

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

GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA
DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO

Rinaldo Afrânio Fernandes

Belo Horizonte
2005

**GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA
DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO**

Rinaldo Afrânio Fernandes

Rinaldo Afrânio Fernandes

**GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS:
CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA
DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE
ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO**

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

Área de Concentração: Meio Ambiente

Linha de Pesquisa: Hidrogeologia Ambiental

Orientador: Prof. Celso de Oliveira Loureiro, Ph.D.

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
Novembro de 2005

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Joaquim e Dirce.

Aos meus sogros, Antônio e Vera.

À minha esposa, Lúcia.

Aos meus filhos, Laura e Luca.

AGRADECIMENTOS

A realização desta Tese de Doutorado só foi possível graças ao auxílio imprescindível de algumas pessoas e entidades, às quais expresso os meus mais sinceros agradecimentos. Quais sejam:

Ao Prof. Celso de Oliveira Loureiro, pelos ensinamentos, pela orientação sempre paciente e valiosa em todos os momentos solicitados e pelo grande incentivo e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (EE/UFMG), pelos ensinamentos e pela contribuição na formação de minhas bases acadêmicas.

Aos professores do Colegiado do Curso de Pós-Graduação em SMARH (EE/UFMG), pela atenção e pelo apoio dispensado na fase final deste trabalho.

À Iara Maria de Melo Malta, Secretária do Curso de Pós-Graduação em SMARH (EE/UFMG), pela atenção, preocupação e cooperação nos momentos oportunos.

Aos colegas de curso, Paulo Fernando Pereira Pessoa, Gisele Kimura, Joana Cruz de Souza e Silva, Léa Lignani Xavier e Antônio Teixeira Cabral, pela convivência agradável, pelas discussões proveitosas e trocas de experiências.

À Alexandre Antônio Souza Pena (GOLDER ASSOCIATES), pela gentileza e cooperação demonstrados na fase final de confecção deste documento.

À Elza Maria da Silva (GOLDER ASSOCIATES) e Nerilene Aparecida da Silva, pela atenção, gentileza e cooperação nos momentos críticos de editoração e impressão deste documento.

Ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG, pela infra-estrutura cedida e pelo apoio dispensado.

À FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela bolsa de doutoramento concedida.

À GOLDER ASSOCIATES BRASIL LTDA, pelo apoio logístico, técnico e financeiro concedido nas diversas etapas de realização deste trabalho.

À Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH/CE) e à Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH/CE), pelo apoio, cooperação e receptividade durante a realização dos projetos adotados como casos de estudo neste trabalho.

Enfim, à todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta Tese.

RESUMO

Este trabalho versa sobre a distribuição, ocorrência e principais usos dos mananciais hídricos subterrâneos e sobre o seu papel de importância para o atendimento das demandas de água em determinados domínios de estudo. Neste contexto, buscou-se abranger e correlacionar os mais variados aspectos relacionados às disponibilidades e demandas de águas subterrâneas (*i.e.* quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, integração com as águas superficiais), em conformidade com os princípios, conceitos e tendências atuais, estabelecidos no cenário nacional e internacional. Considerando a conjunção destes aspectos, o estudo ora apresentado insere-se no tema da Gestão Integrada de Águas Subterrâneas.

Inicialmente, para o desenvolvimento deste trabalho, foram abordados dois domínios de estudo distintos, localizados no Estado do Ceará, quais sejam: 1) Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**); e, 2) Graben Crato-Juazeiro (**GCJ**). Nestes domínios geográficos, foram empregados os conceitos de Áreas Críticas e de Áreas Potencialmente Estratégicas, com a intenção de demonstrar o potencial dos mananciais subterrâneos como fonte para o atendimento pleno das demandas de abastecimento e/ou como fonte complementar para dar suporte ao sistema de abastecimento principal instalado (mananciais superficiais). Os dados gerados com a aplicação destes conceitos foram confrontados para definir as denominadas Áreas Estratégicas de Abastecimento, caracterizando o potencial quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas para incrementar a oferta e atender às demandas crescentes de água em diferentes horizontes de planejamento.

Posteriormente, com base na experiência adquirida no desenvolvimento destes casos regionais, bem como nas recomendações de âmbito nacional e internacional descritas por diversos autores, o referido trabalho apresenta ainda uma metodologia que favorece o estabelecimento de critérios gerais orientadores para a definição de áreas estratégicas de abastecimento, aplicável em outros domínios que se pretenda avaliar.

Esta metodologia consiste na execução de fases hierárquicas, traduzidas em termos de atividades, etapas e tarefas específicas, com proposições e recomendações para a realização de estudos desta natureza. Dessa maneira, como resultado final, são apresentadas três fases distintas e consecutivas de execução (*i.e.* Fase de Investigação Preliminar; Fase de Definição e Caracterização dos Aspectos Intervenientes; e, Fase de Integração e Avaliação Final), definidas e organizadas por suas atividades correlatas, bem como por suas respectivas etapas e tarefas.

ABSTRACT

This doctoral thesis deals with the distribution, occurrence and the main uses of groundwater resources and their importance in attending the demand for water, in certain areas of study. In this respect, an attempt was made to consider all the varied aspects related to the groundwater availability and demand (*i.e.* quantity; quality; interconnection with the use and occupation of the soil; and, integration with surface waters), in conformity with the principles, concepts and current tendencies, established in the national and international scientific and managerial scenery. With all these aspects being considered, the study presented here could be viewed under the subject named Groundwater Integrated Management.

Initially, for the development of this work, two different study domains, both of them located in the State of Ceará, Brazil, were taken into consideration. They are the following: 1) Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**); and, 2) Graben Crato-Juazeiro (**GCJ**). In these geographic domains, the concepts of critical and potentially strategic areas were used, with the purpose of demonstrating the groundwater potential to either completely fulfill the water supply demand and/or to act as a complementary source to the main installed system (based on surface water resource). The data obtained with the application of these concepts were used to define the so called Strategic Supply Areas, characterizing the quantitative and qualitative potential of the groundwater to increase the offer and to assist with the growing demands for water, in different planning stages.

After that, based on the experience gained with the development of these regional cases, and taking into consideration the recommendations of recognized authorities in the field, an innovative work methodology was developed, establishing new general orientation criteria for the definition of Strategic Supply Areas, which could be applicable in any other generic domain.

This newly developed methodology consists in the execution of hierarchical phases, translated in terms of specific activities, work stages and tasks, with propositions and recommendations for the conduction of studies of this nature. Thus, as a final result, the distinct sequential phases of the proposed methodology, defined and organized by their correlated activities, as well as by their respective work stages and tasks, were presented.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS.....	XIV
LISTA DE ANEXOS.....	XXI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	XXII
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - APRESENTAÇÃO	1
1.2 - OBJETIVOS	4
1.3 - JUSTIFICATIVAS.....	5
1.4 - ORIGINALIDADE	7
2 - METODOLOGIA	9
2.1 - LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO	9
2.2 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	10
2.3 - DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS DE ABASTECIMENTO	11
2.4 - DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS POTENCIALMENTE ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO.....	12
2.4.1 - <i>Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas</i>	13
2.4.1.1 - Temperatura da Água, T	15
2.4.1.2 - Potencial Hidrogeniônico, pH.....	15
2.4.1.3 - Oxigênio Dissolvido, OD	16
2.4.1.4 - Amônia, NH ₃	17
2.4.1.5 - Nitrato, NO ₃ ⁻	18
2.4.1.6 - Cloreto, Cl ⁻	19
2.4.1.7 - Condutividade Elétrica, CE, e Sólidos Totais Dissolvidos, STD.....	19
2.4.2 - <i>Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas</i>	21
2.4.3 - <i>Hierarquização do Potencial Hídrico Subterrâneo, em Quantidade e Qualidade</i>	22
2.5 - CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO.....	22
2.6 - PROPOSIÇÃO DE CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES	23
3 - REVISÃO DA LITERATURA	24
3.1 - O CONTEXTO GERAL DE IMPORTÂNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS	24
3.2 - A GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS	29
3.2.1 - <i>O Cenário Internacional</i>	29
3.2.2 - <i>O Cenário Nacional</i>	33
3.3 - GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	40
3.3.1 - <i>Considerações Preliminares</i>	40
3.3.2 - <i>A Estratégia de Gerenciamento Atualmente Difundida</i>	44
3.3.2.1 - Gerenciamento das Disponibilidades.....	45
3.3.2.1.1 - Aspectos Quantitativos.....	46
3.3.2.1.2 - Aspectos Qualitativos.....	48
3.3.2.1.3 - Aspectos de Interação com as Águas Superficiais	50
3.3.2.1.4 - Aspectos de Interação com o Uso e Ocupação dos Solos	58
3.3.2.2 - Gerenciamento das Demandas.....	60
3.3.3 - <i>A Gestão de Águas Subterrâneas na Evolução da Política Brasileira de Recursos Hídricos</i>	65
4 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS ÁREAS DE ESTUDO	69
4.1 - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (RMF)	69
4.1.1 - <i>Caracterização do Meio Ambiente Natural</i>	69
4.1.1.1 - Geologia	69
4.1.1.2 - Hidrogeologia	73
4.1.1.3 - Hidrografia.....	77
4.1.1.4 - Hidrologia e Climatologia	80
4.1.1.5 - Geomorfologia.....	81
4.1.2 - <i>Caracterização do Meio Ambiente Antrópico</i>	83
4.1.2.1 - Município de Aquiraz	84

4.1.2.2 - Município de Caucaia	85
4.1.2.3 - Município de Chorozinho	88
4.1.2.4 - Município de Eusébio	89
4.1.2.5 - Município de Fortaleza	90
4.1.2.6 - Município de Guaiúba	91
4.1.2.7 - Município de Horizonte	92
4.1.2.8 - Município de Itaitinga	94
4.1.2.9 - Município de Maracanaú	95
4.1.2.10 - Município de Maranguape	96
4.1.2.11 - Município de Pacajus	98
4.1.2.12 - Município de Pacatuba	99
4.1.2.13 - Município de São Gonçalo do Amarante	100
4.2 - GRABEN CRATO-JUAZEIRO (GCJ)	102
4.2.1 - <i>Caracterização do Meio Ambiente Natural</i>	102
4.2.1.1 - Geologia	102
4.2.1.2 - Hidrogeologia	112
4.2.1.3 - Hidrografia	115
4.2.1.4 - Hidrologia e Climatologia	117
4.2.1.5 - Geomorfologia	118
4.2.2 - <i>Caracterização do Meio Ambiente Antrópico</i>	120
4.2.2.1 - Município de Barbalha	120
4.2.2.2 - Município de Crato	121
4.2.2.3 - Município de Juazeiro do Norte	122
5 - RESULTADOS	124
5.1 - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (RMF)	124
5.1.1 - <i>Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento</i>	124
5.1.1.1 - População e Consumo	124
5.1.1.2 - A Infra-Estrutura Hídrica Atual e Futura	130
5.1.1.3 - Áreas Críticas de Abastecimento na RMF	135
5.1.1.3.1 - Município de Aquiraz	136
5.1.1.3.2 - Município de Caucaia	137
5.1.1.3.3 - Município de Chorozinho	139
5.1.1.3.4 - Município de Eusébio	140
5.1.1.3.5 - Município de Fortaleza	141
5.1.1.3.6 - Município de Guaiúba	143
5.1.1.3.7 - Município de Horizonte	144
5.1.1.3.8 - Município de Itaitinga	145
5.1.1.3.9 - Município de Maracanaú	146
5.1.1.3.10 - Município de Maranguape	147
5.1.1.3.11 - Município de Pacajus	149
5.1.1.3.12 - Município de Pacatuba	150
5.1.1.3.13 - Município de São Gonçalo do Amarante	151
5.1.2 - <i>Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento (Micro-Áreas Estratégicas)</i>	153
5.1.2.1 - Definição Preliminar	153
5.1.2.2 - Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas	155
5.1.2.2.1 - Descrição do Sistema de Monitoramento Implantado	156
5.1.2.2.2 - Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas	158
5.1.2.2.3 - Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas	181
5.1.2.2.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas Estratégicas da RMF	209
5.1.2.3 - Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas	217
5.1.2.3.1 - Modelo Hidrogeológico Conceitual	217
5.1.2.3.2 - Modelo Hidrogeológico Computacional	228
5.1.2.3.3 - Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas Estratégicas	241
5.1.2.3.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo Disponível das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas Estratégicas	243

5.2 - GRABEN CRATO-JUAZEIRO	248
5.2.1 - <i>Definição e Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento</i>	248
5.2.1.1 - População e Demanda	249
5.2.1.2 - A Infra-estrutura Hídrica Atual e Futura	252
5.2.1.3 - Áreas Críticas de Abastecimento na Área do GCJ	253
5.2.2 - <i>Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento</i>	255
5.2.2.1 - Definição Preliminar.....	255
5.2.2.2 - Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas	256
5.2.2.2.1 - Descrição do Sistema de Monitoramento Implantado.....	256
5.2.2.2.2 - Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas.....	259
5.2.2.2.3 - Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas na Área do GCJ	283
5.2.2.2.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas na Área do GCJ	288
5.2.2.3 - Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas	294
5.2.2.3.1 - Modelo Hidrogeológico Conceitual	295
5.2.2.3.2 - Modelo Hidrogeológico Computacional	300
5.2.2.3.3 - Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas na área do GCJ	306
5.2.2.3.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo Disponível das Águas Subterrâneas na Área do GCJ	307
6 - DISCUSSÕES.....	309
6.1 - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA	309
6.1.1 - <i>Consolidação dos Resultados</i>	309
6.1.2 - <i>Confronto entre Áreas Críticas e Potencialmente Estratégicas de Abastecimento</i>	317
6.1.2.1 - Município de Aquiraz	319
6.1.2.2 - Município de Caucaia	322
6.1.2.3 - Município de Chorozinho	326
6.1.2.4 - Município de Eusébio	328
6.1.2.5 - Município de Fortaleza	330
6.1.2.6 - Município de Guaiúba	333
6.1.2.7 - Município de Horizonte	335
6.1.2.8 - Município de Itaitinga	337
6.1.2.9 - Município de Maracanaú	339
6.1.2.10 - Município de Maranguape	341
6.1.2.11 - Município de Pacajus	343
6.1.2.12 - Município de Pacatuba	345
6.1.2.13 - Município de São Gonçalo do Amarante	348
6.1.3 - <i>Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento</i>	351
6.1.4 - <i>Recomendações Específicas</i>	358
6.2 - GRABEN CRATO-JUAZEIRO	360
6.2.1 - <i>Consolidação dos Resultados</i>	360
6.2.2 - <i>Confronto entre Áreas Críticas e Potencialmente Estratégicas de Abastecimento</i>	363
6.2.3 - <i>Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento</i>	365
6.2.4 - <i>Recomendações Específicas</i>	365
6.3 - CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA DEFINIÇÃO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO..	368
6.3.1 - <i>Atividade de Levantamento Bibliográfico Preliminar</i>	371
6.3.1.1 - Etapa de Revisão Crítica da Literatura	371
6.3.1.2 - Etapa de Reconhecimento de Trabalhos Técnicos Específicos	372
6.3.1.3 - Etapa de Levantamento da Base de Dados	372
6.3.1.3.1 - Tarefa de Consolidação da Base Cartográfica.....	372
6.3.1.3.2 - Tarefa de Compilação de Dados Hidrogeológicos Específicos.....	372
6.3.1.4 - Etapa de Indicação de Trabalhos Complementares	372
6.3.2 - <i>Atividade de Caracterização Geral da Área Avaliada</i>	375
6.3.2.1 - Etapa de Caracterização do Meio Ambiente Natural.....	375
6.3.2.2 - Etapa de Caracterização do Meio Ambiente Antrópico.....	376
6.3.3 - <i>Atividade de Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento</i>	376
6.3.3.1 - Etapa de Caracterização das Demandas Atuais e Futuras.....	377
6.3.3.2 - Etapa de Caracterização do Sistema de Abastecimento Atual e Futuro.....	378
6.3.3.3 - Etapa de Definição das Áreas Críticas de Abastecimento	378

6.3.4 - <i>Atividade de Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento</i>	379
6.3.4.1 - Etapa de Definição Preliminar das Áreas Potencialmente Estratégicas	379
6.3.4.2 - Etapa de Seleção de Poços para a Implantação de Sistemas de Monitoramento	380
6.3.4.3 - Etapa de Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas	382
6.3.4.3.1 - Tarefa de Caracterização Geral do Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas	382
6.3.4.3.2 - Tarefa de Definição do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas	383
6.3.4.3.3 - Tarefa de Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas	383
6.3.4.4 - Etapa de Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas	387
6.3.4.4.1 - Tarefa de Concepção de um Modelo Hidrogeológico Conceitual	387
6.3.4.4.2 - Tarefa de Implementação de um Modelo Hidrogeológico Computacional	388
6.3.4.4.3 - Tarefa de Definição do Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas	388
6.3.4.4.4 - Tarefa de Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas	390
6.3.5 - <i>Atividade de Definição de Áreas Estratégicas de Abastecimento</i>	393
6.3.5.1 - Etapa de Consolidação dos Resultados	393
6.3.5.2 - Etapa de Caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento	394
6.3.5.3 - Etapa de Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento	396
6.3.5.4 - Etapa de Recomendações Específicas	397
6.3.6 - <i>Considerações Finais</i>	397
7 - CONCLUSÕES	400
7.1 - CONCLUSÕES ESPECÍFICAS	400
7.1.1 - <i>Região Metropolitana de Fortaleza</i>	400
7.1.2 - <i>Área do Graben Crato-Juazeiro</i>	403
7.2 - CONCLUSÕES GERAIS	405
8 - RECOMENDAÇÕES	408
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	410

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Localização e distribuição das áreas de estudo abordadas no Estado do Ceará.....	2
Figura 3.1 - Possíveis interações entre os cursos d'água e os aquíferos.....	53
Figura 3.2 - Influência de poços de bombeamento nas possíveis interações entre os cursos d'água e os aquíferos.....	54
Figura 3.3 - Possíveis interações entre águas superficiais e subterrâneas devido à inundação de planícies aluviais.....	55
Figura 3.4 - Possíveis interações entre os reservatórios naturais e artificiais com as águas subterrâneas.....	56
Figura 4.1 - Localização da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e distribuição dos municípios integrantes.....	70
Figura 4.2 - Mapa geológico da RMF , identificando as suas unidades litoestratigráficas.....	71
Figura 4.3 - Hidroestratigrafia da Região Metropolitana de Fortaleza.....	74
Figura 4.4 - Rede hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza.....	78
Figura 4.5 - Mapa geomorfológico da Região Metropolitana de Fortaleza.....	82
Figura 4.6 - Localização do Graben Crato-Juazeiro e distribuição dos municípios integrantes.....	103
Figura 4.7 - Coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe.....	104
Figura 4.8 - Distribuição das Unidades Estratigráficas na área do Graben Crato-Juazeiro.....	106
Figura 4.9 - Mapa estrutural do embasamento de parte da Bacia do Araripe.....	108
Figura 4.10 - Localização das principais estruturas da área.....	110
Figura 4.11 - Perfis esquemáticos transversais ao graben (sem escala vertical).....	111
Figura 4.12 - Seção esquemática longitudinal ao graben, com base em dados geofísicos.....	111
Figura 4.13 - Sistemas hidrogeológicos da área do Graben Crato-Juazeiro.....	112
Figura 4.14 - Detalhe da rede hidrográfica da área do Graben Crato-Juazeiro.....	115
Figura 4.15 - Mapa da rede hidrográfica da região de interesse.....	117
Figura 4.16 - Domínios geomorfológicos da área do Graben Crato-Juazeiro.....	119
Figura 5.1 - Representação esquemática do sistema integrado de abastecimento da RMF , incluindo o sistema de abastecimento do complexo portuário do Pecém.....	131
Figura 5.2 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento que foram realizadas na RMF	159
Figura 5.3 - Correlação dos valores de temperatura da água com a profundidade dos poços monitorados na RMF	160
Figura 5.4 - Distribuição espacial dos valores médios de temperatura das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza.....	161
Figura 5.5 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	162
Figura 5.6 - Correlação dos valores de pH com os valores de temperatura da água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na RMF	163
Figura 5.7 - Distribuição espacial dos valores médios de pH das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza.....	164
Figura 5.8 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	165

Figura 5.9 - Correlação dos valores de OD com os valores de pH da água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na RMF	166
Figura 5.10 - Distribuição espacial dos valores médios de oxigênio dissolvido nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	167
Figura 5.11 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH_3 , em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	168
Figura 5.12 - Correlação dos valores de NH_3 com os valores de OD, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na RMF	169
Figura 5.13 - Distribuição espacial dos valores médios de amônia nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	170
Figura 5.14 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de nitratos na água, NO_3^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	171
Figura 5.15 - Correlação dos valores de NO_3^- com os valores NH_3 na água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na RMF	172
Figura 5.16 - Distribuição espacial dos valores médios de nitratos nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	173
Figura 5.17 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de cloretos, Cl^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	174
Figura 5.18 - Correlação dos teores de cloretos com os teores de nitratos na água, de acordo com as campanhas de monitoramento na RMF	175
Figura 5.19 - Distribuição espacial dos valores médios de Cl^- nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	176
Figura 5.20 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	177
Figura 5.21 - Correlação dos teores de STD com os teores de NO_3^- na água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na RMF	178
Figura 5.22 - Correlação dos teores de STD com os teores de Cl^- na água, de acordo com as campanhas de monitoramento na RMF	179
Figura 5.23 - Distribuição espacial dos valores médios de STD nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	180
Figura 5.24 - Resultados gráficos dos valores de IRQ e IRQ_i para as micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	214
Figura 5.25 - Representação gráfica dos valores de IRQ_{méd.} obtidos com base nos valores de IRQ_{i méd.} nas micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.....	215
Figura 5.26 - Domínio de interesse para a implementação dos modelos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Fortaleza.....	218
Figura 5.27 - Limites do primeiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF , envolvendo a Bacia do Baixo Curú.....	220
Figura 5.28 - Limites do segundo domínio de modelamento hidrogeológico da RMF , envolvendo as bacias de São Gonçalo, Gereraú e Cauhipe, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED).....	221
Figura 5.29 - Limites do terceiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF , envolvendo as bacias do Juá, Pacoti, e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED).....	223
Figura 5.30 - Limites do quarto domínio de modelamento hidrogeológico da RMF , envolvendo as bacias do Baixo Choró, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira e Malcozinhado, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED).....	225
Figura 5.31 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no primeiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF (Bacia do Baixo Curú).....	231

