	55,1
MU005	18/03/1998	500	44,6	0,07	6,7	87	54	53,9
MU005	14/07/1998	800	43,7	0,01	8,1	37	7	72,5
MU005	17/10/1998	1100	59	0,01	8,4	51	18	68,3
MU005	16/03/1999	1400	43,2	0,23	6,3	131	179	48,7
MU005	27/04/1999	1100	41,6	0,06	7,5	41	15	67,2
MU005	20/07/1999	700	44	0,1	7,3	55	13	64,8
MU005	26/10/1999	1300	47,7	0,09	7,2	60	47	58,1
MU005	01/02/2000	2400	40,9	0,06	7,1	55	66	58,7
MU005	17/04/2000	2300	38,3	0,05	7,8	47	45	61,8
MU005	18/07/2000	1300	37,1	0,02	8,8	46	9	67,2
MU005	18/10/2000	70	39,2	0,02	8,4	31	19	77,2
MU005	30/01/2001	500	37,2	0,02	7,7	36	27	70,9
MU005	24/04/2001	300	37,3	0,03	7,8	37	12	73,8
MU005	17/07/2001	500	39,3	0,1	9,1	45	1	70,3
MU005	09/10/2001	170	39,8	0,02	8,4	35	15	75
MU005	30/01/2002	800	43,7	0,02	6,9	61	36	64,7
MU005	16/04/2002	220	40,3	0,04	7,6	39	21	72,2
MU005	16/07/2002	500	37,2	0,03	7,9	45	20	69,4
MU005	15/10/2002	80	42,3	0,04	7,4	43	3	76,1
MU005	21/01/2003	8000	39,6	0,06	6,1	74	35	54,8
MU005	30/04/2003	700	38,3	0,03	8,1	39	11	68
MU005	15/07/2003	2300	41,7	0,03	8,3	37	6	63,5
MU005	14/10/2003	80	46,9	0,04	7,8	37	1	77,8
MU005	10/02/2004	1300	44,8	0,08	7	58	53	63
MU005	21/04/2004	500	42,2	0,03	6,4	39	46	67,3
MU005	14/07/2004	280	30,6	0,03	8,7	41	21	73,3
MU005	12/10/2004	500	41,1	0,04	7,8	42	12	68,5
MU005	17/02/2005	2300	33,6	0,07	7	62	57	58,3
MU005	10/05/2005	220	40,8	0,01	7,4		30	71,6
MU005	02/08/2005	80	38,9	0,02	7,6	35	9	76,3
MU005	25/10/2005	2300	44,4	0,02	8,9		17	64,5
MU005	07/02/2006	3000	45,9	0,05	6,8	56	5	63,3
MU005	10/05/2006	40	40,7	0,03	7,9		30	78,6
MU005	01/08/2006	70	39,8	0,03	8	34	14	76
MU005	24/10/2006		43,4	0,07	7,9		40	
MU005	06/02/2007	2300	33,1	0,02	5,9	54	41	61,2
MU005	01/05/2007	500	42,6	0,01	7,4		35	67,7
MU005	31/07/2007	1700	41,9	0,02	8,3	44	21	66,7
MU005	23/10/2007		38,6	0,01	6,9		8	

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
MU005	05/02/2008	11000	39,5	0,07	6,8	104	139	45,3
MU005	22/04/2008	700	37,4	0,03	7		36	68,1
MU005	29/07/2008	70	36,5	0,06	8,4	35	10	76,4
MU005	21/10/2008	500	44	0,02	7,4		3	72,3
MU005	10/02/2009	500	40,8	0,04	6,9	43	39	65,1
MU005	05/05/2009	800	40,7	0,03	8,1		33	65,9
MU005	05/08/2009	300	37,2	0,03	7,8	42	12	71,2
MU005	28/10/2009	1400	47,9	0,05	7,4	65	53	62,2
MU005	02/02/2010	170	44,6	0,02	6,8	46	8	76,8
MU005	04/05/2010	2300	41,2	0,02	7,6		19	66,5
MU005	03/08/2010	300	42,1	0,03	8	40	11	72,7
MU005	26/10/2010	800	48,9	0,03	7,2		15	70,1
MU005	11/02/2011	3500	47,1	0,02	6,9	40	18	65,2