Figura 5.32 - Resultados da calibração do primeiro domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.....	232
Figura 5.33 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no segundo domínio de modelamento hidrogeológico da RMF (bacias de São Gonçalo, Cauhipe e Gereraú).....	233
Figura 5.34 - Resultados da calibração do segundo domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.....	234
Figura 5.35 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no terceiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF (bacias do Juá, Pacoti e dos sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu).....	235
Figura 5.36 - Resultados da calibração do terceiro domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.....	236
Figura 5.37 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no terceiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF (bacias do Baixo Choró, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira e Malcozinhado)..	237
Figura 5.38 - Resultados da calibração do quarto domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.....	238
Figura 5.39 - Correlação entre os valores de IRUH , IRDH e GRIH para caracterização quantitativa das micro-áreas estratégicas da RMF	246
Figura 5.40 - Limite da área potencialmente estratégica correspondente à área do GCJ	255
Figura 5.41 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	260
Figura 5.42 - Correlação dos valores de temperatura com a profundidade dos poços monitorados na área do Graben Crato-Juazeiro.....	261
Figura 5.43 - Distribuição espacial dos valores médios de temperatura das águas subterrâneas, T (°C), na área do Graben Crato-Juazeiro.....	262
Figura 5.44 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	264
Figura 5.45 - Correlação dos valores de pH com os valores de temperatura da água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas.....	265
Figura 5.46 - Distribuição espacial dos valores médios de pH das águas subterrâneas na área do Graben Crato-Juazeiro.....	266
Figura 5.47 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas realizadas na área do GCJ	267
Figura 5.48 - Correlação dos valores de OD com os valores de pH da água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas.....	268
Figura 5.49 - Distribuição espacial dos valores médios de oxigênio dissolvido, OD (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.....	269
Figura 5.50 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH ₃ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	270
Figura 5.51 - Correlação dos valores de NH ₃ com os valores de OD, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	271
Figura 5.52 - Distribuição espacial dos valores médios de amônia, NH ₃ (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.....	272
Figura 5.53 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de nitratos na água, NO ₃ ⁻ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	273
Figura 5.54 - Correlação dos valores de NO ₃ ⁻ com os valores de NH ₃ , considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	274
Figura 5.55 - Distribuição espacial dos valores médios de nitratos, NO ₃ ⁻ (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.....	275

Figura 5.56 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de cloretos, Cl ⁻ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ .	276
Figura 5.57 - Correlação dos teores de cloreto com os teores de nitrato, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ .	277
Figura 5.58 - Distribuição espacial dos valores médios de cloretos, Cl ⁻ (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.	278
Figura 5.59 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas realizadas na área do GCJ .	279
Figura 5.60 - Correlação dos valores de STD com os valores de temperatura de nitratos na água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ .	280
Figura 5.61 - Correlação dos valores de STD com os valores de cloretos na água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ .	281
Figura 5.62 - Distribuição espacial dos valores médios de sólidos totais dissolvidos, STD (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.	282
Figura 5.63 - Domínio de interesse para a implementação do modelo hidrogeológico computacional da área do Graben Crato Juazeiro.	296
Figura 5.64 - Distribuição dos pontos de observação do nível d'água na área do GCJ . <i>Simbologia:</i> Pontos de observação do NA (• Poço; • Nascente; • Leito de cursos d'água).	301
Figura 5.65 - Resultados da calibração do modelo implementado para a área do GCJ .	302
Figura 5.66 - Linhas equipotenciais e vetores direcionais de fluxo calculados pelo modelo para a área do GCJ . <i>Simbologia:</i> — 2,5 — Linhas equipotenciais (intervalos a cada 2,5 metros) → Vetores direcionais de fluxo.	303
Figura 5.67 - Linhas equipotenciais e vetores direcionais de fluxo das águas subterrâneas na área do GCJ . A) Perfil AA' de direção WE e passando pela coordenada UTM-N 9.200.000; B) Perfil BB' de direção SN e passando pela coordenada UTM-E 455.000. Exagero vertical de 10 vezes e localização dos perfis na Figura 5.68.	304
Figura 5.68 - Distribuição dos poços de bombeamento em operação na área do GCJ .	305
Figura 5.69 - Rebaixamentos provocados pela operação dos poços de bombeamento em operação na área do GCJ .	306
Figura 6.1 - Organograma das fases, atividades, etapas e tarefas propostas como critérios gerais orientadores para a realização de estudos desta natureza.	399

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Transformação dos valores de salinidade para valores os correspondentes de sólidos totais dissolvidos, STD, e de condutividade elétrica, CE.....	20
Tabela 3.1 - Grau de carência e de uso de água dos países.....	25
Tabela 3.2 - Disponibilidade dos recursos hídricos por continente	26
Tabela 3.3 - Potencial hídrico e disponibilidade hídrica social por regiões e estados do Brasil.....	27
Tabela 3.4 - Cronologia da base legal e institucional brasileira, destacando os principais instrumento e mecanismos propostos ao longo do tempo	34
Tabela 3.5 - Modelos de gerenciamento dos recursos hídricos já praticados no País.....	36
Tabela 3.6 - Bases de sustentação da Política Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, conforme a Lei Federal Nº 9.433, de 01/08/1997	37
Tabela 3.7 - Atribuições do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e da Agência Nacional de Águas (ANA), segundo as disposições da lei.....	38
Tabela 3.8 - Posição dos estados brasileiros em relação à criação de suas bases legais e institucionais para o gerenciamento dos recursos hídricos.....	39
Tabela 3.9 - Classificação dos problemas de qualidade das águas subterrâneas	48
Tabela 3.10 - Feições comparativas entre os recursos hídricos subterrâneos e superficiais	51
Tabela 3.11 - Atividades relacionadas ao desenvolvimento agrícola, relevantes para o contexto de interação entre as águas subterrâneas e superficiais.....	59
Tabela 3.12 - Principais Resoluções abrangendo as águas subterrâneas	67
Tabela 4.1 - Unidades litoestratigráficas que compõem o cenário geológico da RMF	72
Tabela 4.2 - Descrição geral das unidades aquíferas reconhecidas na RMF	75
Tabela 4.3 - Contabilização dos poços tubulares cadastrados na RMF , por município, unidade aquífera, categoria (público ou privado) e situação de uso.....	76
Tabela 4.4 - Parâmetros morfológicos do conjunto de bacias metropolitanas.....	78
Tabela 4.5 - Descrição geral das principais bacias que compõem a Bacia Metropolitana.....	79
Tabela 4.6 - Caracterização das unidades geomorfológicas reconhecidas na RMF	83
Tabela 4.7 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Aquiraz.....	84
Tabela 4.8 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Caucaia.....	86
Tabela 4.9 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Chorozinho.....	88
Tabela 4.10 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Eusébio.....	89
Tabela 4.11 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Fortaleza.....	90
Tabela 4.12 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Guaiúba	92
Tabela 4.13 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Horizonte.....	93
Tabela 4.14 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Itaitinga.....	94

Tabela 4.15 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Maracanaú.....	95
Tabela 4.16 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Maranguape.....	97
Tabela 4.17 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Pacajus.....	98
Tabela 4.18 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Pacatuba.....	100
Tabela 4.19 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de São Gonçalo do Amarante.....	101
Tabela 4.20 - Caracterização geral das unidades estratigráficas da área do GCJ	107
Tabela 4.21 - Caracterização das falhas mapeadas na área do GCJ	109
Tabela 4.22 - Divisão Hidroestratigráfica na área do GCJ	113
Tabela 4.23 - Principais características dos sistemas aquíferos na área do GCJ	114
Tabela 4.24 - Parâmetros hidrogeológicos para as unidades hidroestratigráficas que compõem os sistemas aquíferos da área do GCJ	114
Tabela 4.25 - Variação mensal média da precipitação nas estações de Crato e Barbalha.....	118
Tabela 4.26 - Unidades geofomológicas reconhecidas na área do GCJ	119
Tabela 4.27 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Barbalha.....	120
Tabela 4.28 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Crato.....	122
Tabela 4.29 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Juazeiro do Norte.....	123
Tabela 5.1 - Dados censitários e projeções das taxas de crescimento médio anual das populações para os municípios da RMF	125
Tabela 5.2 - Projeções populacionais para os municípios da RMF	126
Tabela 5.3 - Grupos de consumo <i>per capita</i> para as comunidades urbanas da RMF	126
Tabela 5.4 - Consumo <i>per capita</i> das populações dos municípios da RMF	127
Tabela 5.5 - Projeções dos rebanhos BEDA (Bovino Equivalente para Demanda d'Água) por município da RMF	128
Tabela 5.6 - Consumo <i>per capita</i> em função das demandas industriais e animais nos municípios da RMF	129
Tabela 5.7 - Consumo <i>per capita</i> , por município, conforme os principais usos da água nos municípios da RMF	129
Tabela 5.8 - Projeção das demandas para os municípios da RMF	130
Tabela 5.9 - Conjunto de reservatórios que abastecem a RMF	133
Tabela 5.10 - Projeção das demandas para os municípios da RMF	134
Tabela 5.11 - Distribuição da população abastecida na RMF , considerando a participação do sistema de açudagem e das águas subterrâneas.....	135
Tabela 5.12 - Projeção das demandas para o município de Aquiraz.....	136
Tabela 5.13 - Projeção das demandas para o município de Caucaia.....	138
Tabela 5.14 - Projeção das demandas para o município de Chorozinho.....	139
Tabela 5.15 - Projeção das demandas para o município de Eusébio.....	140
Tabela 5.16 - Projeção das demandas para o município de Fortaleza.....	142

Tabela 5.17 - Projeção das demandas para o município de Guaiúba.....	143
Tabela 5.18 - Projeção das demandas para o município de Horizonte	144
Tabela 5.19 - Projeção das demandas para o município de Itaitinga	145
Tabela 5.20 - Projeção das demandas para o município de Maracanaú.....	147
Tabela 5.21 - Projeção das demandas para o município de Maranguape	148
Tabela 5.22 - Projeção das demandas para o município de Pacajus	149
Tabela 5.23 - Projeção das demandas para o município de Pacatuba.....	151
Tabela 5.24 - Projeção das demandas para o município de São Gonçalo do Amarante	152
Tabela 5.25 - Identificação e localização das micro-áreas estratégicas na RMF	153
Tabela 5.26 - Definição e caracterização geral das micro-áreas estratégicas na RMF (continua)	154
Tabela 5.27 - Período e data de referência das campanhas de monitoramento na RMF	156
Tabela 5.28 - Distribuição dos poços efetivamente monitorados, por município e por campanha realizada na RMF	157
Tabela 5.29 - Valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	159
Tabela 5.30 - Valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	162
Tabela 5.31 - Valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	165
Tabela 5.32 - Valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH ₃ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	168
Tabela 5.33 - Valores mínimos, máximos e médios de nitrato na água, NO ₃ ⁻ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	171
Tabela 5.34 - Valores mínimos, máximos e médios de cloretos na água, Cl ⁻ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	174
Tabela 5.35 - Valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na RMF	177
Tabela 5.36 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Aquiraz	182
Tabela 5.37 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Caucaia (continua).....	185
Tabela 5.38 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Chorozinho	190
Tabela 5.39 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Eusébio	191
Tabela 5.40 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Fortaleza (continua).....	192
Tabela 5.41 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Guaiúba.....	198
Tabela 5.42 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Horizonte	199
Tabela 5.43 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Itaitinga.....	200
Tabela 5.44 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Maracanaú	201

Tabela 5.45 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Maranguape	202
Tabela 5.46 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Pacajus	204
Tabela 5.47 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Pacatuba	206
Tabela 5.48 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de São Gonçalo do Amarante	207
Tabela 5.49 - Valores de interesse para determinação do Índice Relativo de Qualidade (IRQ) nas micro-áreas estratégicas	210
Tabela 5.50 - Valores mínimos, máximos e médios de IRQ , calculados por parâmetro de interesse e na média para cada micro-área estratégica.....	212
Tabela 5.51 - Variação do Índice Relativo de Qualidade (IRQ) para a caracterização da qualidade das águas subterrâneas para consumo humano	213
Tabela 5.52 - Valores de IRQ_{méd.} e qualidade das águas subterrâneas para consumo humano nas micro-áreas estratégicas da RMF	215
Tabela 5.53 - Principais problemas associados à falta de qualidade das águas subterrâneas, reconhecidos nas micro-áreas estratégicas da RMF	216
Tabela 5.54 - Principais parâmetros morfológicos das bacias representativas do segundo domínio de modelamento	222
Tabela 5.55 - Principais parâmetros morfológicos das bacias representativas do terceiro domínio de modelamento	222
Tabela 5.56 - Principais parâmetros morfológicos das bacias representativas do quarto domínio de modelamento	224
Tabela 5.57 - Variação dos valores de condutividade hidráulica, obtidos com os testes de bombeamento	227
Tabela 5.58 - Valores de condutividade hidráulica horizontal e vertical, K_H e K_V , adotados no modelamento hidrogeológico e espessura média das Unidades Hidroestratigráficas	228
Tabela 5.59 - Contabilização dos poços tubulares cadastrados na RMF , por unidade produtora, categoria e uso, segundo os domínios de modelamento	229
Tabela 5.60 - Valores de recarga usados na calibração do primeiro domínio	230
Tabela 5.61 - Valores de recarga usados na calibração do segundo domínio	232
Tabela 5.62 - Valores de recarga usados na calibração do terceiro domínio	234
Tabela 5.63 - Valores de recarga usados na calibração do quarto domínio	236
Tabela 5.64 - Reservas renováveis das unidades aquíferas e produção dos poços em todo o domínio de influência hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza.....	240
Tabela 5.65 - Caracterização geral do potencial quantitativo das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da RMF	243
Tabela 5.66 - Faixas escalares de variação dos índices relativos para caracterização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas da RMF	244
Tabela 5.67 - Valores de IRUH , IRDH e GRIH nas micro-áreas estratégicas da RMF	245
Tabela 5.68 - Hierarquização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas, por município da RMF , com base nos valores absolutos de Reserva Renovável Disponível e de Vazão Importada pelos Poços .	248
Tabela 5.69 - Dados censitários e taxa de crescimento médio anual da população para os municípios considerados na área do GCJ	249
Tabela 5.70 - Projeção populacional para os municípios considerados na área do GCJ	249

Tabela 5.71 - Vazão aduzida no ano de 2000 e consumo <i>per capita</i> urbano nos municípios considerados na área do GCJ	250
Tabela 5.72 - Consumo <i>per capita</i> doméstico nos municípios considerados na área do GCJ	250
Tabela 5.73 - Distribuição dos valores de consumo <i>per capita</i> , de acordo com os diferentes usos da água nos municípios considerados na área do GCJ	251
Tabela 5.74 - Projeção das demandas para os municípios na área do GCJ	251
Tabela 5.75 - Projeção das demandas para os municípios na área do GCJ	254
Tabela 5.76 - Campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	257
Tabela 5.77 - Distribuição dos poços efetivamente monitorados, por município, sistema aquífero e campanha realizada na área do GCJ	258
Tabela 5.78 - Valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	259
Tabela 5.79 - Valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	263
Tabela 5.80 - Valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	267
Tabela 5.81 - Valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH ₃ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	270
Tabela 5.82 - Valores mínimos, máximos e médios de nitrato na água, NO ₃ ⁻ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	273
Tabela 5.83 - Valores mínimos, máximos e médios de cloretos na água, Cl ⁻ , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	276
Tabela 5.84 - Valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ	279
Tabela 5.85 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse por ponto monitorado no município de Barbalha.....	284
Tabela 5.86 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse por ponto monitorado no município do Crato.....	285
Tabela 5.87 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse por ponto monitorado no município de Juazeiro do Norte.....	287
Tabela 5.88 - Valores de interesse para determinação do IRQ na área do GCJ	289
Tabela 5.89 - Valores mínimos, máximos e médios de IRQ , calculados por parâmetro de interesse para cada ponto na área do GCJ	290
Tabela 5.90 - IRQ _{mín.} , IRQ _{máx.} e IRQ _{méd.} para os pontos monitorados na área do GCJ	291
Tabela 5.91 - Variação do Índice Relativo de Qualidade (IRQ) para a caracterização da qualidade das águas subterrâneas para consumo humano.....	292
Tabela 5.92 - Hierarquização dos valores médios do Índice Relativo de Qualidade (IRQ _{méd.}) qualidade das águas subterrâneas para consumo humano na área do GCJ	293
Tabela 5.93 - Principais problemas associados à falta de qualidade das águas subterrâneas, reconhecidos nos pontos monitorados na área do GCJ	294
Tabela 5.94 - Principais características dos sistemas aquíferos na área do GCJ	298
Tabela 5.95 - Valores dos parâmetros hidrogeológicos adotados na literatura para as diversas formações da bacia sedimentar do Araripe.....	298
Tabela 5.96 - Balanço hídrico do sistema hidrogeológico do graben Crato-Juazeiro.....	299
Tabela 5.97 - Valores de condutividade hidráulica utilizados para a calibração do modelo.....	302

Tabela 5.98 - Reservas renováveis, vazões dos poços e potencial de produção de águas subterrâneas na área G CJ.....	307
Tabela 5.99 - Valores relativos calculados para IRUH, IRDH e GRIH na área do G CJ.....	308
Tabela 6.1 - Consolidação das projeções de população e demanda, em um período de 20 anos, para os municípios da R MF, com base na população e demanda registrada em 2000.....	310
Tabela 6.2 - Dados sobre a utilização das águas subterrâneas nos municípios da R MF, com base nas demandas totais registradas no ano de 2000.....	311
Tabela 6.3 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da R MF, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2005.....	312
Tabela 6.4 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da R MF, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2010.....	313
Tabela 6.5 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da R MF, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2015.....	314
Tabela 6.6 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da R MF, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2020.....	315
Tabela 6.7 - Consolidação dos resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas dos municípios da R MF.....	316
Tabela 6.8 - Distribuição e vazão média dos poços tubulares cadastrados na R MF, por município, categoria e condição de uso.....	318
Tabela 6.9 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Aquiraz, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	319
Tabela 6.10 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Aquiraz.....	319
Tabela 6.11 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Caucaia, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	323
Tabela 6.12 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Caucaia.....	323
Tabela 6.13 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Chorozinho, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	326
Tabela 6.14 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Chorozinho.....	326
Tabela 6.15 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Eusébio, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	328
Tabela 6.16 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Eusébio.....	328
Tabela 6.17 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Fortaleza, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	330
Tabela 6.18 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Fortaleza.....	330
Tabela 6.19 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Guaiúba, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	333
Tabela 6.20 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Guaiúba.....	333
Tabela 6.21 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Horizonte, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	335
Tabela 6.22 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Horizonte.....	335

Tabela 6.23 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Itaitinga, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	337
Tabela 6.24 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Itaitinga.....	337
Tabela 6.25 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Maracanaú, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	339
Tabela 6.26 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Maracanaú.....	339
Tabela 6.27 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Maranguape, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	341
Tabela 6.28 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Maranguape.....	341
Tabela 6.29 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Pacajus, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	343
Tabela 6.30 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Pacajus.....	344
Tabela 6.31 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Pacatuba, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	346
Tabela 6.32 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Pacatuba.....	346
Tabela 6.33 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de São Gonçalo do Amarante, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000.....	348
Tabela 6.34 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de São Gonçalo do Amarante.....	348
Tabela 6.35 - Priorização e hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento com base em seus respectivos potenciais de quantidade e qualidade das águas subterrâneas.....	353
Tabela 6.36 - Faixas de variação dos valores de IRDH e IRQ para a caracterização do potencial quantitativo disponível e do potencial qualitativo das águas subterrâneas.....	354
Tabela 6.37 - Consolidação das projeções de população e demanda, em um período de 20 anos, para os municípios considerados na área do GCJ , com base na população e demanda registrada em 2000.....	361
Tabela 6.38 - Consolidação dos resultados sobre a disponibilidade hídrica na área do GCJ	362
Tabela 6.39 - Composição das demandas projetadas na área do GCJ , com base nos dados do ano 2000.....	363
Tabela 6.40 - Faixas escalares de variação do Índice Relativo de Qualidade (IRQ) para caracterização do potencial qualitativo das águas subterrâneas para consumo humano.....	386
Tabela 6.41 - Faixas escalares de variação de IRUH e IRDH para caracterização do potencial quantitativo nas áreas potencialmente estratégicas.....	391
Tabela 6.42 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Aquiraz, nos períodos de avaliação considerados a partir do ano 2000.....	394
Tabela 6.43 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, para as áreas potencialmente estratégicas do município de Aquiraz.....	395
Tabela 6.44 - Faixas escalares de variação de IRDH e IRQ para a caracterização do potencial quantitativo disponível e do potencial qualitativo das águas subterrâneas.....	397
Tabela 7.1 - Áreas Estratégicas de Abastecimento, por município da RMF	403

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS E DOS DADOS DE MONITORAMENTO QUALITATIVO NA RMF	A3
TAB. A01-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na RMF	A4
TAB. A01-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo da RMF.....	A7
TAB. A01-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A10
TAB. A01-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A13
TAB. A01-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A16
TAB. A01-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A19
TAB. A01-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo da RMF.....	A22
TAB. A01-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo da RMF.....	A25
TAB. A01-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A28
ANEXO II – MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA RMF	A31
DE-A02-01 – Mapa de caracterização do potencial qualitativo na RMF	A32
DE-A02-02 – Mapa de caracterização do potencial quantitativo na RMF	A33
ANEXO III – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS E DOS DADOS DE MONITORAMENTO QUALITATIVO NO GCJ	A34
TAB. A03-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo no GCJ	A35
TAB. A03-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo no GCJ	A36
TAB. A03-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A37
TAB. A03-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A38
TAB. A03-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A39
TAB. A03-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A40
TAB. A03-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A41
TAB. A03-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo no GCJ	A42
TAB. A03-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo no GCJ	A43
ANEXO IV – MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO GCJ	A44
DE-A04-01 – Mapa de caracterização do potencial qualitativo na área do GCJ.....	A45
DE-A04-02 – Mapa de caracterização do potencial quantitativo na área do GCJ.....	A46
ANEXO V – MAPAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO NA RMF E NO GCJ	A47
DE-A05-01 – Mapa de caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento da RMF	A48
DE-A05-02 – Mapa de caracterização final da área do GCJ.....	A49

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- ABRH** – Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- ANA** – Agência Nacional de Águas.
- ANEEL** – Agência Nacional de Energia Elétrica.
- BM** – Banco Mundial (*World Bank* – **WB**).
- CAGECE** – Companhia de Água e Esgoto do Ceará.
- CBH** – Comitê de Bacias Hidrográficas.
- CE** – Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$).
- CEC** – *Commission of the European Communities*.
- CEIBH** – Comitês de Estudos Integrados de Bacia Hidrográfica.
- CERH/CE** – Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Ceará.
- CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.
- CNRH** – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
- COGERH/CE** – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará.
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- CPRM** – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil).
- DNAEE** – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica.
- DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral.
- e.g.* – *exempli gratia* (por exemplo)
- FLED** – Faixa Litorânea de Escoamento Difuso
- FUNORH** – Fundo Estadual de Recursos Hídricos.
- GCJ** – Graben Crato-Juazeiro.
- GIRH** – Gestão Integrada de Recursos Hídricos.
- GRIH** – Grau Relativo de Importação Hídrica.
- GW-MATE** – *Groundwater Management Advisory Team*.
- GWP** – *Global Water Program* (Programa Global de Água).
- GWP** – *Ground Water Program* (Programa de Águas Subterrâneas).
- i.e.* – *id est* (ou seja, isto é).
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- INMET** – Instituto Nacional de Meteorologia.
- IPECE** – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.
- IPLANCE** – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará.
- IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica.
- IRQ** – Índice Relativo de Qualidade
- IRUH** – Índice Relativo de Utilização Hídrica.
- IWA** – *International Water Association*.
- MMA** – Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal.
- MME** – Ministério das Minas e Energia.