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
JE013	02/09/1997	23	29,8	0,02	5,7	24	5	78
JE013	04/11/1997	240	46,2	0,05	6,7	38	8	69,1
JE013	20/01/1998	22000	16,6	0,01	6,8	100	1279	42,8
JE013	11/03/1998	70	29,4	0,03	7,1	28	7	77,2
JE013	07/07/1998	50	26,5	0,01	8,3	31	1	82,8
JE013	08/10/1998	30	30,5	0,01	7,9	26	1	83,8
JE013	09/03/1999	1700	19,3	0,14	6,3	47	168	50,8
JE013	20/04/1999	1700	26,5	0,05	7,1	29	24	65,4
JE013	13/07/1999	50	24,4	0,01	7,7	22	4	81,1
JE013	19/10/1999	50	30,8	0,02	7,7	34	4	82,7
JE013	25/01/2000	3000	18,2	0,13	7,4	62	583	44
JE013	10/04/2000	500	27	0,06	7,5	39	7	71,6
JE013	11/07/2000	170	24,4	0,01	8,6	29	5	78,9
JE013	10/10/2000	140	26,1	0,04	7,8	35	55	70,3
JE013	23/01/2001	170	25,1	0,02	7,4	24	19	77,1
JE013	17/04/2001	170	27,9	0,01	7,8	29	5	77,1
JE013	10/07/2001	170	24,4	0,01	8,6	19	1	77,5
JE013	02/10/2001	240	28,8	0,01	7,4	26	12	76,4
JE013	23/01/2002	1300	22,3	0,03	7,9	36	31	64,7
JE013	09/04/2002	50	25,5	0,01	7	29	5	80,8
JE013	09/07/2002	80	24,1	0,02	7,5	33	3	79,3
JE013	08/10/2002	130	29	0,05	6,8	29	6	72,2

Estação	Data de Amostragem - CETEC	Coliformes termotolerantes	Condutividade elétrica in loco	Fósforo total	Oxigênio dissolvido	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos em suspensão totais	IQA
JE013	14/01/2003	5000	19,2	0,29	6,5	134	686	41
JE013	23/04/2003	110	25,2	0,02	7,3	27	2	76,5
JE013	08/07/2003	8	23,3	0,02	8,3	24	1	85,1
JE013	07/10/2003	2	28,7	0,04	7,3	30	19	87,3
JE013	03/02/2004	23	26,9	0,04	6,6	37	4	80,1
JE013	13/04/2004	3000	18,1	0,15	6,3	66	406	45,5
JE013	07/07/2004	11	15,6	0,01	7,5	26	5	86,3
JE013	05/10/2004	3000	26,7	0,04	8,1	34	4	66,3
JE013	10/02/2005	30	23,5	0,02	7,4	31	14	80,8
JE013	03/05/2005	140	26,2	0,01	7,9		3	76,6
JE013	26/07/2005	170	23	0,27	7,8	25	1	71
JE013	18/10/2005	2	30,5	0,01	7		13	89,6
JE013	31/01/2006	50	28,5	0,04	6,8	23	6	79,2
JE013	03/05/2006	50	24,8	0,04	7,6		24	80,5
JE013	25/07/2006	200	23,5	0,01	8,5	21	5	76
JE013	17/10/2006	1300	27,6	0,05	6,8		55	54,8
JE013	30/01/2007		24,6	0,04	6,3	51	151	
JE013	24/04/2007	500	23,7	0,03	7,3		7	68,1
JE013	24/07/2007	80	23,3	0,01	8	27	3	79,9
JE013	16/10/2007		25,5	0,01	7,2		1	
JE013	29/01/2008	1100	21	0,11	7,2	51	90	53,9
JE013	15/04/2008	110	24	0,01	7,3		8	78,9
JE013	22/07/2008	40	22	0,01	8,6	31	2	79,9
JE013	14/10/2008	30	29,2	0,02	7,2		5	83,8
JE013	03/02/2009	300	26	0,03	7,4	78	5	67,7
JE013	28/04/2009	5000	25,8	0,02	8		4	64
JE013	28/07/2009	30	24,8	0,01	7,9	26	1	81,6
JE013	20/10/2009	110	31	0,01	7,3	39	27	73,9
JE013	26/01/2010	280	26,9	0,01	6,8	71	67	70,6
JE013	22/04/2010	140	25,5	0,02	7,4		7	78
JE013	27/07/2010	30	25,3	0,01	8,1	29	13	81,7
JE013	14/10/2010	5000	32,3	0,01	7,6		8	65,7
JE013	01/02/2011	70	28,2	0,02	7,1	33	16	80,4