OD – Oxigênio Dissolvido (mg/L).

ONU – Organização das Nações Unidas (*United Nations* – **UN**).

op. cit. – *opera citatum* (obra citada).

PERH/CE – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará.

pH – Potencial Hidrogeniônico.

PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste.

RMF – Região Metropolitana de Fortaleza.

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto.

SIGERH – Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos.

SNIRH – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos.

SOHIDRA – Superintendência de Obras Hidráulicas.

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos.

SRH/CE – Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará.

STD – Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L).

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste.

T – Temperatura (°C).

UNESCO – *United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*.

UNFPA – *United Nations Population Fund*.

USGS – *United States Geological Survey*.

WCW – *World Commission on Water for the 21st Century* (Comissão Mundial de Água para o Século 21).

WWC – *World Water Council* (Conselho Mundial de Água).

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Apresentação

O escopo deste trabalho consiste em caracterizar a ocorrência e a distribuição do recurso hídrico subterrâneo, demonstrando o seu potencial estratégico como fonte para o atendimento pleno das demandas de água para o abastecimento e/ou como fonte complementar para dar suporte ao sistema de abastecimento principal (mananciais superficiais) de uma determinada região. Para tanto, serão discutidos diferentes aspectos das águas subterrâneas, que se relacionam com as disponibilidades e demandas, bem como com as possíveis interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação do meio ambiente natural. Considerando a conjunção de todos estes aspectos, ressalta-se que o estudo em questão se insere no contexto da gestão integrada de águas subterrâneas.

Inicialmente, para o desenvolvimento deste trabalho, são considerados dois domínios hidrográficos distintos, que circunscrevem áreas com características específicas no território do Estado do Ceará (Figura 1.1). Quais sejam: 1) Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**); e, 2) Graben Crato-Juazeiro (**G CJ**). A escolha destes domínios como casos de estudo se deu em função da participação direta em trabalhos de consultoria técnica apresentados ao Governo do Estado do Ceará (*i.e.* GOLDER/PIVOT, 2005a; GOLDER/PIVOT, 2005b) e financiados pelo Banco Mundial (**BM**), com o apoio da Secretaria de Recursos Hídricos (**SRH/CE**) e da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (**COGERH/CE**), do Ceará.

Posto isto, destaca-se que o território da **RMF**, situado na porção norte do estado cearense (Figura 1.1), corresponde ao contorno geopolítico de 13 municípios. Quais sejam: Aquiraz, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e São Gonçalo do Amarante. Em conjunto, estes municípios abrangem uma área de aproximadamente 4.976 km² e comportam uma população da ordem de 2.985.000 habitantes (96,5% residente em áreas urbanas), representando cerca de 40% da população total do estado (IBGE, 2000).

Na **RMF**, dependendo do município considerado, a utilização das águas subterrâneas apresenta contextos distintos, à medida que são usadas como fonte principal ou complementar para o atendimento das demandas. No entanto, num contexto geral, o principal sistema responsável pelo abastecimento público de água constitui-se de um conjunto de reservatórios superficiais (sistema de açudagem), conectados por obras de canais e túneis, formando uma rede integrada de distribuição.

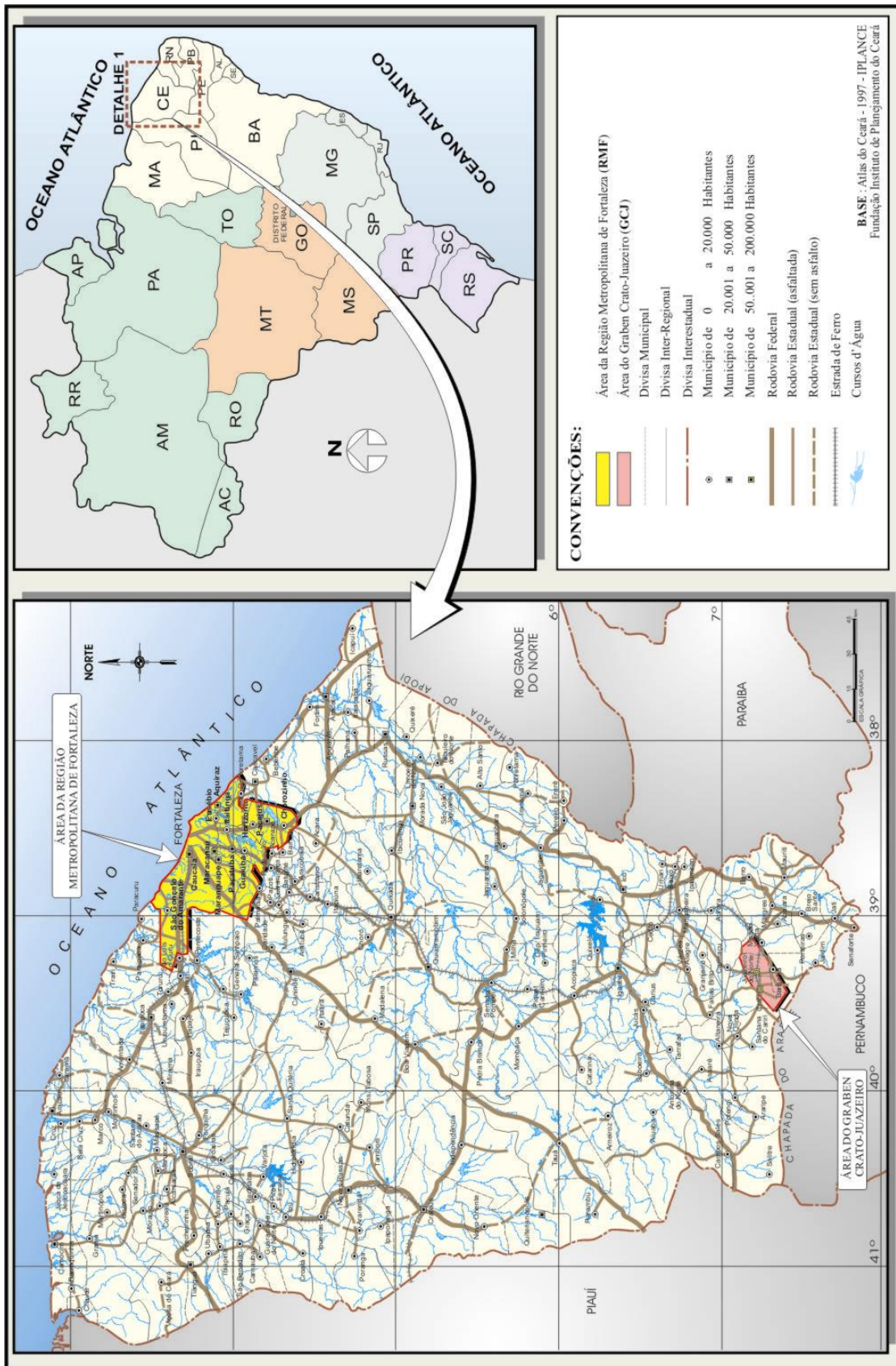


Figura 1.1 - Localização e distribuição das áreas de estudo abordadas no Estado do Ceará.

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

Em 2000, este sistema de distribuição era responsável pelo atendimento de cerca de 72% das demandas totais existentes, consolidadas pelo consumo doméstico, industrial e dessedentação de animais. Registra-se que a demanda de irrigação é inexpressiva nesta região, uma vez que ocorre essencialmente a agricultura de subsistência, que acaba sendo computada como demanda doméstica. Assim, no referido ano, cerca de 28% das demandas eram atendidas por águas subterrâneas (através de poços tubulares e cacimbas), principalmente aquelas relacionadas ao consumo doméstico e industrial. Desse percentual, cerca de 6,5% das águas subterrâneas eram ofertadas pelo sistema público, enquanto o sistema privado garantia cerca de 21,5% da oferta (COGERH, 2001; GOLDBER/PIVOT, 2005a).

Ademais, cabe ressaltar que na **RMF**, em função de suas características geológicas, climatológicas e de ocupação do meio ambiente físico, a escassez dos recursos hídricos tem sido pauta de constantes estudos, discussões e conflitos. Neste cenário, as águas subterrâneas sempre assumiram um papel de importância estratégica, mesmo diante de condições de distribuição e ocorrência desfavoráveis e de desconhecimento de seu potencial integrado. Apesar de existirem diversos estudos que tratam especificamente sobre a questão das águas subterrâneas nesta região (*e.g.* CAMPOS & MENEZES, 1982; BIANCHI *et al.*, 1984; IPLANCE, 1997; CAVALCANTE, 1998; CAVALCANTE *et al.*, 2000; CPRM, 1998, 1999a, 2000), reconhece-se a falta de estudos integrados sobre as suas disponibilidades, que agreguem conhecimento para o desenvolvimento de estruturas de gerenciamento voltadas para o planejamento de sua utilização e a proteção dos sistemas aquíferos explorados.

Por sua vez, o segundo domínio abordado (*i.e.* Graben Crato-Juazeiro – **G CJ**) corresponde a uma unidade morfotectônica localizada na porção sul do estado do Ceará (Figura 1.1), ocupando uma área de aproximadamente 886 km² e englobando, predominantemente, parte dos territórios dos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Nestes municípios, a população total residente é da ordem de 364.000 habitantes (aproximadamente 5% da população total cearense), sendo a maioria ocupante de áreas urbanas (cerca de 87% da população total destes municípios – IBGE, 2000).

Na área do **G CJ**, as águas subterrâneas captadas artificialmente (poços tubulares e cacimbas) ou oriundas de exutórios naturais (nascentes), sempre tiveram ampla utilização, uma vez que os municípios inseridos em seu domínio são totalmente dependentes dos mananciais subterrâneos para atendimento pleno de suas demandas, consolidadas pelo consumo doméstico, de irrigação, industrial e dessedentação de animais. Em contraposição, as águas

superficiais sempre assumiram um papel de importância secundária, haja vista a sua ocorrência restrita a pequenos açudes e a sua intermitência nos córregos e rios da região.

De fato, nesta região existem diversos estudos que demonstram a existência de condições geológicas e climatológicas favoráveis à formação de um sistema aquífero com grande potencial, em quantidade e qualidade, caracterizando um cenário de aparente fartura de águas subterrâneas. Ao mesmo tempo, estas condições inibem a ocorrência do recurso hídrico superficial, dadas as altas taxas de infiltração e de evapotranspiração registradas. Contudo, mesmo com uma fartura aparente, o potencial de produção na área do **GCJ** encontra-se ameaçado pela má utilização dos sistemas aquíferos locais, caracterizada pela exploração descontrolada dos mananciais subterrâneos e pela gradativa perda de qualidade de suas águas.

Pela apresentação destes dois casos, acredita-se que este estudo tem a capacidade de abranger contextos distintos de distribuição, ocorrência e utilização das águas subterrâneas, propiciando a análise de situações que englobam tanto os aspectos associadas à fartura quanto à escassez relativa de recursos hídricos, bem como os diversos aspectos inerentes ao gerenciamento integrado de águas subterrâneas.

1.2 - Objetivos

O objetivo principal deste estudo consiste em desenvolver uma metodologia que favoreça a proposição de critérios gerais orientadores para a definição de áreas estratégicas de abastecimento, dadas as demandas e as disponibilidades hídricas subterrâneas de uma determinada região. Neste sentido, busca-se abranger e correlacionar os mais variados aspectos inerentes ao gerenciamento integrado de águas subterrâneas (quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, integração com as águas superficiais), em conformidade com os princípios, conceitos e tendências atuais, estabelecidos no cenário internacional e no cenário nacional de gerenciamento de recursos hídricos.

Em termos específicos, este estudo visa contribuir para o estabelecimento de critérios específicos para o gerenciamento das águas subterrâneas em duas áreas distintas e localizadas no Estado do Ceará, quais sejam: 1) a Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**); e, 2) o Graben Crato-Juazeiro (**GCJ**). Em ambos os casos, espera-se fornecer subsídios para garantir o aproveitamento racional e sustentável dos mananciais subterrâneos, oferecendo um sistema estratégico, em termos de quantidade e qualidade, que possa ser utilizado em situações de

demanda normal ou emergencial, e ainda para o caso de ocorrência de possíveis colapsos no sistema principal de abastecimento de água, provocados por fatores naturais (secas, inundações) ou antrópicos (poluição, contaminação).

Cabe ressaltar que a experiência adquirida e os procedimentos aplicados nestes casos regionais servirão de base para propor critérios mais abrangentes que possam ser utilizados em outras regiões do país. Com isto, espera-se fornecer instrumentos aplicáveis à gestão das águas subterrâneas, favorecendo a integração de seus diferentes aspectos e corroborando o seu enquadramento nos Planos de Bacias Hidrográficas, como determina o documento oficial da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal Nº 9.433/97).

1.3 - Justificativas

No atual cenário mundial, uma das principais questões em voga refere-se à preocupação em preservar o meio ambiente natural, com o intuito de garantir a disponibilidade de recursos essenciais para o desenvolvimento e a manutenção da vida em geral. A partir desta preocupação, em muitas esferas de atuação (nacional, regional e local) vem sendo introduzido e promovido o conceito de sustentabilidade no manejo ambiental, que, em linhas gerais, visa avaliar e proteger os recursos naturais disponíveis, para provento atual e das gerações futuras.

Sob esta perspectiva de pensamento globalizado, destacam-se os esforços direcionados para a avaliação e proteção dos diversos reservatórios de água do planeta, principalmente daqueles responsáveis pela acumulação de águas doces. Para tanto, tem-se considerado a distribuição, ocorrência e os principais usos da água, que variam em função de condições específicas de um determinado país, região ou localidade. Essas condições (climáticas, geológicas, socioeconômicas) determinam as situações de fartura ou escassez de recursos hídricos, bem como o grau de utilização das reservas hídricas superficiais e subterrâneas.

No caso específico das águas subterrâneas, além de sua importância para atendimento dos usos múltiplos da água, destaca-se ainda o seu papel como agente acelerador do desenvolvimento econômico e social de regiões extremamente carentes do planeta, com destaque onde os fatores climáticos e geológicos têm um forte impacto sobre as disponibilidades hídricas superficiais. Este é o caso, por exemplo, de regiões áridas, como na Austrália, e, até mesmo, de regiões desérticas, como na Líbia, onde cidades e grandes projetos de irrigação têm as suas demandas de água atendidas plenamente por poços tubulares profundos (*e.g.* UNESCO, 1998).

No cenário brasileiro, situação semelhante ocorre nos territórios afetados pelo chamado Polígono das Secas, instituído pela Lei Federal 1.348, de 10 de Fevereiro de 1957, que engloba totalmente o Estado do Ceará e, parcialmente, os estados do Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, e, atualmente, o norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (*e.g.* CPRM, 1999b).

O Polígono das Secas (região semi-árida do país) é caracterizado pela escassez dos recursos hídricos de superfície, resultante das baixas precipitações pluviométricas, que além de concentradas em uma única e geralmente curta estação úmida, apresentam irregularidades interanuais, responsáveis por secas periódicas de efeitos, muitas vezes, catastróficos. Por outro lado, a região também está sujeita a taxas de evapotranspiração potencial muito elevadas, podendo atingir um valor da ordem de 90% (*e.g.* IPLANCE, 1997). Aliando-se a este contexto climático castigante, destacam-se também as condições geológicas existentes, uma vez que estas regiões apresentam o seu subsolo constituído, em sua maioria (cerca de 70%), por rochas ígneas e metamórficas genericamente chamadas de cristalinas, de reduzida vocação hidrogeológica, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade.

Os aspectos climáticos e geológicos desfavoráveis são apenas uma parcela do problema recorrente nesta região do País. Neste sentido, REBOUÇAS (1997) afirma textualmente que:

As condições físico-climáticas que predominam na região Nordeste do Brasil podem, relativamente, dificultar a vida, exigir maior empenho e maior racionalidade na gestão dos recursos naturais em geral, e da água em particular, mas não podem ser responsabilizadas pelo quadro de pobreza amplamente e sofridamente tolerado. Destarte, o que mais falta no semi-árido do Nordeste Brasileiro não é água, mas determinado padrão cultural que agregue confiança e melhore a eficiência das organizações públicas e privadas envolvidas nos negócios da água.

Corroborando esta citação, outros autores ressaltam que a água constitui-se em um recurso estratégico e vital para o desenvolvimento humano nesta região do Brasil, mas se encontra ainda à espera de uma política de decisões mais consistentes e contínuas, que possa aumentar sua oferta, garantir a sua qualidade e permitir a formação de uma infra-estrutura que ajude as populações afetadas a conviver com os efeitos danosos provocados por sua escassez (*e.g.* CAVALCANTE, 1998; FRANGIPANI & CAVALCANTE, 2000; ZOBY & MATOS, 2002).

Neste cenário de escassez relativa dos recursos hídricos estão inseridas as áreas adotadas para o desenvolvimento do estudo ora proposto. Contudo, cabe ressaltar que as regiões de fartura

relativa de recursos hídricos encontram-se carentes da mesma iniciativa, pois entende-se que o gerenciamento também deva ser desenvolvido e praticado nesta condição, principalmente, para garantir os aspectos relacionados à qualidade e prevenir contra possíveis situações de escassez no futuro, ocasionadas pela má utilização das reservas.

Esta estratégia vem sendo difundida na atual política brasileira de recursos hídricos e visa garantir o uso e a proteção destes recursos através do planejamento integrado. Neste sentido, tem-se destacado que os planos de gerenciamento devam ser implementados por meio da legislação ambiental e de diversos instrumentos específicos, particularmente a outorga e cobrança pelo uso da água (SRH/MMA, 2002).

Entretanto, apesar de contar com um arcabouço legal e institucional bastante avançado, observa-se que existem ainda grandes desafios técnicos para a implementação desta política, especialmente, para os temas pertinentes às águas subterrâneas. Diante de tal contexto, justifica-se a realização deste estudo, pois acredita-se que um dos principais esforços da atual política brasileira de recursos hídricos deva estar direcionado para vencer os preconceitos existentes e quebrar este círculo vicioso de falta de ciência dirigida à questão do gerenciamento integrado de águas subterrâneas.

1.4 - Originalidade

A política brasileira de recursos hídricos sofreu grandes transformações ao longo de sua história. Neste percurso, reconhece-se que os modelos gerenciais se tornaram mais complexos, possibilitando uma abordagem cada vez mais eficiente dos problemas relacionados à água. Nos últimos anos, estas transformações se fizeram presentes com a promulgação da Lei Federal Nº 9.433, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

Mesmo com esta nova lei em rigor, percebe-se que alguns vícios continuam existindo no País, dificultando o processo de implementação dos instrumentos e mecanismos propostos para o gerenciamento integrado de recursos hídricos. Isto porque, no cenário pregresso, nota-se que sempre houve uma tendência de dissociação entre o gerenciamento das águas superficiais e subterrâneas. Em parte, esta tendência se referia à dificuldade na obtenção de informações hidrogeológicas representativas e, mais ainda, à dificuldade de aplicação dos instrumentos de gestão propostos, e de conciliação destes instrumentos no tratamento conjunto de questões relacionadas aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

No atual cenário, reconhece-se uma evolução na proposição de instrumentos (legais e institucionais) amortizadores da disparidade na relação entre águas superficiais e subterrâneas (*i.e.* estabelecimento da indissociabilidade entre águas superficiais e subterrâneas; e, adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento – *e.g.* COSTA & SANTOS, 2000). Contudo, resquícios da tendência de dissociação são ainda percebidos, uma vez que a ausência de dados específicos sobre as águas subterrâneas prevalece sendo uma barreira. Isto acentua o tratamento dispensado às águas superficiais e retarda o processo de integração entre os recursos hídricos.

Posto isto, em termos de originalidade, este estudo se destaca pelo objetivo geral proposto. Qual seja: “...desenvolver uma metodologia que favoreça a proposição de critérios gerais orientadores para a definição de áreas estratégicas de abastecimento... buscando-se abranger e correlacionar os mais variados aspectos inerentes ao gerenciamento integrado de águas subterrâneas (*i.e.* quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, integração com as águas superficiais)”. Entende-se aqui que tal objetivo retrate um dos principais aspectos necessários para se promover a gestão integrada dos recursos hídricos, conforme disposto na atual legislação brasileira.

Além disso, considerando a importância dos recursos hídricos subterrâneos no contexto dos domínios abordadas (*i.e.* **RMF** e **G CJ**), acredita-se que a originalidade deste trabalho resida também na sua capacidade de abranger e integrar vários estudos específicos, gerando um conhecimento mais amplo a respeito do tema nos respectivos domínios, com um caráter de iniciativa inédita no Estado do Ceará.

2 - METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foram executados diferentes estudos, com o intuito de obter subsídios para a concretização dos objetivos propostos. Dessa maneira, a metodologia empregada consistiu na integração das seguintes atividades:

- Levantamento bibliográfico e cartográfico;
- Caracterização geral das áreas de estudo;
- Definição e caracterização de áreas críticas de abastecimento;
- Definição e caracterização de áreas potencialmente estratégicas de abastecimento;
- Caracterização de áreas estratégicas de abastecimento; e,
- Proposição de critérios gerais orientadores.

A seguir, apresenta-se uma descrição detalhada das atividades relacionadas acima, organizadas de maneira a propiciar a coleta e integração das informações pertinentes e necessárias à realização deste trabalho.

2.1 - Levantamento Bibliográfico e Cartográfico

Esta etapa consistiu na revisão crítica da literatura, buscando reunir e descrever as informações disponíveis a respeito do tema principal abordado (gerenciamento integrado dos recursos hídricos). Neste sentido, foi apresentado um quadro geral sobre o tema, caracterizando a sua evolução pela atuação de organizações internacionais e pela experiência de alguns países desenvolvidos. A partir disso, foi contextualizado o cenário atual sobre a gestão de recursos hídricos, apresentando os conceitos, princípios e tendências estabelecidas.

Esta etapa consistiu ainda em avaliar o contexto evolutivo do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil, descrevendo a sua experiência própria na proposição de instrumentos legais e institucionais, através do reconhecimento dos modelos de gerenciamento já praticados no país, e ressaltando a influência decorrente de experiências de outros países. A partir disso, foi apresentado o cenário atual brasileiro no que se refere à sua política de gerenciamento dos recursos hídricos, destacando-se a posição das águas subterrâneas e os mecanismos disponíveis (legais e institucionais) para o estabelecimento de uma estratégia adequada para o aproveitamento racional e a proteção de seus mananciais. Neste contexto, uma atenção particular foi dada ao Estado do Ceará, onde se inserem as áreas abordadas neste estudo.

A pesquisa bibliográfica envolveu também a busca por trabalhos específicos realizados no âmbito das áreas de estudo, visando sistematizar o conhecimento sobre aspectos pertinentes ao meio ambiente natural e antrópico, e direcionar a coleta de informações complementares voltadas para a caracterização dos cenários hidrogeológicos em questão. Aliando a isto, destaca-se ainda a busca por mapas diversos, em escala compatível com as áreas abordadas, a exemplo de mapas geológicos, plani-altimétricos, geomorfológicos e outros, os quais foram integrados e/ou modificados para a elaboração das bases cartográficas a serem utilizadas.

2.2 - Caracterização Geral das Áreas de Estudo

A caracterização das áreas de estudo consistiu numa das etapas mais importantes deste trabalho. Nesta etapa, foi apresentada uma visão geral e sistematizada sobre os principais aspectos físicos, considerados importantes para caracterizar o cenário hidrogeológico de cada área (caracterização do meio ambiente natural). Assim, tal caracterização envolveu a descrição de informações e dados sobre temas diversos (geologia, hidrogeologia, hidrografia, hidrologia, climatologia e geomorfologia), obtidos pelo levantamento bibliográfico específico.

Além disso, foi apresentado ainda um panorama geral sobre o uso e ocupação do meio ambiente físico (caracterização do meio ambiente antrópico). A partir disto, espera-se conseguir informações suficientes para compor o cenário socioeconômico nas áreas abordadas e, assim, favorecer a identificação e caracterização de áreas críticas de abastecimento, em função das demandas crescentes por água, dadas pelo crescimento populacional e alavancadas pelos processos de urbanização e industrialização.

Cabe ressaltar ainda que, nesta etapa, foram considerados dados de levantamentos complementares realizados no âmbito das áreas de interesse, para cobrir a falta de informações pré-existentes. Estes levantamentos foram executados pela consultoria contratada (GOLDER/PIVOT, 2005a; 2005b) e envolveram a abordagem de temas específicos, definidos de acordo com a necessidade de informações em cada área, quais sejam: cadastramento das fontes de abastecimento por águas subterrâneas; realização de testes de bombeamento; detalhamento geológico-estrutural; levantamento geofísico; caracterização físico-química preliminar; e, levantamento sobre uso e ocupação dos solos.

Estes estudos complementares não são apresentados na íntegra aqui, por serem muito extensos. Neste caso, os principais resultados produzidos foram incorporados na caracterização de aspectos relacionados ao meio ambiente natural e antrópico.

2.3 - Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento

O conceito de Áreas Críticas de Abastecimento relaciona-se às condições normais de desenvolvimento socioeconômico de uma determinada região (crescimento populacional; desenvolvimento agrícola, urbano e industrial), bem como de expansão do sistema integrado de abastecimento de água, destinado ao atendimento das demandas existentes (doméstica, industrial, irrigação e dessedentação de animais).

Relaciona-se ainda às possíveis condições emergenciais de atendimento das demandas, decorrentes de causas naturais (secas, inundações) ou antrópicas (poluição, contaminação), gerando transtornos e eventuais colapsos no sistema de abastecimento principal. Estas condições emergenciais podem ser decorrentes ainda da ocorrência de eventos excepcionais, relacionados ao crescimento populacional e ao uso e ocupação do meio físico, provocando um aumento inesperado das demandas.

De uma maneira geral, esta atividade consistiu em um estudo sobre as demandas e a capacidade instalada no sistema de abastecimento (superficial e/ou subterrâneo) para atendê-las, em condições de desenvolvimento normal ou emergencial.

Posto isto, cabe ressaltar que a definição e caracterização das áreas críticas de abastecimento se constitui numa etapa chave deste estudo, uma vez que todo o processo de avaliação dependerá das condições de demandas, e de capacidade de atendimento das mesmas, a serem identificadas e descritas. Para tanto, foram considerados os dados sobre uso e ocupação do meio físico para compor projeções de crescimento populacional e de consumo da água dos diversos setores usuários, conforme as condições socioeconômicas de cada região investigada. Além disso, foram usados ainda os dados oficiais disponíveis sobre a infra-estrutura hídrica atual e projetada para atendimento das demandas nas respectivas áreas, identificando, neste contexto, a contribuição das águas superficiais e subterrâneas na composição do sistema integrado de abastecimento.

Assim, com base na comparação entre as projeções de demandas e a capacidade instalada para atendê-las (sistema integrado de abastecimento – águas superficiais e subterrâneas) espera-se identificar e caracterizar as áreas críticas, de maneira a reconhecer as deficiências hídricas, atuais e futuras, e a ressaltar o papel estratégico das águas subterrâneas como fonte plena ou complementar para o abastecimento.

2.4 - Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento

O conceito de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento relaciona-se à caracterização dos sistemas hidrogeológicos de uma determinada região, com suas respectivas capacidades de produção de água, em quantidade e qualidade. Sendo assim, consiste em um estudo sobre a disponibilidade hídrica, que enfoca dois aspectos distintos.

O primeiro aspecto relaciona-se à identificação de áreas que possam ser utilizadas para a exploração de águas subterrâneas, através de poços criteriosamente locados e com projeto técnico-construtivo adequado (aspecto quantitativo). O segundo, relaciona-se à identificação de áreas com problemas pertinentes à poluição/contaminação e que, num primeiro momento, necessitam de tratamento apropriado para serem utilizadas (aspecto qualitativo).

A partir da combinação destes aspectos, as áreas potencialmente estratégicas de abastecimento foram hierarquizadas, em termos quantitativos e qualitativos, para se avaliar a possibilidade de atendimento das demandas, seja de maneira plena ou complementar. Vale ressaltar ainda que a escolha destas áreas independe da escolha das áreas críticas de abastecimento. Neste caso, as áreas potencialmente estratégicas foram preliminarmente definidas a partir de critérios técnicos específicos, envolvendo a análise das informações coletadas no cadastro das fontes de abastecimento por águas subterrâneas, bem como o conhecimento específico sobre os sistemas hidrogeológicos avaliados, com suas respectivas capacidades de produção de água, em quantidade e qualidade. Para tanto, os critérios técnicos considerados foram os seguintes:

- **Critério Vazão:** a partir do banco de dados composto pela integração do cadastro das fontes de abastecimento por água subterrânea (poços, cacimbas e nascentes), foram selecionados os pontos com vazões acima da média para os sistemas aquíferos considerados, e com representatividade espacial dentro dos domínios avaliados (*i.e.* **RMF** e **GCJ**). Neste caso, buscou-se avaliar preliminarmente o aspecto quantitativo das áreas a serem definidas.
- **Critério Qualidade:** considerando também o banco de dados sobre as fontes de abastecimento por água subterrânea, foram selecionados os pontos com dados qualitativos preliminares (condutividade elétrica, temperatura, pH, oxigênio dissolvido), comumente coletados durante o cadastramento. No entanto, adianta-se que estes dados não foram suficientes, assim utilizou-se também os dados produzidos em um estudo complementar de caracterização físico-química, que incorporou grande parte dos pontos definidos pelo

Critério Vazão. Neste caso, buscou-se avaliar preliminarmente o aspecto qualitativo das áreas a serem definidas.

- **Critério Conhecimento Específico dos Sistemas Aquíferos:** consistiu na correlação das informações preliminares (quantitativas e qualitativas) com uma base geológica georreferenciada, gerando informações sobre a distribuição espacial dos sistemas aquíferos, constituição litológica e aspectos estruturais, os quais foram usados para a definição preliminar dos contornos das áreas a serem definidas.

Além disso, cabe ressaltar que com o desconhecimento das condições de uso dos poços e da qualidade das águas que são extraídas, foi necessária a implantação de um sistema de monitoramento, no tempo e no espaço, para coleta de dados quantitativos e qualitativos. Neste contexto, a fim de assegurar a adequação dos poços para a finalidade de monitoramento dos sistemas aquíferos considerados, a escolha dos mesmos fundamentou-se nos dados gerados com a definição preliminar das áreas estratégicas, mas obedeceu-se também a uma ordem de prioridade de critérios. Quais sejam:

- **Importância da Área:** foram priorizados os poços localizados em áreas potencialmente estratégicas ou relevantes do ponto de vista do abastecimento atual ou futuro da região; ou ainda áreas onde o aquífero apresentou alta vulnerabilidade à exploração e/ou à degradação da qualidade de suas águas subterrâneas.
- **Dados Disponíveis:** foram priorizados poços com perfil construtivo e litológico completo, a fim de possibilitar a interpretação dos dados do monitoramento e a sua correlação com as unidades geológicas produtoras.
- **Capacidade de Produção:** uma vez obedecidos os critérios acima, foram priorizados os poços com maior capacidade de produção, em função da sua importância local para o abastecimento e da maior possibilidade de ocorrência de impactos potenciais no aquífero.

Com base no exposto acima, apresenta-se, a seguir, o processo de avaliação dos aspectos qualitativos e quantitativos das águas subterrâneas, que foi utilizado para a definição e caracterização das áreas potencialmente estratégicas de abastecimento.

2.4.1 - Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas

O objetivo geral desta tarefa consistiu em fazer uma caracterização qualitativa das águas subterrâneas nas áreas abordadas neste estudo, com base nos dados dos parâmetros hidroquímicos coletados com o monitoramento da rede implantada. Esta caracterização veio também para dar um suporte maior aos critérios usados para a escolha preliminar das áreas

potencialmente estratégicas, de maneira a avaliar as fronteiras que foram definidas e, assim, confirmar ou redefinir os limites físicos inicialmente propostos. Com isto, espera-se conhecer as potencialidades hídricas dos sistemas aquíferos considerados, em termos de seus aspectos qualitativos, com o intuito de permitir um planejamento estratégico e um aproveitamento racional de suas reservas hídricas subterrâneas.

A implantação da referida rede de monitoramento qualitativo possibilitou a coleta manual de dados, contemplando 200 poços na **RMF** e 60 poços na área do **GCJ**. Estes poços foram monitorados em 8 campanhas consecutivas, gerando informações, com representatividade espacial e temporal, sobre diversos parâmetros hidroquímicos (*i.e.* Temperatura, T (°C); Potencial Hidrogeniônico, pH; Oxigênio Dissolvido, OD (mgO₂/L); Condutividade Elétrica, CE (μS/cm); Sólidos Totais Dissolvidos, STD (mg/L); Nitratos, NO₃⁻ (mgN-NO₃⁻/L); Amônia, NH₃ (mgNH₃/L); e, Cloretos, Cl⁻ (mgCl/L)).

A coleta destes dados obedeceu a uma mesma metodologia para todos os pontos monitorados. Os parâmetros T, CE, pH, OD, NO₃⁻, NH₃ e Cl⁻ foram medidos, *in situ*, com uso de uma sonda multi-sensores. Para tanto, a amostra de água bruta era coletada em um *becker* de 500 mililitros, devidamente lavado com a água a ser amostrada. Em seguida, a sonda era lavada com água deionizada, introduzindo-a no recipiente. Já os valores de Sólidos Totais Dissolvidos, STD, foram obtidos pela conversão dos valores medidos de Condutividade Elétrica, CE, conforme procedimento descrito na literatura (*e.g.* HEM, 1970; FREEZE & CHERRY, 1979).

Estes parâmetros hidroquímicos foram avaliados sob o ponto de vista de diversos autores, de acordo com os dados disponíveis na literatura clássica (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; STUMM & MORGAN, 1981; CUSTODIO & LLAMAS, 1983; CETESB, 1990; FETTER, 1994; DOMENICO & SCHWARTZ, 1997; FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997). Além disso, em se tratando de águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, foram considerados ainda, nesta avaliação, os critérios de classificação e os padrões de potabilidade das águas, conforme estabelecido pela legislação brasileira (*e.g.* Resolução CONAMA N°20, de 18 de junho de 1986; e, Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004).

A partir do contexto gerado por esta avaliação geral, foram selecionados os parâmetros de maior interesse para o estabelecimento de índices relativos de qualidade das águas subterrâneas para consumo humano, conforme critérios específicos a serem apresentados

oportunamente. A seguir, faz-se a caracterização dos parâmetros hidroquímicos que foram analisados, apresentando as suas definições, conceitos e padrões ambientais, bem como enfatizando os seus aspectos naturais e, quando pertinente, os efeitos da poluição/contaminação em seus comportamentos específicos.

2.4.1.1 - Temperatura da Água, T

A temperatura da água, T (°C), pode influir no retardamento ou aceleração da atividade biológica, na absorção de oxigênio e na precipitação de compostos. Sob este ponto de vista, em se tratando de águas subterrâneas, a temperatura tem influência direta sobre os valores de STD, CE, pH, e OD, porque a sua variação pode afetar as reações naturais que ocorrem com o meio geológico, alterando as características geoquímicas e biológicas das águas. Tais reações naturais incluem: a) reação de ácido-base; b) precipitação e dissolução de minerais; c) sorção e troca iônica; d) reação de oxidação-redução; e) biodegradação; e, f) dissolução de gases (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; STUMM & MORGAN, 1981; CUSTODIO & LLAMAS, 1983; DOMENICO & SCHWARTZ, 1998).

Neste sentido, constata-se que a quantidade de sais dissolvidos na água aumenta com a temperatura, devido a reações de dissolução de minerais e de troca iônica. Além disso, faz com que aumente também os valores medidos de condutividade elétrica, em função da maior quantidade de sais dissolvidos; e, de pH, em função da dissolução de gases e dissolução de sais na água. Em contraposição, favorece a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, o qual, comumente, é consumido em diversas reações.

Apesar da influência da temperatura em outros parâmetros hidroquímicos, a amplitude térmica nas águas subterrâneas geralmente é baixa (entre 1 e 2 °C) e independe da temperatura atmosférica, a não ser nos aquíferos livres pouco profundos, onde a temperatura é um pouco superior à da superfície. Em profundidade, a temperatura da água depende do grau geotérmico, que em média varia cerca de 1°C a cada 30 metros (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; CUSTODIO & LLAMAS, 1983; FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997).

2.4.1.2 - Potencial Hidrogeniônico, pH

O potencial hidrogeniônico, pH, é um termo usado para expressar a intensidade da condição ácida (H^+) ou alcalina (OH^-) de uma solução, em termos da concentração de íons de hidrogênio H^+ . O pH é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons de hidrogênio, conforme a seguinte expressão (Eq. 2.1):

$$pH = -\log[H^+] \quad (2.1)$$

O pH é considerado uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de se interpretar, devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Em geral, nas águas naturais o pH é alterado pelas concentrações de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, gerando valores baixos de pH; e, das reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. Em outros termos, o pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade das águas, sendo portanto, controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio dos íons presentes na água (*e.g.* FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997).

No caso das águas subterrâneas, a medida do pH como variável ambiental pode ser avaliada em função do pH das águas das chuvas, que efetivamente contribuem para a recarga dos aquíferos. Neste sentido, em áreas não-urbanas e não industrializadas o pH das águas de chuva comumente varia entre 5 e 6, podendo-se assumir um valor médio característico de 5,5. Já em áreas industrializadas e urbanizadas o pH das águas de chuva pode ser muito inferior a este valor médio característico, variando freqüentemente entre 3 e 4 (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979). Sendo assim, pode-se considerar que as águas subterrâneas com valores de pH dentro de uma faixa de variação entre 5 e 6 são águas recentes, oriundas da infiltração das águas das chuvas.

De uma maneira geral, as águas subterrâneas têm comumente valores de pH situados entre 5,5 e 8,5 (*e.g.* FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997). Desvios muito próximos desta faixa de variação podem ser interpretados como alterações químicas sofridas durante a percolação das águas através de um meio geológico muito específico; pela influência atmosférica, quando da precipitação de chuvas ácidas por exemplo; e, pela influência da atividade humana, como o lançamento de esgotos sanitários e a presença lixões (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997).

2.4.1.3 - Oxigênio Dissolvido, OD

O oxigênio dissolvido, OD (mg/L), é a medida do oxigênio proveniente da atmosfera que se dissolve nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo, caracterizado pela Lei de Henry, define a concentração de saturação de um gás na água em função da temperatura (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; STUMM & MORGAN, 1981), de tal modo que (Eq. 2.2):

$$C_{sat} = \alpha \times P_{gás} \quad (2.2)$$

Onde:

C_{sat} = concentração de oxigênio dissolvido na água;

α = constante que varia inversamente proporcional à temperatura; e,

$P_{gás}$ = pressão parcial exercida, pelo oxigênio, sobre a superfície da água.

O oxigênio, considerando a sua participação de 21% na atmosfera, exerce uma pressão parcial de 0,21 atm. Assim, para 20°C, por exemplo, α é igual a 43,9 e, portanto, a concentração de saturação de oxigênio, em uma água superficial, é dada por: $C_{sat} = 43,9 \times 0,21 = 9,2$ mg/L.

Em águas superficiais, a taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido depende também das características hidráulicas e é proporcional à velocidade de escoamento, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa. Já nas águas subterrâneas, a concentração de oxigênio é essencialmente função da temperatura, da pressão e do total de sais dissolvidos na água. É muito comum encontrar tabelas apresentando as concentrações de saturação de oxigênio em função destes parâmetros (*e.g.* USGS, 1998).

No Estado do Ceará, as águas subterrâneas apresentam-se comumente com temperaturas mais elevadas, entre 28 e 30 °C, fazendo com que o valor de α seja menor (em torno de 38,1) e, conseqüentemente, que a concentração de saturação do oxigênio na água seja da ordem de 8,0 mg/L. No entanto, na maioria das águas subterrâneas, o oxigênio está dissolvido em pequena quantidade, com teores entre 0,0 e 5,0 mg/L, porque a maior parte que consegue infiltrar no solo é consumida na oxidação da matéria orgânica, durante a sua percolação pela zona de aeração.

2.4.1.4 - Amônia, NH₃

A amônia, NH₃ (mg/L), corresponde ao estágio inicial da decomposição da matéria orgânica e, por conseguinte, a sua presença nas águas subterrâneas é indicativa da contaminação recente, por influência da atividade humana (*e.g.* MOTA, 1995; VON SPERLING, 1995). A exemplo do nitrato, a amônia também ocorre em pequenos teores nas águas naturais, sendo o seu limite máximo permitido, nas águas destinadas ao consumo humano, igual a 1,5 mg/L (padrão de potabilidade das águas – Portaria N° 518, do Ministério da Saúde). Sendo assim,

valores acima do limite estabelecido pela Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, classificam as águas como impróprias ao consumo humano direto. Além disso, indicam a presença de uma fonte poluidora muito próxima.