Dados quantitativos

Estação Fazenda Laranjeiras (61060000)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	154,00	104,00	79,60	60,40	43,90	42,40	31,60	26,90	25,80	25,80	38,40	53,10
1998	52,10	68,20	56,70	39,00	35,50	28,60	22,90	21,90	24,90	26,90	29,10	37,70
1999	86,50	74,10	84,90	47,50	32,40	28,60	25,00	56,70	56,60	53,90	59,90	108,00
2000	134,00	103,00	69,20	51,10	36,90	29,80	27,30	24,50	29,50	23,00	37,70	56,30
2001	49,50	46,60	38,10	31,30	24,20	19,90	17,20	15,80	16,90	21,80	28,30	44,50
2002	73,50	83,20	73,30	44,70	33,80	25,70	22,00	19,70	18,80		29,80	58,60
2003	127,00	97,50	56,00	38,10	30,90	25,40	22,20	19,50	18,40	21,70	23,00	43,70
2004	41,60	84,80	72,00	60,20		35,60	28,60	23,20	20,40	25,10		62,00
2005	112,00	98,60	71,80		47,90	36,00	30,60	25,00	25,00	22,90	43,20	62,10
2006	48,80	53,60	56,10	35,50	28,60	23,60	19,90	18,10	19,80	23,70	42,50	63,90
2007		121,00	57,40	44,10		28,30	23,70	20,00	17,10	19,90	31,90	31,30
2008					39,80	31,40	25,10			24,80		
2009	98,30	112,00	88,60	67,30		38,00				45,10		
2010										27,40	47,90	

Estação Três Corações (61510000)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	234,00			88,70	69,50			44,40	41,40	46,10	60,90	94,70
1998	89,20	89,10	83,20		54,30	48,20	36,20	33,10	31,00		45,80	69,80
1999	210,00	151,00	132,00			53,90	45,20	36,10	33,10	28,10	35,30	75,90
2000			120,00	89,50			54,20	49,20	56,80	41,10	63,00	99,30
2001	83,40	77,20	60,60	46,90	41,90	36,70	32,50	29,40	32,90	41,50	59,30	96,40
2002	135,00	188,00	119,00	73,70	58,00	46,40	41,10	39,10	39,60	31,00	47,40	96,70
2003	176,00	158,00	100,00	74,00	56,30	45,40	41,80	36,70	34,50	37,90		
2004		141,00		117,00	98,40		61,80	48,40	40,40	49,50	57,00	123,00
2005			66,40	99,90	93,40	73,60	64,10	50,50	14,30	47,40	65,90	88,50
2006	106,00	97,80	101,00	72,10		41,00	35,90	31,70	32,90	44,60	85,40	141,00
2007	398,00		112,00	85,80	58,40	56,80	49,60	43,80	38,30		73,00	88,00
2008	65,60	183,00			105,00		59,00	53,70	48,30	61,30	88,10	120,00
2009		244,00	153,00	166,00	89,40	63,80	58,90	57,30	67,30	75,80	114,00	235,00
2010	203,00		139,00	86,20	71,30			42,30	40,80	45,30	67,40	99,10
2011	389,00	128,00	133,00	98,50								