Por outro lado, no caso de lançamentos de efluentes, de qualquer fonte poluidora, para as águas superficiais, o limite máximo permitido para a amônia atualmente é de 5,0 mg/L (Resolução N° 20, do CONAMA). Com a reformulação desta resolução, que se encontra em andamento, este limite passará para 20,0 mg/L (limite para lançamento em águas superficiais).

2.4.1.5 - Nitrato, NO₃⁻

As principais formas em que o nitrogênio se apresenta nas águas são: nitrato (NO₃⁻); nitrito (NO₂); amônia (NH₃); íon amônio (NH₄⁺); óxido nitroso (N₂O); e, nitrogênio orgânico dissolvido (aminas, aminoácidos e etc.) e particulado (bactérias e detritos). Estas formas de nitrogênio podem originar-se de várias fontes, tais como: da chuva; de material orgânico e inorgânico de origem alóctone; de esgotos domésticos e industriais; e, da drenagem de áreas fertilizadas.

No caso específico do nitrato, NO₃⁻ (mg/L), a sua presença nas águas naturais é decorrente, principalmente, da decomposição final da matéria orgânica. De um modo geral, o nitrato ocorre em pequenos teores nas águas naturais, variando geralmente entre 0,1 e 10,0 mg/L. Valores acima deste limite, além de serem indicativos de alterações causadas pela ação antrópica, podem produzir, em crianças, a cianose, ou metahemoglobinemia, que se caracteriza pela descoloração da pele, decorrente de alterações no sangue (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; FETTER, 1994; DOMENICO & SCHWARTZ, 1997; FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997). Conforme estabelece a Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, o limite máximo de nitrato permitido nas águas destinadas ao consumo humano é de 10,0 mg/L. Valores acima disso caracterizam as águas como impróprias ao consumo humano direto.

Ademais, cabe ressaltar que as diferentes formas de nitrogênio encontradas na água podem ser utilizadas como indicadores de sua qualidade sanitária. Neste sentido, os compostos de nitrogênio na forma orgânica ou de amônia referem-se à poluição recente, enquanto que na forma de nitrito e nitrato referem-se à poluição mais remota (*e.g.* MOTA, 1995; VON SPERLING, 1995).

2.4.1.6 - Cloreto, Cl⁻

O cloreto, Cl⁻ (mg/L), é o ânion que se apresenta nas águas subterrâneas, principalmente, pela percolação, através de solos e rochas, de águas superficiais contaminadas. Neste caso, as descargas de esgotos sanitários constituem-se nas suas principais fontes, uma vez que cada pessoa expele, pela urina, cerca de 6g de cloreto por dia. Isto faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15 mg/L (*e.g.* CETESB, 1990).

Outras fontes de cloreto nas águas superficiais são os efluentes industriais, como: os da indústria do petróleo; os de algumas indústrias farmacêuticas; e, os de curtumes. Além disso, nas regiões costeiras, a constatação de elevados teores de cloreto nas águas subterrâneas pode ser indicativa da intrusão da cunha salina ou da deposição de aerossóis marinhos. Em regiões mais afastadas da zona costeira também pode vir a ocorrer o aumento dos teores de cloreto nas águas subterrâneas, em função de aerossóis marinhos trazidos por correntes de vento oceânico.

O cloreto provoca um sabor salgado na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar este sabor em concentrações da ordem de 250 mg/L. Além disso, as águas com altos teores de cloreto provocam reações fisiológicas se ingeridas em quantidade; são prejudiciais às plantas, inibindo o seu crescimento; e, são corrosivas, atacando estruturas metálicas.

Segundo a Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, a concentração de cloreto constitui-se em padrão de potabilidade para as águas de abastecimento público, sendo o seu valor máximo permitido de 250,0 mg/L. As águas subterrâneas apresentam, geralmente, teores de cloreto inferiores a 100,0 mg/L. Contudo, em função de sua alta solubilidade e do lento movimento das águas no aquífero, podem ocorrer aumentos gradativos e constantes de seus teores na direção do fluxo subterrâneo. Assim, valores acima de 100,0 mg/L podem ser tomados como referência para indicar esta tendência (*e.g.* FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997).

2.4.1.7 - Condutividade Elétrica, CE, e Sólidos Totais Dissolvidos, STD

A Condutividade Elétrica, CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$), é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Ela depende das concentrações iônicas e da temperatura, e indica a quantidade de sais dissolvidos na água, podendo servir ainda como uma medida indireta da concentração de poluentes (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997). Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são indicativos de

ambientes impactados (e.g. CETESB, 1990). A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos componentes.

Os Sólidos Totais Dissolvidos, STD, corresponde ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. De uma maneira geral, à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados à água, a condutividade elétrica aumenta. Portanto, existe uma relação de proporcionalidade entre a condutividade elétrica, CE, e os sólidos totais dissolvidos, STD. Esta relação é expressa da seguinte maneira (Eq. 2.3 – HEM, 1970):

$$STD = \beta \times CE \quad (2.3)$$

Onde:

STD = concentração de sólidos totais dissolvidos na água, em [mg/L];

CE = condutividade elétrica da água, em [μ S/cm]; e,

β = fator empírico de correlação.

Segundo HEM (1970), o fator β pode variar entre 0,55 e 0,75. Neste estudo, é assumido um valor médio de 0,65 para β . Acrescenta-se ainda que a medida dos sólidos totais dissolvidos, dada pela conversão dos valores de condutividade elétrica, será considerada aqui como uma forma simples de testar a salinidade das águas e, conseqüentemente, de classificá-las segundo as três categorias estabelecidas na Resolução N° 20 do CONAMA. Quais sejam: águas doces; águas salobras; e, águas salinas.

Neste sentido, a referida resolução estabelece que as águas doces são aquelas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰; as águas salobras são aquelas com salinidade variando entre 0,5‰ e 30‰; e, as águas salinas são aquelas com salinidade igual ou superior a 30‰. A transformação destes valores de Salinidade (‰) para valores de Sólidos Totais Dissolvidos, STD (mg/L), é dada na TAB. 2.1. Nesta tabela, também faz-se a conversão para os valores relativos de Condutividade Elétrica, CE (μ S/cm), considerando um valor de β igual a 0,65.

Tabela 2.1 - Transformação dos valores de salinidade para valores os correspondentes de sólidos totais dissolvidos, STD, e de condutividade elétrica, CE

Categoria	Salinidade (‰)	STD (mg/L)	CE (μ S/cm) para $\beta=0,65$
Água Doce	0 - 0,5	0 - 500	0 - 750
Água Salobra	0,5 - 30	500 - 30.000	750 - 45.000
Água Salina	> 30	> 30.000	> 45.000

Fonte: Resolução CONAMA N° 20.

Assim, pela tabela apresentada acima, admite-se que as águas com valores de STD inferiores a 500 mg/L (ou em termos de CE, inferiores a 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$) são consideradas doces. As águas com valores de STD entre 500 e 30.000 mg/L (ou em termos de CE, variando entre 750 e 45.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) são consideradas salobras. Já as águas com valores de STD superiores a 30.000 mg/L (ou em termos de CE, superiores a 45.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) são consideradas salinas.

Já em termos de padrões de potabilidade para o consumo humano, a Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, estabelece como valor máximo permitido, um teor de STD de 1.000 mg/L, o que, segundo a Resolução CONAMA N° 20, corresponde a uma água ligeiramente salobra. Sendo assim, de acordo com a referida portaria, as águas com concentrações de STD inferiores a 1.000 mg/L podem ser consumidas sem restrições. Por outro lado, considerando os dados da literatura (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979), admite-se que as águas com teores de STD entre 1.000 e 2.000 mg/L só podem ser consumidas com algumas restrições, caso não passem por um tratamento prévio; e, que as águas com teores de STD superiores a 2.000 mg/L sejam inapropriadas para o consumo humano e, portanto, só podem ser utilizadas após tratamento prévio (*i.e.* dessalinização).

2.4.2 - Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas

O objetivo geral desta tarefa consistiu em implementar modelos hidrogeológicos para caracterizar as áreas estudadas, descrevendo o comportamento hidrodinâmico, apresentando o cálculo das reservas e avaliando os cenários de utilização das águas subterrâneas.

Para esta caracterização hidrogeológica, foi utilizado o aplicativo computacional *Visual-Modflow* (GUIGUER & THOMAS, 1998) o qual possibilita a simulação do comportamento hidrodinâmico tridimensional do sistema hidrogeológico, admitindo a existência de unidades hidroestratigráficas distintas, de acordo com a configuração real de campo. O aplicativo permite também acomodar os componentes hidrológicos e as condições de contorno do sistema, tais como rios, córregos, drenos, poços, taxas de recarga, etc, possibilitando representar de maneira adequada os elementos reais incorporados no respectivo modelo hidrogeológico conceitual.

Na solução numérica das equações diferenciais parciais de fluxo, adota-se no programa o Método das Diferenças Finitas, no qual o domínio de cálculo é dividido em células e as cargas hidráulicas são calculadas em cada uma das células, partindo de condições de contorno conhecidas. A escolha do aplicativo *Visual-Modflow*, para a realização deste estudo deve-

se ao fato de se tratar de um modelo amplamente utilizado pela comunidade técnica em problemas de fluxo subterrâneo, contando com pré e pós-processadores gráficos que auxiliam na entrada de dados e interpretação de resultados.

Cabe ressaltar que para o caso do cálculo das reservas, que é feito automaticamente pelo modelo computacional, foram considerados os seguintes conceitos: 1) reservas reguladoras ou renováveis; 2) reservas permanentes ou seculares; 3) reservas totais ou naturais; e, 4) reservas de exploração ou recursos. Os dados produzidos serão consolidados em tabelas específicas e usados para comporem índices relativos de utilização e disponibilidade hídrica, conforme critérios a serem apresentados oportunamente.

2.4.3 - Hierarquização do Potencial Hídrico Subterrâneo, em Quantidade e Qualidade

Ao final de cada etapa de caracterização, qualitativa e quantitativa, foi apresentada uma hierarquização do potencial avaliado, buscando favorecer o desenvolvimento da etapa final.

Neste sentido, para a hierarquização do potencial quantitativo foi considerada a distribuição espacial das áreas e as reservas disponível e utilizada, bem como a vazão extra importada pelos poços. De posse destes dados, foi adotado um processo de avaliação que envolve a determinação de índices relativos às reservas renováveis totais avaliadas. Este processo de análise será apresentado oportunamente, quando da apresentação dos resultados.

Já para a hierarquização do potencial qualitativo foi abordado um processo de análise que consiste em determinar índices relativos de qualidade, com base nos parâmetros de maior relevância e nos seus respectivos valores de potabilidade, para cada uma das áreas potencialmente estratégicas ou para os pontos de monitoramento presentes nelas. Este processo de análise também será apresentado oportunamente, quando da apresentação dos resultados.

2.5 - Caracterização de Áreas Estratégicas de Abastecimento

A caracterização de Áreas Estratégicas de Abastecimento constitui-se na etapa chave deste estudo. Para tanto, foram considerados os dados produzidos nas etapas de definição e caracterização das áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento. Neste caso, os procedimentos aplicados consideraram o seguinte:

- a consolidação dos resultados sobre as demandas atuais e futuras e da capacidade instalada para o atendimento das mesmas, seja pelo sistema superficial seja pelo sistema subterrâneo (Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento);
- a consolidação dos resultados sobre as áreas produtivas/mananciais (Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento);
- a caracterização da capacidade de atendimento das demandas pelo confronto entre Áreas Críticas e Potencialmente Estratégicas de Abastecimento, caracterizando, efetivamente, quais são as Áreas Estratégicas de Abastecimento; e,
- a priorização/hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento pelo potencial quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas, frente a possibilidade de atender plenamente as demandas e/ou de incrementar a oferta de água para o sistema de distribuição principal de uma determinada região.

Dessa maneira, os dados produzidos foram confrontados, criando o binômio **Áreas Críticas x Áreas Potencialmente Estratégicas**, avaliando a possibilidade de atendimento das demandas frente as disponibilidades hídricas subterrâneas das áreas investigadas, e assim, definindo e caracterizando, efetivamente, as Áreas Estratégicas de Abastecimento.

2.6 - Proposição de Critérios Gerais Orientadores

Após concluir as atividades anteriores, os procedimentos empregados foram sistematizados para compor um conjunto de critérios orientadores que favoreça a definição e caracterização de áreas estratégicas de abastecimento.

Com isto, espera-se fornecer instrumentos aplicáveis ao desenvolvimento de estudos semelhantes em outras regiões do país, buscando corroborar o enquadramento das águas subterrâneas nos Planos de Gerenciamento de Bacias Hidrográficas, como determina o documento oficial da Política Nacional de Recursos Hídricos.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, apresenta-se inicialmente uma contextualização geral sobre a importância dos recursos hídricos, considerando a sua distribuição e ocorrência. Posteriormente, apresenta-se um resgate das principais conquistas e avanços relacionados à gestão integrada dos recursos hídricos no cenário internacional e nacional, destacando-se a evolução desse tema, bem como os princípios, conceitos e tendências atualmente estabelecidos. Além disso, discute-se a questão do gerenciamento integrado das águas subterrâneas, ressaltando as estratégias hoje difundidas, e o seu enquadramento na Política Nacional de Recursos Hídricos.

3.1 - O Contexto Geral de Importância dos Recursos Hídricos

O volume total de água no planeta é estimado em 1.600 milhões de km^3 , incluindo-se neste volume a contribuição da água associada à cristalização química das rochas (*e.g.* SHIKLOMANOV, 1993; 1997; 1998; 2000; CPRM, 2000). Subtraindo-se esta contribuição, estima-se que o volume total de água seja da ordem de 1.386 milhões de km^3 , distribuídos, irregularmente, por todo o mundo (*e.g.* SHIKLOMANOV, 1993; 1997; 1998; 2000).

Este volume de água estimado gera uma percepção de aparente abundância de recursos hídricos que, quando analisado com maior rigor, assume um aspecto completamente diferente. Isto porque, deste volume total, aproximadamente 97,5% corresponde a água salgada dos mares e oceanos, inapropriada para uso humano imediato. Sendo assim, constata-se que de todo o suprimento de água do planeta, apenas cerca de 2,5% são relativos à água doce.

Este percentual de água doce equivale a um volume de aproximadamente 34,65 milhões de km^3 . No entanto, cerca de 68,9% desse volume (aproximadamente 23,87 milhões de km^3) encontra-se na forma de geleiras na Antártica e no Ártico; e na forma de coberturas de neve permanente em regiões montanhosas, sendo consideradas indisponíveis para uso humano imediato (*e.g.* SHIKLOMANOV, 1993; 1997; 1998; 2000). Portanto, apenas 31,1% do total de água doce (cerca de 10,78 milhões de km^3) estariam prontamente disponíveis para uso imediato.

Ademais, considerando o volume total de água doce (34,65 milhões de km^3), observa-se que as principais fontes renováveis (*e.g.* rios, lagos e reservatórios superficiais de um modo geral) não excedem 0,3%, ou seja, cerca de 104 mil km^3 . Por sua vez, as águas subterrâneas correspondem a um valor equivalente a 29,9% de toda a reserva (cerca de 10,36 milhões de

km³). Os 0,9% restantes (cerca de 312 mil km³) correspondem a outras formas de ocorrência, como a umidade dos solos e do ar, e as regiões alagadas (*e.g.* SHIKLOMANOV, 1993).

Pelos valores apresentados, poderia supor-se que apenas o volume de água doce contida nas principais fontes renováveis seria o bastante para atender as necessidades humanas mundiais, que atualmente são da ordem de 6.500 km³/ano, se não fosse, dentre outros fatores, a grande irregularidade na sua distribuição espacial e temporal (*e.g.* TUNDISI; 2003; REBOUÇAS, 1998). Por esta razão, não fica difícil imaginar porque cerca de 10% da população mundial viva hoje em situação de escassez hídrica. HIRATA (2000) acrescenta que isto ocorre porque a água como substância está presente em toda parte, mas o recurso hídrico, entendido como um bem econômico e que pode ser aproveitado pelo ser humano dentro de custos financeiros razoáveis, é de ocorrência mais restrita. Para caracterizar este quadro, MARGAT (1997) determinou o grau de carência e de uso de água dos países (TAB. 3.1).

Tabela 3.1 - Grau de carência e de uso de água dos países

USO (m ³ /hab./ano)	DISPONIBILIDADE HÍDRICA SOCIAL (m ³ /hab./ano)					
	Muito Pobre (<500)	Pobre (500-1.000)	Regular (1.000-2.000)	Suficiente (2.000-10.000)	Rico (10.000-100.000)	Muito rico (>100.000)
Muito Baixo (<100)	Bahamas; Singapura	Quênia	Etiópia	Gana; Nigéria	Angola; Indonésia; Zaire	Gabão
Baixo (100-500)	Argélia	Cabo Verde	África do Sul; Líbano; Polônia; Somália	China	Áustria; Bangladesh; Bolívia; Brasil; Colômbia; Venezuela	Guiana Francesa
Moderado (500-1.000)	Emirados Árabes; Gaza; Israel; Jordânia; Tunísia	Bélgica; Ucrânia		Alemanha; França; Itália; México; Peru; Síria; Reino Unido	Albânia; Nova Zelândia	Islândia
Alto (1.000-2.000)	Arábia Saudita; Líbia	Egito	Paquistão	EUA; Filipinas; Irã	Argentina; Austrália; Canadá; Chile	
Muito Alto (>2.000)	EUA (Baixo Colorado)			Iraque	Turquistão; EUA (Colorado)	Sibéria (Rússia)

Fonte: adaptado de MARGAT (1997); UN (1997).

Na TAB. 3.2, observando os valores médios dos potenciais hídricos continentais [*i.e.* recursos hídricos renováveis – volume de água anual dos rios (considerando o fluxo de base das águas subterrâneas) e dos reservatórios (naturais e artificiais)], nota-se que, em termos absolutos, os maiores valores são encontrados na Ásia e na América do Sul (14.410 km³/ano e 11.760 km³/ano, respectivamente). Em contraposição, os menores valores absolutos são encontrados na Europa e na Oceania (3.210 km³/ano e 2.388 km³/ano, respectivamente). Segundo esta classificação, percebe-se, no geral, que existe uma grande variação continental na distribuição e ocorrência dos recursos hídricos.

Tabela 3.2 - Disponibilidade dos recursos hídricos por continente

Continente	Área (10 ³ km ²)	População (10 ⁶ hab.)	Densidade Populacional (hab./km ²)	Potencial Hídrico (km ³ /ano)	Disponibilidade Hídrica Social (hab/10 ⁶ m ³ /ano)	Disponibilidade Hídrica Social (m ³ /hab/ano)
Europa	10.500	729	69,43	3.210	227	4.403,29
Ásia	43.475	3.683	84,72	14.410	256	3.912,57
África	30.120	785	26,06	4.570	172	5.821,66
América do Norte & Central	24.200	463	20,05	8.200	56	17.710,58
América do Sul	17.800	367	19,38	11.760	31	32.043,60
Oceania	8.950	31	3,46	2.388	13	77.032,26
TOTAL	135.045	6.058	44,86	44.538	136	7.351,93

Fonte: modificado de SHIKLOMANOV (2000), com dados populacionais de UN (2001).

À primeira vista, os valores de potencial hídrico continental parecem ser suficientes para atender às demandas humanas continentais. No entanto, considerando a classificação de MARGAT (*op. cit.*), e a distribuição e ocorrência dos recursos hídricos renováveis segundo os continentes (TAB. 3.2), o quadro de carência de água em algumas regiões do planeta pode ser demonstrado com maior clareza.

Na Ásia, por exemplo, cada milhão de metros cúbicos de água disponível por ano é compartilhado por cerca de 256 habitantes, enquanto que na Oceania o mesmo volume de água é compartilhado por apenas 13 habitantes, em média (*e.g.* SHIKLOMANOV, 1993; UN 2001). Assim, observa-se que, mesmo com grande potencial hídrico, na Ásia a competição pelos recursos hídricos renováveis é bem maior, pois a disponibilidade hídrica social é quase 20 vezes menor que na Oceania. Este quadro de carência na Ásia pode ser explicado, principalmente, pelas grandes concentrações populacionais e, conseqüentemente, pelas demandas de irrigação para produção de alimentos. Situação semelhante ocorre na Europa (TAB. 3.2). Contudo, além do crescimento populacional, os principais fatores ligados à competição pelos recursos hídricos estão relacionados à urbanização e ao desenvolvimento industrial, que influenciam no aumento das demandas e do lançamento de cargas poluidoras.

O Brasil, apesar de dispor de cerca de 12,6% de todo o potencial hídrico do planeta, ou ainda, de cerca de 47,7% do potencial hídrico da América do Sul, apresenta grandes disparidades hídricas regionais. Para caracterizar melhor esta situação, apresenta-se na TAB. 3.3 o potencial hídrico segundo as grandes regiões e estados brasileiros (*e.g.* BARTH, 1998; IBGE, 2000). Nesta tabela, mostra-se a distribuição e a ocorrência em função do potencial hídrico, e a escassez ou fartura em função da disponibilidade hídrica social. Vale dizer que os valores apresentados já computam a contribuição natural das descargas subterrâneas.