Estação Fazenda Diacui (55560000)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	39,20	60,80	70,10	37,80	49,90	32,00	17,40	17,70	13,90	12,60	28,50	65,00
1998	34,90	16,60	14,30	11,90	9,82	8,65	7,51	6,27	4,95		71,10	79,20
1999	25,10	13,10	39,70	20,90	15,80	11,30	16,50	11,30	8,55	11,90	54,00	95,10
2000	100,00	77,90	133,00	83,90	63,90		42,90		33,90	26,20	70,10	117,00
2001	55,80	28,60	36,50	24,40	25,90	31,30	21,20	23,00	21,50	36,00	78,00	40,30
2002	79,70	86,60	60,00	40,00	29,00	27,00	28,50	21,30	41,50	27,40	43,10	22,70
2003	107,00	36,20	23,70	36,60	25,40	15,30	17,80	15,80	12,70	9,80	17,60	33,40
2004	67,20	56,30	97,10	112,00	52,10	31,00	41,30	25,40	17,10	16,50	27,50	65,10
2005	62,30	76,80	63,00	37,90	32,90	46,40	28,90	23,80	18,90	15,70	57,30	127,00
2006	56,70	29,80	48,20	91,80	36,00	36,70	37,80	26,00	30,70	23,10		184,00
2007	77,60	93,20	45,80		34,10	31,90	29,20	30,20	22,40	19,00	20,60	43,80
2008	34,30	48,00	53,10					11,00	10,90	10,50	53,40	94,40
2009	109,00	52,50	39,90	68,10						21,90	78,60	32,90
2010	44,30	31,60	63,30	35,40	27,80	30,00						

Estação Ponte Alta (54260000)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1997	144,00	44,20	99,20	40,70	38,30	33,60	25,80	21,50	20,60	28,00	32,00	136,00
1998	76,00	71,00	37,80	27,50	14,50	16,40	13,50	11,20	9,31	24,00	82,00	75,00
1999	57,00	27,00	83,50	24,00	26,30	14,30	12,60	11,90	10,00	16,00	68,00	65,00
2000	81,00	78,00	139,00	35,90	25,00	20,10	18,00	15,40	13,50	13,60	120,00	128,00
2001	41,90	37,60	24,30	15,00	13,70	14,80	12,80	12,20	11,90	27,20	72,80	78,50
2002	167,00	138,00	59,60	36,50	26,00	22,30	22,60	17,90	28,20	17,80	52,10	97,80
2003	115,00	47,20	40,60	30,60	22,40	18,80	17,10	15,90	14,60	14,80	18,60	31,10
2004	89,40	85,10	98,10	145,00	42,20	32,60	30,40	23,30	17,60	19,90	32,20	82,40
2005	73,60	111,00	113,00	39,80	33,70	30,50	25,60	20,70	18,90	18,70	108,00	167,00
2006	41,60	30,00	78,20	50,70	31,40	26,40	23,30	19,00	25,20	38,30	104,00	248,00
2007	94,30	93,20	54,50	39,80	34,40	28,40	25,40	22,30	19,10	15,40	22,70	39,50
2008	29,80	60,30	50,50	33,90	29,70	18,70	15,70	12,30	11,80	12,00	44,40	114,00
2009	110,00	54,60	34,30	39,00	22,10	18,50	15,20	12,80				
2010	44,30	31,60			91,70	83,50	78,80	73,20	67,80	78,80	130,00	120,00
2011	133,00	80,30	149,00									