Tabela 3.3 - Potencial hídrico e disponibilidade hídrica social por regiões e estados do Brasil

Região / Estado	Área (10 ³ km ²)	População (10 ³ hab)	Densidade populacional (hab/km ²)	Potencial hídrico (km ³ /ano)	Disponibilidade hídrica social (x10 ⁶ m ³ /hab./ano)	Disponibilidade hídrica social (m ³ /hab./ano)
NORTE	3.839	12.901	3,4	3.972	3	307.890
Rondônia	229	1.380	6,0	150	9	108.712
Acre	153	558	3,6	154	4	276.220
Amazonas	1.578	2.813	1,8	1.848	2	657.053
Roraima	225	324	1,4	372	1	1.146.743
Pará	1.253	6.192	4,9	1.125	6	181.677
Amapá	143	477	3,3	196	2	410.874
Tocantins	278	1.157	4,2	127	9	109.757
NORDESTE	1.557	47.742	30,7	187	255	3.917
Maranhão	333	5.651	17,0	85	66	15.040
Piauí	252	2.843	11,3	25	114	8.793
Ceará	146	7.431	50,9	16	464	2.153
Rio Grande do Norte	53	2.777	52,4	4	694	1.441
Paraíba	57	3.444	60,4	5	689	1.452
Pernambuco	100	7.918	79,2	9	880	1.137
Alagoas	28	2.823	100,8	4	706	1.417
Sergipe	22	1.784	81,1	3	595	1.681
Bahia	567	13.070	23,1	36	363	2.754
SUDESTE	927	72.412	78,1	335	216	4.626
Minas Gerais	588	17.891	30,4	194	92	10.843
Espírito Santo	46	3.097	67,3	19	163	6.135
Rio de Janeiro	44	14.391	327,1	30	480	2.085
São Paulo	249	37.032	148,7	92	403	2.484
SUL	577	25.108	43,5	365	69	14.537
Paraná	200	9.563	47,8	113	85	11.816
Santa Catarina	95	5.356	56,4	62	86	11.575
Rio Grande do Sul	282	10.188	36,1	190	54	18.650
CENTRO OESTE	1.612	11.637	7,2	752	15	64.623
Mato Grosso do Sul	358	2.078	5,8	70	30	33.686
Mato Grosso	907	2.504	2,8	522	5	208.437
Goiás	341	5.003	14,7	157	32	31.380
Distrito Federal	6	2.051	341,9	3	684	1.463
BRASIL	8.512	169.799	19,9	5.611	30	33.045

Fonte: Modificado de BARTH (1998), com dados de IBGE (2000).

De acordo com os dados apresentados na TAB. 3.3, o potencial hídrico renovável do País é da ordem de 5.611 km³/ano. Segundo a classificação apresentada na TAB. 3.2, o Brasil encontra-se numa posição relativamente confortável, pois se classifica como um país rico, em termos de disponibilidade hídrica social, e com baixo consumo de suas reservas. Contudo, em termos regionais esta situação não se sustenta, pois alguns estados do nordeste, e até mesmo do sudeste brasileiro, enfrentam sérios conflitos associados à disponibilidade de água.

A partir de uma análise mais localizada, a situação pode ser considerada mais séria para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Rio

de Janeiro e São Paulo, e para o Distrito Federal. Nestas Unidades da Federação, onde se concentra cerca de 54,6% da população, se observa a existência de um agravante adicional: as disponibilidades hídricas sociais são bem próximas do valor mínimo descrito como o limite de extrema pobreza de água (*i.e.* 1.000 m³/hab/ano) [*e.g.* AL-WESHAH, 2002]. Nestes estados brasileiros, os conflitos são decorrentes, principalmente, da elevada taxa de urbanização, associada à baixa vocação hídrica (estados do nordeste) e ao lançamento excessivo e descontrolado de cargas poluidoras (estados do sudeste e Distrito Federal).

De uma maneira mais ampla, o que se observa no país são grandes variações entre os valores de potencial hídrico e de disponibilidade hídrica social, caracterizando a má distribuição em função de fortes disparidades hídricas regionais. Este contexto brasileiro, em parte, pode ser explicado pela vasta extensão territorial, pelas condições geológicas existentes e pela ocorrência de dois regimes climáticos predominantes (*i.e.* o tropical úmido e o equatorial – *e.g.* REBOUÇAS, 1998). Associado a isto, há que se considerar também os fatores relacionados aos principais usos dos recursos hídricos. Dentre estes fatores estão o crescimento populacional, a urbanização e o desenvolvimento agrícola e industrial.

No que se refere às águas subterrâneas no Brasil, como em outras partes do mundo, a sua distribuição e a ocorrência resulta, fundamentalmente, da interação entre os aspectos geológicos e climáticos. Tais aspectos caracterizam as regiões úmidas e secas do país. De acordo com REBOUÇAS (1998) e REBOUÇAS *et al.* (1999), tanto nas regiões úmidas quanto nas secas, ocorrem excedentes hídricos e condições hidrogeológicas favoráveis à formação de importantes estoques de água subterrânea. Este recurso constitui-se na principal alternativa para aumentar a oferta e atender as demandas de água de várias cidades brasileiras.

Dessa maneira, também tem-se buscado avaliar as reservas hídricas subterrâneas no país. Neste sentido, REBOUÇAS *et al.* (1999) estima que a reserva permanente total de água subterrânea no Brasil seja da ordem de 112.000 km³, sendo que cerca de 90% deste volume encontra-se nas bacias sedimentares. Além disso, estima-se também que haja cerca de 300.000 poços tubulares em operação, sendo perfurados mais de 10.000 poços por ano, e que a disponibilidade de água subterrânea de boa qualidade para consumo no país seja da ordem de 5.000 m³/hab/ano (*e.g.* REBOUÇAS, 1998). Considerando a população total do país, este valor corresponde a um potencial hídrico subterrâneo de cerca de 900 km³/ano, o que equivale a aproximadamente 16% do potencial hídrico superficial disponível atualmente.

3.2 - A Gestão Integrada de Recursos Hídricos

3.2.1 - O Cenário Internacional

A partir do início da década de 1950, o grande crescimento econômico vivido como reflexo do pós-guerra e o contínuo e acelerado crescimento das populações mundiais tiveram um grande impacto sobre os recursos hídricos e o meio ambiente de um modo geral. Já no final da década de 1950 alguns países desenvolvidos passaram a perceber problemas de ordem quantitativa e qualitativa, relacionados à má utilização de suas reservas hídricas.

Nas últimas décadas os temas relacionados aos recursos hídricos obtiveram uma maior atenção no cenário mundial, passando a fazer parte da pauta de diversos encontros internacionais. No início da década de 1970 estes problemas assumiram uma dimensão mundial, quando se percebeu que diversas regiões do planeta estavam vivenciando, ou prestes a vivenciar, uma forte crise associada ao suprimento de água doce. A partir deste período, passou-se a produzir discussões direcionadas para estabelecer princípios e conceitos que pudessem ser adotados na criação de instrumentos e mecanismos capazes de promover a utilização racional e sustentável do recurso “água doce”.

No percurso e na evolução destas discussões introduziu-se o tema denominado Gestão de Recursos Hídricos, que teve seu marco fundamental nos resultados da atuação de algumas organizações internacionais (*i.e.* Organização das Nações Unidas – **ONU**; e, Banco Mundial – **BM**). No caso da atuação **ONU** cita-se a contribuição das diversas conferências realizadas (*e.g.* UN, 1972; UN, 1977; UN, 1992a, b; UN, 2000a; UN, 2001; UN, 2002a; UN, 2003). No caso da atuação do Banco Mundial destaca-se a contribuição para a produção de informações técnicas e científicas de grande relevância (*i.e.* **WORLD BANK**, 1993, 1994) e o financiamento de projetos envolvendo temas relacionados aos recursos hídricos em diversas regiões do planeta (*e.g.* Brasil, México, Oriente Médio).

Coloca-se também como manifesto da preocupação com a questão da disponibilidade global de água doce a criação de novas instituições internacionais. Dentre elas, o Conselho Mundial de Água (*World Water Council* – **WWC**), o Programa Global de Água (*Global Water Program* – **GWP**) e a Comissão Mundial de Água para o Século 21 (*World Commission on Water for the 21st Century* – **WCW**). Estas instituições têm desenvolvido programas locais e regionais e estão todas focadas na crise potencial relacionada à disponibilidade de água para os próximos 50 anos (*e.g.* **ROGERS**, 2000).

Além disso, cabe ressaltar ainda a experiência técnica, legal e institucional de alguns países desenvolvidos (*e.g.* Alemanha, França e Inglaterra). No caso destes países, as políticas de gerenciamento de recursos hídricos já são bastante consolidadas e apresentam princípios semelhantes entre si, entretanto, podem apresentar algumas variações significativas.

Na Alemanha, por exemplo, percebe-se que a política de gerenciamento de recursos hídricos é bastante singular, com menor embasamento no planejamento por bacia hidrográfica, maior confiança na cooperação informal e maior variação regional devido ao alto grau de descentralização (*e.g.* LANNA, 1995; KRAMER, 2000; CORREIA, 2000). Na França, a política de recursos hídricos estabelece a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, promovendo o gerenciamento de maneira descentralizada, participativa e bem equilibrada com os setores usuários (*e.g.* LANNA, 1995; BORSOI & TORRES, 1998; BARRAQUÉ, 2000; CORREIA, 2000; PIÉGAY *et al.*, 2002). Já na Inglaterra, o sistema de gerenciamento dos recursos hídricos está diretamente relacionado ao gerenciamento ambiental integrado e possui um caráter extremamente centralizador, não permitindo a participação de usuários e comunidades nas decisões sobre a água (*e.g.* ZABEL & REES, 2000; CORREIA, 2000).

Diante do exposto acima, constata-se ao longo das últimas décadas uma intensa cooperação internacional no sentido de produzir informações técnicas e científicas para dar suporte ao desenvolvimento de políticas sustentáveis, que promovam a utilização racional e a proteção das potencialidades hídricas do planeta. Embora haja um amplo esforço neste sentido, reconhece-se que ações concisas e efetivas são difíceis de serem criadas e implementadas a nível internacional (BJÖRKLUND & KUYLENSTIERNA, 1998). Por outro lado, pela experiência de países desenvolvidos, observa-se um avanço significativo na elaboração e na adoção dos princípios básicos, conceitos e tendências que passaram a orientar a criação de políticas de gerenciamento de recursos hídricos nos países ainda em desenvolvimento (*e.g.* Brasil, Chile, Argentina, China).

De uma maneira geral, os princípios estabelecidos pela atuação e experiência internacionais visam preservar o recurso água doce, considerando a sua distribuição e ocorrência, frente às necessidades de desenvolvimento socioeconômico e de proteção ambiental (*e.g.* UN, 1992; WORLD BANK, 1993, 1994). Eles se constituem nos seguintes:

- adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento;
- usos múltiplos dos recursos hídricos;

- reconhecimento da água como um bem finito e vulnerável;
- reconhecimento do valor econômico da água; e,
- gestão descentralizada e participativa.

Contudo, mesmo com a aplicação destes princípios, nota-se que não existe uma política ou um plano de gerenciamento aplicável para qualquer situação ou para qualquer região. Isto porque a disponibilidade dos recursos hídricos, bem como os problemas sociais e econômicos associados à sua distribuição e ocorrência, variam de acordo com condições específicas, seja a nível local, regional ou nacional. Sendo assim, o que se deve extrair como resultado mais importante deste processo de cooperação internacional é o reconhecimento da necessidade de se estabelecerem políticas voltadas para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos.

Segundo BRUNDTLAND (1987), o conceito de desenvolvimento sustentável preconiza a instalação de um sistema político com justiça social e econômica e em harmonia com os sistemas de suporte de vida na Terra. No caso dos recursos hídricos, em linhas gerais, preconiza a sua utilização racional e a proteção de suas potencialidades, em termos de quantidade e qualidade. Corroborando esta idéia, um conceito amplamente debatido atualmente refere-se à Gestão Integrada de Recursos Hídricos (**GIRH**). Ele vem sendo aplicado em diversos países e está embasado na seguinte definição geral:

A Gestão Integrada de Recursos Hídricos consiste em um processo que promove o gerenciamento e o desenvolvimento coordenado da água, do solo e dos recursos relacionados, com o propósito de maximizar o bem-estar social e econômico resultante, de maneira eqüitativa e sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais (GWP, 2000).

Em seu nível mais fundamental, este conceito preconiza o gerenciamento integrado das demandas e das disponibilidades hídricas. A um nível mais geral, este conceito preconiza a integração de dois sistemas básicos, quais sejam: o Sistema Natural; e, o Sistema Humano (*e.g.* GWP, 2000; UN, 2003).

O Sistema Natural exerce uma importância crítica para a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, de maneira a abranger os seguintes aspectos: o gerenciamento integrado da água e do solo; o gerenciamento integrado de águas superficiais e subterrâneas; o gerenciamento integrado da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos; e, a integração dos interesses dos diversos usuários. O Sistema Humano determina o tipo de uso; produção de efluentes líquidos, resíduos sólidos e a contaminação dos recursos hídricos; e, estabelece as prioridades para o desenvolvimento das práticas de gerenciamento integrado. Este sistema

abrange os seguintes aspectos: enquadramento dos recursos hídricos nas políticas públicas; integração intersetorial para o desenvolvimento de uma política nacional; estabelecimento de princípios básicos para a realização de políticas integradas; e, integração de todos os interessados na planificação e no processo de decisão (*e.g.* GWP, 2000).

Assim, apesar das disparidades hídricas, sociais e econômicas existentes no planeta, as tendências observadas mostram que muitos países em desenvolvimento estão implementando suas políticas próprias de gerenciamento dos recursos hídricos, fortemente embasados nos princípios e conceitos estabelecidos internacionalmente. Além disso, constata-se outras tendências em torno dos temas relacionados ao gerenciamento de recursos hídricos. Estas tendências dizem respeito a três profundas mudanças percebidas na forma de pensamento global (*e.g.* HIRJI & IBLEKK, 2001), quais sejam:

- **Descentralização:** muitos países estão transferindo seus sistemas político e econômico de tomada de decisões para um nível regional. Isto tem proporcionado oportunidades para mudanças institucionais, aumento da democratização, maior compartilhamento de poder sobre as decisões em torno da água e uma voz mais ativa para sociedade civil.
- **Participação:** implica na troca de uma estrutura de planejamento técnico centralizado para uma estrutura que inclua todos os usuários no planejamento, implementação, e operação das infra-estruturas hídricas. Esta mudança tende a reformular objetivos e prioridades, e cria oportunidades para o uso mais sustentável e eficiente da água.
- **Sustentabilidade:** consiste no reconhecimento de que o uso e o desenvolvimento do recurso hídrico seja feito de maneira sustentável. As implicações de práticas de uso não sustentáveis da água são significativas (como a extração excessiva e a poluição). Tais práticas não só provocam degradação irreversível do recurso hídrico e alteram a hidrologia, mas ainda impedem que haja investimentos em serviços para abastecimento de água e irrigação, como também causam danos nos ecossistemas e na biodiversidade.

Embora haja um consenso internacional estabelecido em termos de conceitos, princípios e tendências, constata-se que não existe um arranjo único entre os países, em termos de bases legais, institucionais e técnicas, que congregue todos os aspectos relacionados à Gestão Integrada de Recursos Hídricos (**GIRH**) e seja capaz de oferecer um roteiro que possa ser seguido ou aplicado universalmente.

3.2.2 - O Cenário Nacional

No Brasil há o entendimento de que os procedimentos integrados de planejamento e de administração, afetos aos recursos hídricos superficiais e/ou subterrâneos, corresponde à definição genérica de Gestão Integrada de Recursos Hídricos (*e.g.* BARTH *et al.* 1987).

O planejamento sintetiza o conjunto de procedimentos organizados que visam ao atendimento das demandas de água, seja para consumo doméstico, irrigação ou indústria, haja vista a escassez ou fartura desse recurso. Em outros termos, o planejamento corresponde à fase, anterior a administração, na qual são avaliadas e definidas as possibilidades de utilização dos recursos hídricos (*e.g.* BARTH *et al.* 1987; GRIGG 1996, 1998).

Por sua vez, a administração dos recursos hídricos, em seu sentido mais amplo, refere-se à forma pela qual pretende-se equacionar e resolver os problemas relacionados à disponibilidade da água. Sendo assim, consiste no conjunto de ações necessárias para se efetivar o planejamento e, ao mesmo tempo, consiste no instrumento de revisão permanente e dinâmica que ajusta os objetivos e metas do planejamento, sem permitir que ele se torne obsoleto (*e.g.* BARTH *et al.* 1987; GRIGG 1996, 1998).

Complementando esta definição geral, entende-se que o termo Gestão Integrada de Recursos Hídricos refere-se ainda aos procedimentos direcionados à integração entre as águas superficiais e subterrâneas, pelo reconhecimento de diversos fatores intervenientes (*e.g.* quantidade; qualidade; e, interação com o uso e ocupação do meio ambiente físico). Este entendimento, traduzido na Lei Federal Nº 9.433/97 e preconizado na Política Nacional de Recursos Hídricos, é coerente com a definição genérica apresentada internacionalmente (*i.e.* GWP, 2000), conforme discutido no item anterior.

Contudo, esta é uma realidade recente no cenário brasileiro de gerenciamento de recursos hídricos, reconhecendo-se a ocorrência de grandes transformações ao longo de sua história. Demonstrando estas transformações, apresenta-se na TAB. 3.4 a cronologia da base legal e institucional brasileira, onde se destaca em negrito a evolução temporal dos principais instrumentos e mecanismos propostos para o tratamento das questões relacionadas à água.

Tabela 3.4 - Cronologia da base legal e institucional brasileira, destacando os principais instrumento e mecanismos propostos ao longo do tempo

Base Legal/Institucional	Principais disposições e atribuições
1891 - Constituição da República	Limitou-se a definir competência federal para legislar sobre águas no Direito Civil.
1916 - Código Civil	Dedicou uma das seções à utilização da água e ao regime de propriedade.
1920	Criação da Comissão de Estudos de Forças Hidráulicas, no âmbito do Serviço Geológico e Mineralógico do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, que se constitui no núcleo do qual se originaram os futuros órgãos nacionais dedicados à hidrometria.
1933	Criação da Diretoria de Águas no Ministério da Agricultura, logo transformada em Serviço de Águas.
1934 - Constituição	Abordou pela primeira vez o tema água considerando os aspectos econômicos e de desenvolvimento
1934 – Decreto Nº 24.643, de 10/07/34 (Código de Águas)	Principal instrumento legal sobre águas que trouxe uma profunda alteração dos dispositivos do Código Civil.
1934	Transferência da atividade de hidrologia para a Diretoria Geral da Produção Mineral que se transformou no Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM.
1937 - Constituição	Atribuiu competência privativa à União para legislar sobre os bens de domínio federal, águas e energia hidráulica.
1940	Transformação do Serviço de Águas em Divisão de Águas, quando da reestruturação do DNPM.
Decreto-Lei Nº 7.841, de 08/08/45	Institui o Código de Águas Minerais.
1960	Criação do Ministério das Minas e Energia - MME, que incorporou na sua estrutura todos os órgãos do DNPM, inclusive a Divisão de Águas.
Lei Nº 4.771, de 15/09/65	Institui o Código Florestal
1965	Transformação da Divisão de Águas em Departamento Nacional de Águas e Energia - DNAE, com oito Distritos vinculados, descentralizando as atividades de hidrologia, incluindo os serviços de hidrometria.
Decreto-Lei Nº 227, de 28/02/67	Institui o Código de Mineração reconhecendo as águas subterrâneas como substância mineral dotada de valor econômico e formadora de jazida.
Lei Nº 5.318, de 26/09/67	Instituiu a Política Nacional do Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento.
1967 - Lei Nº 5.357	Estabeleceu penalidades para embarcações e terminais marítimos ou fluviais que lançarem detritos ou óleo em águas brasileiras.
Decreto-Lei Nº 689, de 18/07/69	Extingue o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica, do Ministério de Minas e Energia.
1973	Criação da Secretaria Especial de Meio Ambiente - SEMA no âmbito do Ministério do Interior e início da criação de órgãos estaduais de meio ambiente.
Lei Nº 6.225, de 14/07/75	Dispõe sobre planos de proteção do solo e combate à erosão.
Portaria GM-0013 do Ministério do Interior – 1976	Estabeleceu o primeiro sistema de classificação das águas interiores e determinou o enquadramento das águas federais.
Portaria Interministerial dos Ministérios do Interior e das Minas e Energia - Nº 90, 29/03/78	Criação do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas – CEEIBH.
Lei Nº 6.662, de 25/06/79	Estabelece a Política Nacional de Irrigação.
Decreto Nº 84.737, de 27/05/80	Cria no Ministério das Relações Exteriores, a Comissão Brasileira para o Programa Hidrológico Internacional.
Lei Nº 6.938, 31/08/81	Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente.
Decreto Nº 87.561, de 13/09/82	Dispõe sobre as medidas de recuperação e proteção ambiental da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Fonte: Modificado de SRH/MMA (2002) e ANA (2003).

Tabela 3.4 - Cronologia da base legal e institucional brasileira (continuação)

Base Legal/Institucional	Principais disposições e atribuições
Decreto Nº 89.496, de 29/03/84	Regulamenta a Lei Nº 6.662, de 25/06/79 - Política Nacional de Irrigação.
Portaria Nº 1119/84 – DNAEE	Institui o Plano Nacional de Recursos Hídricos.
Resolução CONAMA Nº 20, 18/06/1986	Estabelece os padrões de qualidade de água dos corpos hídricos. Revoga a Portaria GM-0013, de 1976.
Decreto Nº 94.076, de 05/03/87	Institui o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas
Constituição Federal – 1988	Traz uma profunda alteração em relação às Constituições anteriores – Institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH.
Lei Nº 7.735, de 22/02/89	Cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.
Lei Nº 7.754, de 14/04/89	Estabelece medidas para a proteção de florestas nas nascentes dos rios.
Lei Nº 7.990, de 28/12/89	Regulamenta a compensação financeira, para fins de geração de energia elétrica (alterada pelas Leis Nº 8.001, de 13/03/90 e Nº 9.984, de 17/07/00 e 9.993, de 24/07/00).
Lei Nº 8.001, de 13/03/90	Define percentuais da distribuição da compensação financeira de que trata a Lei Nº 7.990/89.
Decreto Nº 99.274, de 06/06/90	Regulamenta a Lei Nº 6.938/81 – Política Nacional de Meio Ambiente.
1993	Criação do Ministério do Meio Ambiente.
1995	Criação da Secretaria de Recursos Hídricos.
Lei Nº 9.433, de 08/01/97	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Lei Nº 9.605, de 12/02/98	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
Decreto Nº 2.612, de 03/06/98	Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
Lei n.º 9.795, de 27/04/99	Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.
Lei Nº 9.984, de 17/07/00	Cria a Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.
Lei Nº 9.985, de 18/07/00	Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC.
Lei Nº 9.993, de 24/07/00	Destina recursos financeiros, ao setor de C & T, para incentivar o desenvolvimento científico e tecnológico em recursos hídricos.
Resolução ANA Nº 06, de 20/03/01	Institui o Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas - PRODES.
Decreto de 05/06/01	Institui o Comitê da Sub-Bacia Hidrográfica dos Rios Pomba e Muriaé (MG e RJ).
Decreto de 05/06/01	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.
Decreto Nº 4.024, de 21/11/01	Institui o Certificado de Avaliação da Sustentabilidade da Obra Hídrica – CERTOH.
Decreto de 25/02/02	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce.
Decreto de 20/05/02	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.
Decreto de 16/07/02	Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.

Fonte: Modificado de SRH/MMA (2002) e ANA (2003).

Na tabela acima, também podem ser reconhecidos três períodos associados à ocorrência de modelos de gerenciamento distintos no país. Quais sejam (TAB. 3.5): Modelo Burocrático; Modelo Econômico-Financeiro; e, Modelo Sistêmico de Integração Participativa (e.g. YASSUDA, 1989; LANNA, 1995; SETTI *et al.*, 2001; TARQUI & SILVA, 2003).

YASSUDA (*op. cit.*) refere-se a estes modelos como fases que se sucedem uma a outra, podendo ocorrer duas ao mesmo tempo (*i.e.* Fase Burocrática, Econômica e de Integração Participativa, respectivamente). Para este autor, o Brasil encontra-se na fase de transição de um modelo burocrático para o modelo sistêmico, é claro passando por algumas aplicações do modelo econômico. SETTI *et al.* (*op. cit.*) mencionam que nestes períodos (ou fases) os modelos gerenciais adotados foram ficando mais complexos, possibilitando uma abordagem técnica cada vez mais eficiente do problema.

Tabela 3.5 - Modelos de gerenciamento dos recursos hídricos já praticados no País

Modelo Gerencial	Descrição Geral
Burocrático	Implantado a partir do final do século XIX, sendo seu marco referencial estabelecido com a instituição do Código das Águas de 1934. Neste modelo, o objetivo predominante do administrador público era cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais. Para tanto, criaram-se leis, decretos e portarias, regulamentos e normas sobre uso e proteção dos recursos hídricos. Como consequência, a autoridade e o poder tenderam a concentrar-se gradualmente em entidades públicas, de natureza burocrática, que trabalhavam com o intuito de aprovar concessões e autorizações de uso, licenciamento de obras, ações de fiscalização, de interdição ou multa, e demais ações de acordo com as atribuições de diversos escalões hierárquicos. Este período foi especialmente marcado pela criação do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM – em 1934), que gerenciava todas as atividades de hidrologia; e, pela instituição do Código de Águas Minerais (Decreto-Lei Nº 7.841, de 08/08/45). As principais falhas atribuídas a este modelo foram resultantes da visão fragmentada do processo de gerenciamento; do desempenho restrito ao cumprimento das normas; da dificuldade de adaptação a mudanças internas e externas; da centralização do poder decisório; da padronização no atendimento a demandas; e, do excesso de atividades repetitivas.
Econômico-Financeiro	Este modelo teve como marco de sua aplicação, a criação, em 1948, da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF). Caracteriza-se pela utilização de instrumentos econômicos para induzir ao cumprimento das normas e disposições legais. O exemplo mais importante dessa fase econômica-financeira diz respeito aos mecanismos criados para facilitar o financiamento de planos de disposição de esgotos urbanos e industriais. Este período também foi marcado pela criação do Ministério das Minas e Energia (MME - 1960), que incorporou na sua estrutura todos os órgãos do DNPM , inclusive a Divisão de Águas; e, pela instituição do Código de Mineração (Decreto Lei nº 227, de 28/02/1967), que reconhecia as águas subterrâneas como substância mineral formadora de jazida e dotada de valor econômico. A principal falha apontada é a adoção de uma concepção abstrata para servir de suporte para a contenção de problemas contingenciais, bem como a política praticada pelo governo federal, que estabeleceu eixos de desenvolvimento priorizados em um ou vários setores, os quais não atingiram um desenvolvimento integral. Contudo, considera-se que este modelo representa um avanço em relação ao burocrático, já que possibilitava a realização do planejamento estratégico.
Sistêmico de Integração Participativa	Este modelo busca, através da reformulação institucional e legal, a integração sistêmica dos quatro tipos de negociação social: econômica, política direta, político-representativa e jurídica. Ele foi instituído com a Lei Federal Nº 9.433 e se caracteriza pela criação de uma estrutura responsável pela execução de funções gerenciais específicas e pela adoção de três instrumentos, quais sejam: o planejamento por bacia hidrográfica; tomada de decisão através de deliberações multilaterais e descentralizadas; e, o estabelecimento de instrumentos legais e financeiros. Neste sentido, aproveita os aspectos positivos dos dois modelos anteriores.

Fonte: compilado de YASSUDA (1989); LANNA (1995); SETTI *et al.* (2001); TARQUI & SILVA (2003).

Assim, como ocorre nos países desenvolvidos (*e.g.* França, Alemanha, Inglaterra), atualmente no Brasil o modelo de gerenciamento de recursos hídricos praticado pressupõe a existência de

três pilares fundamentais de sustentação, quais sejam: a base legal; a base técnica; e, o ordenamento institucional (*e.g.* SRH/MMA, 2000). A base legal se sustenta na Constituição Federal de 1988, e nas leis subseqüentes e correlatas (TAB. 3.4).

Neste sentido, destaca-se a Lei Federal Nº 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamento o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal. Esta lei, além de ser a principal base de sustentação legal, abrange ainda as bases técnicas e o ordenamento institucional necessário para organizar a área de recursos hídricos e consolidar o conceito de gestão integrada da água (Tab. 3.6).

Tabela 3.6 - Bases de sustentação da Política Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, conforme a Lei Federal Nº 9.433, de 01/08/1997

Base de Sustentação	Caracterização	Descrição Geral
Legal	Princípios	<ul style="list-style-type: none"> – a água é um bem de domínio público; – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo da água; – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e, – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.
	Diretrizes Gerais de Ação	<ul style="list-style-type: none"> – a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade; – a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País; – a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental; – a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; – a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo; e, – a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.
Técnica	Instrumentos de gerenciamento	<ul style="list-style-type: none"> – os Planos de Recursos Hídricos; – o enquadramento dos corpos d’água em classes, segundo os seus usos preponderantes; – a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; – a cobrança pelo uso de recursos hídricos; – a compensação a Municípios; e, – o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.
Institucional	Ordenamento	<ul style="list-style-type: none"> – o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); – a Agência Nacional de Águas (ANA); – os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; – os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e, – as Agências de Água.
	Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> – coordenar a gestão integrada das águas; – arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; – implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; – planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e, – promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Fonte: Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997.

A Lei Federal Nº 9.433/97 procurou seguir as tendências internacionais estabelecidas e abrigou alguns aspectos presentes na lei francesa. Neste sentido, em termos legais, estabeleceu princípios e diretrizes de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Em termos técnicos, estabeleceu os instrumentos de gerenciamento necessários, dentre eles, destacam-se os Planos de Recursos Hídricos, que visam fundamentar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e orientar a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Em termos institucionais, estabeleceu, através do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o ordenamento necessário, apoiado na atuação das diversas organizações governamentais e não-governamentais ocupadas com a questão hídrica.

Diante dos objetivos apresentados no novo arranjo institucional estabelecido (TAB. 3.6), destaca-se a criação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (**CNRH**) e da Agência Nacional de Águas (**ANA**). O **CNRH** é órgão máximo integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo sido criado pela Lei Nº 9.433/97 e instalado após sua regulamentação pelo Decreto Nº 2.612, em 3 de junho de 1998. A **ANA** é a entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Ela foi criada pela Lei Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. As atribuições destes órgãos são apresentadas na TAB. 3.7.

Tabela 3.7 - Atribuições do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e da Agência Nacional de Águas (ANA), segundo as disposições da lei

Órgão	Atribuições
CNRH	<ul style="list-style-type: none"> – promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamento nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; – arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; – deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos Estados em que serão implantados; – analisar as propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos; – aprovar propostas de instituição de Comitês de Bacias Hidrográficas e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos; – acompanhar a execução e aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas; e, – estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança do seu uso.
ANA	<ul style="list-style-type: none"> – outorgar o direito de uso; – fiscalizar os usos; – implementar a cobrança pelo uso; – arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança; – planejar e promover ações destinadas a prevenir e minimizar os efeitos de secas e inundações; – definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando o uso múltiplo de recursos hídricos; e, – estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de organismos de bacia.

Fonte: Lei Nº 9.433/97; Lei Nº 9.984/2000.

Antecipando-se aos avanços da implementação Lei Federal N° 9.433/97 e de outras leis sucessivas e correlatas (TAB. 3.4), alguns estados instituíram suas políticas próprias e criaram seus sistemas de gerenciamento de recursos hídricos (TAB. 3.8). Este é o caso do estado do Ceará, onde se inserem as áreas abordadas neste estudo. Outros estados foram além, criando estruturas específicas para as águas subterrâneas (*e.g.* São Paulo e Pernambuco).

Tabela 3.8 - Posição dos estados brasileiros em relação à criação de suas bases legais e institucionais para o gerenciamento dos recursos hídricos

Estados da Federação	Base Legal/Institucional
Acre	Não dispõe de lei específica sobre Recursos Hídricos. A Lei N° 1.117, de 26/01/94, que trata sobre a Política Estadual de Meio Ambiente, destinou duas seções sobre o assunto: Dos aspectos ambientais das águas subterrâneas; e Da água e seus usos.
Alagoas	Lei N° 5.965, publicada em 11/11/97, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos.
Bahia	Possui a Lei n° 6.855, de 12/05/95, que dispõe sobre a Política, o Gerenciamento e o Plano Estadual de Recursos Hídricos.
Ceará	Lei N° 11.996, de 24/07/92, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH.
Distrito Federal	Lei N° 512, de 28/07/93, que dispõe sobre a Política de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos – SGIRH/DF.
Espírito Santo	Lei N° 5.818, de 30/12/98, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gerenciamento e Monitoramento dos Recursos Hídricos.
Goiás	Lei N° 13.123, de 16/07/97, estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos e ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Maranhão	Lei N° 7.052, de 22/12/97, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos.
Mato Grosso	Lei N° 6.945, de 05/11/97, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos.
Mato Grosso do Sul	Não dispõe de lei específica. Possui a Deliberação CECA/MS N° 003, de 20/06/97, que dispõe sobre a preservação e utilização das águas das bacias hidrográficas.
Minas Gerais	Lei N° 13.199, de 30/01/99, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SEGRH/MG.
Pará	Não dispõe de uma lei específica de Recursos Hídricos, possuindo a Lei N° 5.793, de 04/01/94, que define a Política Minerária e Hídrica do Estado do Pará. Em 14/01/98, foi aprovada a Lei n° 6.105 que dispõe sobre a conservação e proteção dos depósitos de águas subterrâneas, regulamentada, em 26/08/98, pelo decreto n° 3.036. Atribui à Secretaria de Estado de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM a gestão, proteção e conservação das águas subterrâneas.
Paraíba	Possui a Lei N° 6.308, de 02/07/96, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos.
Pernambuco	Aprovou, em 17/01/97, a Lei N° 11.426 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, instituindo o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Aprovou também, em 17/01/97, a Lei N° 11.427 que dispõe sobre a conservação e a proteção das águas subterrâneas. Em 26/03/98, esta lei foi regulamentada pelo Decreto 20.423.
Rio de Janeiro	Lei Estadual de N° 3239, de 02/08/99, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e regulamenta o artigo 261, parágrafo 10, inciso VII, da Constituição Estadual do Rio de Janeiro.
Rio Grande do Norte	Lei N° 6.908, de 01/07/96, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos – SIGERH.
Rio Grande do Sul	Lei N° 10.350, de 30/12/94, que institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos.
Santa Catarina	Lei N° 9.748, de 30/11/94, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos.
São Paulo	Foi o primeiro estado a criar uma lei específica para as águas subterrâneas. A Lei N° 6.134, de 02/06/88, regulamentada pelo Decreto N° 32.955, de 07/02/91. Em 30/12/91 foi aprovada a Lei N° 7.663 que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
Sergipe	Lei N° 3.870, de 25/09/97, dispõe sobre a política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Fonte: Modificado de ANA (2003).

De uma maneira geral, a legislação cearense elegeu os mesmos passos da legislação federal, embora antecipadamente. O Plano Estadual dos Recursos Hídricos (**PERH/CE**) foi elaborado; o Conselho Estadual dos Recursos Hídricos (**CERH/CE**) foi criado; e, a outorga e cobrança pelo uso da água foram instalados. Com isto, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (**FUNORH**) também foi criado para receber os recursos advindos da cobrança. A legislação cearense inseriu uma diferenciação considerável: a criação da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (**COGERH** - Lei Estadual N° 12.217/93) com a missão de gerenciar os recursos hídricos de domínio do estado do Ceará e da União (por delegação) de forma integrada, descentralizada e participativa, promovendo o seu uso racional, social e sustentado. Este órgão funciona como órgão técnico e executivo, dando apoio ao Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos (**SIGERH**) e aos Comitês de Bacias Hidrográficas (**CBHs**).

Diante do exposto acima, constata-se que o Brasil, bem como o Estado do Ceará (onde se localizam as áreas abordadas neste estudo), já conta com as bases legais e institucionais bastante fundamentadas na política de gerenciamento dos recursos hídricos, o que não implica, necessariamente, numa resposta tecnológica bem estabelecida.

Atualmente, a partir do cenário nacional, está sendo promovida a implementação das diretrizes e dos instrumentos de gerenciamento propostos pela legislação vigente. Contudo, isto tem sido um desafio constante devido às dimensões continentais do País e às grandes disparidades regionais, em termos sociais, econômicos e de disponibilidade dos recursos hídricos. Além disso, em cenários regionais, percebe-se que, muitas vezes, o que falta é vontade política para efetivar as ações em torno da água.

3.3 - Gestão Integrada de Águas Subterrâneas

3.3.1 - Considerações Preliminares

A água subterrânea sempre foi um recurso essencial para o desenvolvimento humano, social e econômico, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais. A primeira estrutura legal que condicionou a sua utilização, remonta ao Direito Romano. Segundo as regras estabelecidas neste código, as águas subterrâneas eram consideradas um bem imóvel e de propriedade dos donos da terra. Portanto, os proprietários da terra tinham direitos exclusivos sobre sua exploração e utilização. Até recentemente este entendimento prevalecia naqueles países que seguiam a tradição do Código Civil Francês Napoleônico, incluindo, além da França, a

Espanha e muitos países da África e da América Latina (e.g. SALMAN, 1999; NANNI *et al.*, 2003).

Outro código tradicional, que considerava questões relacionadas à água, refere-se ao Direito Comum Inglês. De acordo com este código os proprietários do título da terra também tinham direitos exclusivos sobre o uso das águas subterrâneas, à exceção daquelas que fluíam em canais definidos (e.g. galerias). Para este último caso e para as águas superficiais, o uso estava sujeito à “doutrina ribeirinha” (*riparian doctrine*), pela qual os direitos de uso repousavam também com aqueles que detinham o título de terras adjacentes (e.g. SALMAN, 1999; NANNI *et al.*, 2003).

Estes princípios foram herdados nos países que seguiam o código inglês. Neste caso, os proprietários da terra tinham direitos ilimitados sobre o uso das águas subterrâneas. Contudo, a partir do último século, a legislação sobre a água foi amplamente modificada, dando amplos poderes ao estado, ou reconhecendo o seu direito superior sobre o gerenciamento dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos). Dessa maneira, em muitos países, as águas subterrâneas foram declaradas como sendo um “bem público” e os proprietários de terra se transformaram em simples usuários.

Esta mudança se deu em função da ameaça crescente de escassez e de poluição das águas subterrâneas, provocadas por sua má utilização, como também em função do aumento da competição e dos conflitos entre os usuários. Com o estado assumindo o papel de guardião dos recursos hídricos subterrâneos, foram introduzidas medidas para proteger os aquíferos contra a exploração excessiva e a poluição, bem como para controlar as situações de competição e conflito, já existentes em algumas regiões.

Para tanto, inicialmente foram criadas estruturas legais específicas, direcionadas à solução de problemas localizados. Subseqüentemente, com a percepção de que os impactos negativos nas águas subterrâneas poderiam afetar as águas superficiais, passou-se a considerar que tais estruturas deveriam ser voltadas para uma integração maior dos assuntos relacionados aos recursos hídricos (e.g. NANNI *et al.*, 2003), conferindo um entendimento mais abrangente ao tema de Gestão Integrada de Recursos Hídricos.

Neste contexto, para TUINHOF *et al.* (2003) o conceito de gerenciamento integrado de águas subterrâneas surge como uma forma de lidar com o equilíbrio entre a exploração de um

recurso complexo (em termos de quantidade, qualidade e interação com as águas superficiais) e o aumento das demandas de água e dos usuários da terra (os quais podem representar uma ameaça para o potencial de quantidade e qualidade das águas subterrâneas).

Dessa maneira, passou-se a perceber que conhecer os aspectos relacionados à quantidade e qualidade das águas subterrâneas, como também, promover a integração destes aspectos e identificar as suas possíveis interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos, constituem-se em condições necessárias e essenciais para o estabelecimento de uma estrutura de gerenciamento racional e integrada para as águas subterrâneas. Com isto, a questão das águas subterrâneas passa a fazer parte do contexto geral do gerenciamento integrado dos recursos hídricos, constituindo-se em uma de suas metas principais e carecendo, portanto, de estratégias de gerenciamento específicas.

Sob esta perspectiva, as estruturas legais desenvolvidas atualmente para as águas subterrâneas consideram todos os aspectos envolvidos no gerenciamento integrado de recursos hídricos. Segundo NANNI *et al.* (2003), estas estruturas, de uma maneira geral, funcionam como:

- guias e limitações para o exercício do poder público;
- base para a quantificação, planejamento, avaliação e conservação dos recursos hídricos subterrâneos, incluindo os direitos de exploração e uso da água;
- um sistema de licenciamento para o lançamento de efluentes líquidos, ajudando a proteger as águas subterrâneas contra a poluição;
- definição dos direitos e deveres dos usuários das águas subterrâneas;
- proteção dos direitos de uso, dos direitos de terceiros e do meio ambiente;
- requerimentos para o registro e quantificação dos poços construídos;
- vias de possíveis intervenções administrativas em situações críticas (superexploração e poluição de aquíferos); e,
- base para interação cooperativa entre os administrados e os usuários da água.

Segundo alguns autores (*e.g.* BURCHI, 1994; SALMAN, 1999; NANNI *et al.*, 2003), para abranger todos estes aspectos, a moderna legislação de águas subterrâneas deve se restringir a conceitos e poderes fundamentais, onde os detalhes do gerenciamento sejam discutidos em regulamentos e planos de implementação. Para estes autores, isto tem promovido uma visão mais unificada entre as águas subterrâneas e superficiais. Por outro lado, ao avaliar as características particulares das águas subterrâneas e suas relações com o uso e ocupação dos

solos, a base legal deve considerar os diferentes níveis territoriais, partindo-se de um contexto nacional e atingindo os níveis estadual e local. Este autores consideram ainda que alguns dos aspectos a serem introduzidos nesta estrutura legal sejam:

- direitos de exploração e uso das águas subterrâneas;
- licenciamento para descarga de efluentes líquidos;
- sanções punitivas;
- controle das atividades de construção de poços;
- planejamento hídrico à nível de bacia ou aquífero;
- uso conjuntivo das águas superficiais e subterrâneas;
- zoneamento superficial do solo para conservação e proteção das águas subterrâneas;
- participação dos usuários; e,
- providências para o monitoramento das águas subterrâneas.

Todos estes aspectos estão de acordo com os princípios básicos praticados mundialmente para o gerenciamento integrado dos recursos hídricos. Contudo, o sucesso na implementação de uma legislação específica para as águas subterrâneas depende de inúmeros fatores (*e.g.* BURCHI, 1994; NANNI *et al.*, 2003). Dentre eles citam-se:

- a necessidade de um arranjo administrativo, contendo gestores com alto nível de treinamento;
- uma compreensão clara do papel institucional e de suas funções em todos os níveis relevantes de atuação;
- um nível adequado de conscientização pública e de aceitação das bases legais; e,
- vontade política para promover e atingir as metas do gerenciamento sustentável das águas subterrâneas.

Segundo os referidos autores, a base legal para o estabelecimento de uma política de gestão de águas subterrâneas deve prever um arranjo administrativo hierárquico, estabelecido a partir de ações nacionais, passando ao nível de bacia hidrográfica e, por fim, ao nível local. Ao nível nacional, as funções do gerenciamento (incluindo os aspectos de qualidade e quantidade) devem ser investidas a partir de uma autoridade única ou de um ministério, ou, para os casos onde isso não for possível, a partir de mecanismos institucionais claros que promovam a coordenação entre os componentes básicos do gerenciamento. Ao nível de bacia hidrográfica, ou regional, a situação específica deve garantir o estabelecimento de agências de bacias, especialmente para a execução de algumas funções de planejamento e coordenação.

Ao nível intermediário, ou local, é importante considerar os arranjos institucionais locais para a administração da água, o papel das autoridades locais no gerenciamento das águas (desde que representem interesses locais) e o estabelecimento de instituições intermediárias (organizações de gerenciamento de aquíferos), contendo poder jurídico em relação a aquíferos específicos e adequada representação de associações de usuários da água.

Dentro da visão apresentada, muitos governos já desenvolveram uma legislação específica para controlar a exploração das águas subterrâneas e para inibir atividades que possam vir a comprometer a sua disponibilidade, em termos de quantidade e qualidade. O melhor exemplo disso consiste no conjunto de diretivas propostas pela União Européia, para o período entre 2001 e 2015, afetando diretamente 27 países e marcando uma importante tendência na política e no gerenciamento dos recursos hídricos (*e.g.* CEC, 2000; KALLIS & BUTLER, 2001; BARTH & FAWELL, 2001). No Brasil, algumas ações específicas encontram-se previstas na Lei Federal Nº 9.433/97 e outras são descritas nas resoluções recentes do **CNRH**. Em termos regionais, podem ser citadas como referência as estruturas legais criadas pelos estados de São Paulo e Pernambuco.

3.3.2 - A Estratégia de Gerenciamento Atualmente Difundida

Conforme apresentado anteriormente, constata-se que no momento atual tem havido muitas discussões sobre a implementação de estratégias específicas para o gerenciamento Integrado das águas subterrâneas. Contudo, este é um tema relativamente recente, e, por esta razão, muitos dos trabalhos produzidos são ainda fragmentados, trazendo apenas resultados específicos sobre algumas ações efetivadas a nível local.

Assim, poucos são os trabalhos que tratam, a rigor, do tema “Gestão Integrada de Águas Subterrâneas”. Neste caso, se sobressai a participação incisiva do Banco Mundial, que reuniu um grupo de pesquisadores para atuarem produzindo trabalhos técnicos e científicos pertinentes ao tema em questão (*e.g.* SALMAN, 1999; FOSTER *et al.*, 1997; 2000; 2002, 2003a, b, c, d, e; HIRJI & IBLEKK, 2001; FOSTER, 2001, 2002a, b, c; FOSTER & GARDUÑO, 2002a, b, c; TUINHOF *et al.*, 2003; NANNI *et al.*, 2003; GARDUÑO *et al.*, 2003a, b; KEMPER *et al.*, 2003; FOSTER & GARDUÑO, 2003). Estes trabalhos têm contribuído para homogeneizar e difundir o conceito de Gestão Integrada de Águas Subterrâneas, bem como, para orientar o desenvolvimento de estratégias de gerenciamento específicas.

Em termos gerais, tais estratégias preconizam o estabelecimento de um conjunto de ações para gerenciar os aspectos relacionados às disponibilidades hídricas subterrâneas (gerenciamento das disponibilidades) e às suas demandas de uso (gerenciamento das demandas). A consideração destes aspectos constitui uma condição essencial para a proposição de uma estrutura de planejamento e administração integrada para as águas subterrâneas (*e.g.* FOSTER *et al.*, 2002; FOSTER *et al.*, 2003a, b, c; TUINHOF *et al.*, 2003).

Isto porque, quando se permite a exploração descontrolada das águas subterrâneas, através do bombeamento excessivo ou da falta de critérios técnicos para a construção de obras de captação, pode-se contribuir para a ocorrência de sérios danos aos aquíferos (como o declínio da quantidade e da qualidade das reservas, a intrusão salina, a perda da capacidade de armazenamento, e, até mesmo, subsidência de terrenos). Por outro lado, estes danos podem também ser um reflexo das demandas crescentes por água subterrânea e da falta de planejamento específico para atendê-las. Segundo TUINHOF *et al.* (2003), isto pode acabar comprometendo definitivamente as potencialidades hídricas dos aquíferos.

Assim, para controlar esta situação, torna-se essencial reconhecer que os aspectos socioeconômicos (gerenciamento das demandas) são tão importantes quanto os aspectos hidrogeológicos (gerenciamento das disponibilidades) e que a integração entre estes dois sistemas deve ser sempre estabelecida. Para isto, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, deve-se considerar a integração de fatores fundamentais (hidrológicos, hidrogeológicos e socioeconômicos), que determinam e controlam os aspectos relacionados às disponibilidades e demandas das águas subterrâneas (*e.g.* quantidade, qualidade, interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos).

3.3.2.1 - Gerenciamento das Disponibilidades

Para o gerenciamento das disponibilidades hídricas subterrâneas considera-se essencial entender os sistemas aquíferos e suas suscetibilidades específicas aos impactos negativos (em termos quantitativos e qualitativos, e em termos de suas possíveis interações), causados por condições de extrema utilização e pela falta de proteção. Caso sejam tomadas medidas imediatas, estes efeitos podem ser de curta duração e, portanto, reversíveis. Caso contrário, se dependerem apenas da capacidade de recuperação dos aquíferos, podem ser de longa duração e quase irreversíveis. Sob esta perspectiva, o monitoramento operacional se mostra uma ferramenta vital para desenvolver o entendimento necessário para o gerenciamento efetivo das disponibilidades hídricas subterrâneas.

Em termos quantitativos, as ações devem ser dirigidas para a avaliação de aspectos relacionados às potencialidades hídricas e à distribuição espacial e temporal das reservas subterrâneas. Em termos de qualidade, as ações devem ser dirigidas para a avaliação dos aspectos relacionados aos riscos de poluição dos aquíferos e ao controle das principais fontes de poluição. Além disso, deve-se buscar identificar os aspectos relacionados às interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos, apontando os impactos gerados a partir destas interações, tais como: os efeitos do bombeamento de poços na redução da recarga; e, os efeitos da irrigação, da urbanização e do desenvolvimento industrial.

3.3.2.1.1 - Aspectos Quantitativos

Em termos quantitativos, a avaliação dos sistemas aquíferos deve considerar o cálculo das reservas e identificação de possíveis impactos negativos, geralmente provocados em situações de extrema utilização.

Para o cálculo das reservas, devem ser abordados os seguintes conceitos: 1) reservas reguladoras ou renováveis; 2) reservas permanentes ou seculares; 3) reservas totais ou naturais; e, 4) reservas de exploração ou recursos. Segundo FEITOSA & MANOEL FILHO (1998), estes conceitos são descritos da seguinte maneira:

- As reservas reguladoras representam a quantidade de água livre, armazenada no aquífero, que é renovada a cada período anual, correspondendo à recarga do aquífero. Elas são submetidas, assim, ao efeito do ritmo sazonal ou interanual das precipitações.
- As reservas permanentes, também chamadas seculares ou profundas, constituem as águas acumuladas no aquífero em função da porosidade efetiva e do coeficiente de armazenamento, e cujos valores médios independem da flutuação sazonal da superfície piezométrica.
- As reservas totais ou naturais são representadas pelo conjunto das reservas permanentes mais as reservas reguladoras, constituindo, assim, a totalidade de água existente num aquífero ou sistema aquífero.
- As reservas de exploração, ou recursos, constituem a quantidade máxima de água que poderia ser explorada de um aquífero, sem riscos de causar qualquer tipo de prejuízo ou efeitos indesejáveis no manancial.

Assim, considerando o conceito de reserva de exploração, entende-se como efeitos indesejáveis, ou possíveis impactos negativos, os seguintes aspectos:

- sob o ponto de vista hidrológico: que se exceda a recarga média anual;
- sob o ponto de vista econômico: que os níveis piezométricos desçam abaixo da profundidade econômica de bombeamento;
- sob o ponto de vista de qualidade: que se permita a entrada de águas de qualidade indesejável;
- sob o ponto de vista legal: que se afete direitos de outros usuários em decorrência do esgotamento ou redução sensível da descarga de base dos rios ou de poços pré-existentes;
- sob o ponto de vista agrícola: que nos aquíferos freáticos, com nível pouco profundo, este não desça o suficiente para danificar a vegetação natural, paisagem e cultivos típicos da região, e;
- sob o ponto de vista geotécnico: que não se produza uma subsidência do terreno com efeitos adversos.

O conceito de reservas exploráveis é relativamente controvertido, uma vez que há inúmeros fatores que atuam para acarretar ou minimizar os efeitos indesejáveis, tais como: o tipo e distribuição espacial da exploração; as condições específicas de recarga; o tipo de agricultura; o retorno das águas usadas; o que se entende e calcula por indesejável; dentre outros.

Alguns consideram que os valores entendidos e adotados como reservas exploráveis não poderiam exceder os valores efetivos das reservas renováveis. Outros consideram que as reservas exploráveis seriam constituídas pelas reservas reguladoras e uma parcela das reservas permanentes, o que poderia acarretar na sua depleção contínua. Na verdade, a determinação das reservas exploráveis de um aquífero deve levar em consideração a sua realidade única, dentro de um contexto não apenas físico, mas também socioeconômico. Assim, a gestão dos recursos hídricos deve satisfazer a um conjunto de objetivos associados aos diversos usos da água, envolvendo uma análise dos custos e benefícios, presentes e futuros, da sua utilização. Dessa maneira, em alguns casos pode-se admitir a exploração das reservas permanentes, em outros pode haver necessidade de preservação total dos recursos hídricos.

A determinação da capacidade máxima de exploração abrange um conjunto de variáveis locais, que devem ser avaliadas caso a caso. Neste estudo, devido às condições climáticas e fisiográficas das regiões abordadas, considera-se como reserva explorável aquela reserva reguladora ou renovável, ou seja, a quantidade de água correspondente à recarga anual do aquífero.

3.3.2.1.2 - Aspectos Qualitativos

Em várias partes do mundo os aquíferos vêm experimentando uma crescente ameaça à poluição e à contaminação. As principais causas disto estão relacionadas à urbanização, ao desenvolvimento industrial e às atividades agrícolas (*i.e* relacionadas ao uso e ocupação dos solos). Estas atividades geram a necessidade de utilização das águas subterrâneas, que acabam tendo a sua qualidade afetada por vários problemas. Por outro lado, as águas subterrâneas também estão sujeitas à perda de qualidade por processos naturais.

FOSTER *et al.* (2002), classificam os principais tipos de problemas associados à falta de qualidade das águas subterrâneas de acordo com a sua gênese, e apontam as principais causas disso, conforme apresentado na TAB. 3.9. Pela referida tabela pode-se constatar que existem várias maneiras de um aquífero tornar-se poluído, ou contaminado. A maioria delas está relacionada à disposição inadequada de resíduos sólidos e a usos específicos dos solos, bem como ao lançamento descontrolado de efluentes líquidos (domésticos e industriais) nos cursos d'água superficiais. Nestes casos, a poluição/contaminação das águas subterrâneas ocorre quando as concentrações de certos componentes excedem a capacidade natural de atenuação dos solos e das camadas geológicas subjacentes, permitindo que alcancem o nível dos aquíferos.

Tabela 3.9 - Classificação dos problemas de qualidade das águas subterrâneas

Tipo de Problema	Causas Relacionadas	Principais Contaminantes
Poluição de aquíferos	Proteção inadequada de aquíferos vulneráveis contra resíduos gerados a partir de atividades urbanas e industriais, e intensificação da agricultura.	Patógenos, nitrato ou amônia, cloreto, sulfeto, boro, arsênio, metais pesados, carbono orgânico dissolvido, hidrocarbonetos aromáticos e halogenados, pesticidas.
Contaminação de poços	Projeto e construção inadequada de poços, permitindo o ingresso direto de poluentes por meio de águas superficiais ou águas subterrâneas rasas.	Principalmente patógenos.
Intrusão salina	Bombeamento excessivo induzindo a circulação de água subterrânea salinizada, e às vezes poluída, em aquíferos com água de boa qualidade.	Principalmente cloreto de sódio
Contaminação natural	Relacionado a evolução química da água subterrânea e à dissolução de minerais (pode ser agravada pela poluição antrópica ou pelo bombeamento excessivo).	Principalmente ferro e fluoretos solúveis, algumas vezes sulfato de magnésio, arsênio, manganês, selênio, e outras espécies inorgânicas.

Fonte: Modificado de FOSTER *et al.* (2002).

Geralmente, o processo de poluição/contaminação afeta primariamente os aquíferos freáticos (ou livres), especialmente onde a zona vadoza é pouco expressiva e o nível d'água é raso. Por outro lado, pode estar presente também em aquíferos semi-confinados, caso a camada confinante seja relativamente fina e permeável.

Assim, quando os resíduos gerados pelas atividades antrópicas são dispostos de maneira controlada, as camadas de solo conseguem atenuar muitos poluentes e contaminantes da água. Este processo de auto-depuração ocorre durante a percolação pela zona vadoza e é decorrente do resultado de reações químicas e bioquímicas que acontecem durante este percurso. Contudo, nem todo perfil de solo é igualmente efetivo na atenuação de poluentes. Este é o caso, por exemplo, de locais onde rochas consolidadas altamente fraturadas estão presentes. Particularmente nestes ambientes, os aquíferos são mais vulneráveis.

Dessa maneira, percebe-se que o conceito de vulnerabilidade está diretamente relacionado à susceptibilidade que um sistema aquífero tem de vir a ser degradado por atividades antrópicas, o que implica na maior ou menor probabilidade de alteração negativa da qualidade da água subterrânea em consequência das atividades humanas (*e.g.* FOSTER & HIRATA, 1988; CUSTÓDIO, 1994; REBOUÇAS, 1994; CAVALCANTE, 1998; FOSTER *et al.*, 2002). Nestes casos, existem metodologias específicas desenvolvidas para promover a proteção da qualidade das águas subterrâneas.

Neste sentido HIRATA (1994) e HIRATA e REBOUÇAS (1996) analisaram alguns programas empregados em diferentes países e concluíram que existem duas linhas básicas de procedimento. A primeira tem como referência o poço, para o qual se estabelece perímetros de proteção, definidos em função de um tempo de transito específico, distância da fonte poluidora e/ou comportamento hidráulico do aquífero. O segundo enfoca o sistema aquífero, adotando-se restrições em relação ao uso da terra associadas ao grau de vulnerabilidade à poluição do aquífero e a importância da água como fonte de abastecimento público.

A metodologia que estabelece Perímetros de Proteção de Poços (**PPP**) é considerada eficiente para aquíferos simples, homogêneos e isotrópicos. Além disso, em áreas urbanas, onde existe elevada densidade de poços, a exemplo das áreas abordadas neste estudo, ocorre uma grande dificuldade no traçado do **PPP**, uma vez que praticamente não existe uma distância mínima obedecida pelos poços. Nestes casos, esta técnica não é recomendável pois pode gerar indicações não aceitáveis sobre os perímetros de proteção (*e.g.* CAVALCANTE, 1998).

Já o mapeamento do grau de vulnerabilidade é uma técnica mais abrangente, associando as características hidrogeológicas com os aspectos hidroambientais, socioeconômicos, uso e importância da água sob uma visão sistêmica (e.g. CAVALCANTE, 1998). Ela integra os fatores intervenientes para preservação das características naturais do meio, conduzindo ao estabelecimento de zonas de proteção dos sistemas aquíferos, associadas à existência do risco de degradação dos aspectos qualitativos da água por atividades potencialmente poluidoras.

Para avaliar esta probabilidade e determinar a vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos, duas técnicas têm sido bastante utilizadas: **DRASTIC** (ALLER *et al.*, 1987) e **GOD** (FOSTER & HIRATA, 1988; HIRATA, 1994; FOSTER *et al.*, 2002). A primeira analisa apenas a vulnerabilidade do aquífero, independente do tipo e do volume de carga contaminante, envolvendo o conhecimento sobre a profundidade do nível d'água (*Depth* – **D**), recarga (*Recharge* – **R**), tipo de aquífero (*Aquifer* – **A**), tipo de solo (*Soil* – **S**), topografia (*Topography* – **T**), impacto de contaminantes (*Impact* – **I**) e condutividade hidráulica (*Contuctivity* – **C**), associado a uma avaliação de risco mediante a consideração dos fatores intervenientes (ALLER *et al.*, 1987).

A segunda técnica (método **GOD**) foi desenvolvida para analisar apenas a susceptibilidade das águas subterrâneas a uma contaminação geral, podendo ser acoplado a um sistema de análise das cargas contaminantes, resultando em definições de riscos de poluição (HIRATA, 1994). Ela é mais simples e adaptável para áreas com escassez de informações, onde se utilizam três parâmetros básicos: tipo de confinamento do aquífero (*Groundwater Confinement* – **G**), visão global dos litotipos da zona não saturada ou das camadas confinantes (*Overlying Strata* – **O**) e a profundidade do nível d'água, em aquíferos livres, ou da camada impermeável, em aquíferos confinados (*Depth to Groundwater Table or Strike* – **D**). Esta metodologia permite identificar 5 classes de vulnerabilidade natural. Quais sejam: Extrema, Alta, Moderada, Baixa e Negligenciável (e.g. FOSTER & HIRATA, 1988; FOSTER *et al.*, 2002).

3.3.2.1.3 - Aspectos de Interação com as Águas Superficiais

As águas subterrâneas diferem das águas superficiais devido aos contrastes físicos e químicos presentes no ambiente no qual elas ocorrem (e.g. WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998; FOSTER *et al.*, 2002; TUINHOF *et al.*, 2003). Em função destes contrastes, são reconhecidas algumas características distintivas, em termos hidrológicos, hidrogeológicos e socioeconômicos, conforme apresentado na TAB. 3.10.

Tabela 3.10 - Feições comparativas entre os recursos hídricos subterrâneos e superficiais

Feição	Recursos hídricos	
	Subterrâneos	Superficiais
Características hidrológicas/hidrogeológicas		
Volumes armazenados	muito grande	pequeno a moderado
Áreas de ocorrência	relativamente irrestrita	restrita aos corpos d'água
Velocidades de escoamento	muito pequena	moderada a alta
Tempos de residência	geralmente décadas/séculos	principalmente semanas/meses
Propensão para secar	geralmente pequena	geralmente alta
Perdas por evaporação	pequena e localizada	alta para reservatórios
Avaliação da ocorrência	alto custo e incerteza significativa	baixo custo e menor incerteza
Impactos devido à extração	demorado e disperso	Imediato
Qualidade natural	geralmente alta (mas não sempre)	Variável
Vulnerabilidade à poluição	proteção natural variável	amplamente desprotegido
Persistência da poluição	muitas vezes extrema	principalmente transitória
Características socioeconômicas		
Percepção pública	mítica, imprevisível	estética, previsível
Custo do desenvolvimento	geralmente modesto	muitas vezes alto
Risco do desenvolvimento	menor do que o percebido	maior do que o assumido
Estilo de desenvolvimento	mistura entre público e privado	amplamente público

Fonte: modificado de TUINHOF *et al.* (2003).

Contudo, as águas superficiais e subterrâneas comumente apresentam um determinado grau de conexão hidráulica entre si, pois compartilham o mesmo ciclo hidrológico. Esta conexão permite que ocorram diferentes interações entre elas, que, muitas vezes, são difíceis de serem observadas e medidas (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998). No entanto, diante da crescente preocupação em torno dos recursos hídricos, a necessidade de considerar as águas subterrâneas e superficiais como um recurso único, indissociável, tornou-se maior. Assim, as interações, que antes eram ignoradas, passaram a ser avaliadas em discussões sobre quantidade e qualidade das águas.

Posto isto, o propósito aqui é apresentar uma caracterização sobre as possíveis interações (físicas e químicas) entre as águas subterrâneas e superficiais, buscando entender os reflexos destas interações para a proposição de uma estratégia de gerenciamento integrada e mais eficiente para as águas subterrâneas.

Interações Físicas

Para os propósitos deste trabalho, os processos físicos de interação entre as águas subterrâneas e superficiais podem ser descritos a partir de duas feições principais de ocorrência das águas superficiais, quais sejam: os cursos d'água; e, os reservatórios naturais e artificiais (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998).

Cursos d'Água

As interações dos cursos d'água com as águas subterrâneas podem ocorrer de três formas básicas (Figura 3.1), quais sejam: 1) os cursos d'água podem ganhar água pela descarga de aquíferos (cursos d'água efluentes); 2) os cursos d'água podem perder água para recarga de aquíferos (cursos d'água influentes); e, 3) podem ganhar água em alguns trechos e perder água em outros (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998).

Para o caso dos cursos d'água efluentes, a altura do lençol freático em suas vizinhanças deve ser maior que a altura da lamina d'água em seu leito (Figura 3.1-A). Neste caso, observa-se, em planta, que as curvas equipotenciais das águas subterrâneas infletem na direção contrária à do fluxo superficial, indicando ganho de água no leito de drenagem (Figura 3.1-B). Em contraposição, para os cursos d'água influentes, a altura do lençol freático em suas vizinhanças deve ser menor que a altura de sua lamina d'água (Figura 3.1-C). Em planta, as curvas equipotenciais das águas subterrâneas infletem para a mesma direção do fluxo superficial, indicando perda de água superficial para a recarga subterrânea (Figura 3.1-D). Os cursos d'água influentes podem estar conectados ao sistema aquífero por uma zona saturada contínua (Figura 3.1-C), ou podem estar desconectados por uma zona não-saturada (Figura 3.1-E). Neste último caso, a mais importante feição a ser observada é que o bombeamento de poços rasos nas suas proximidades não afeta o fluxo superficial.

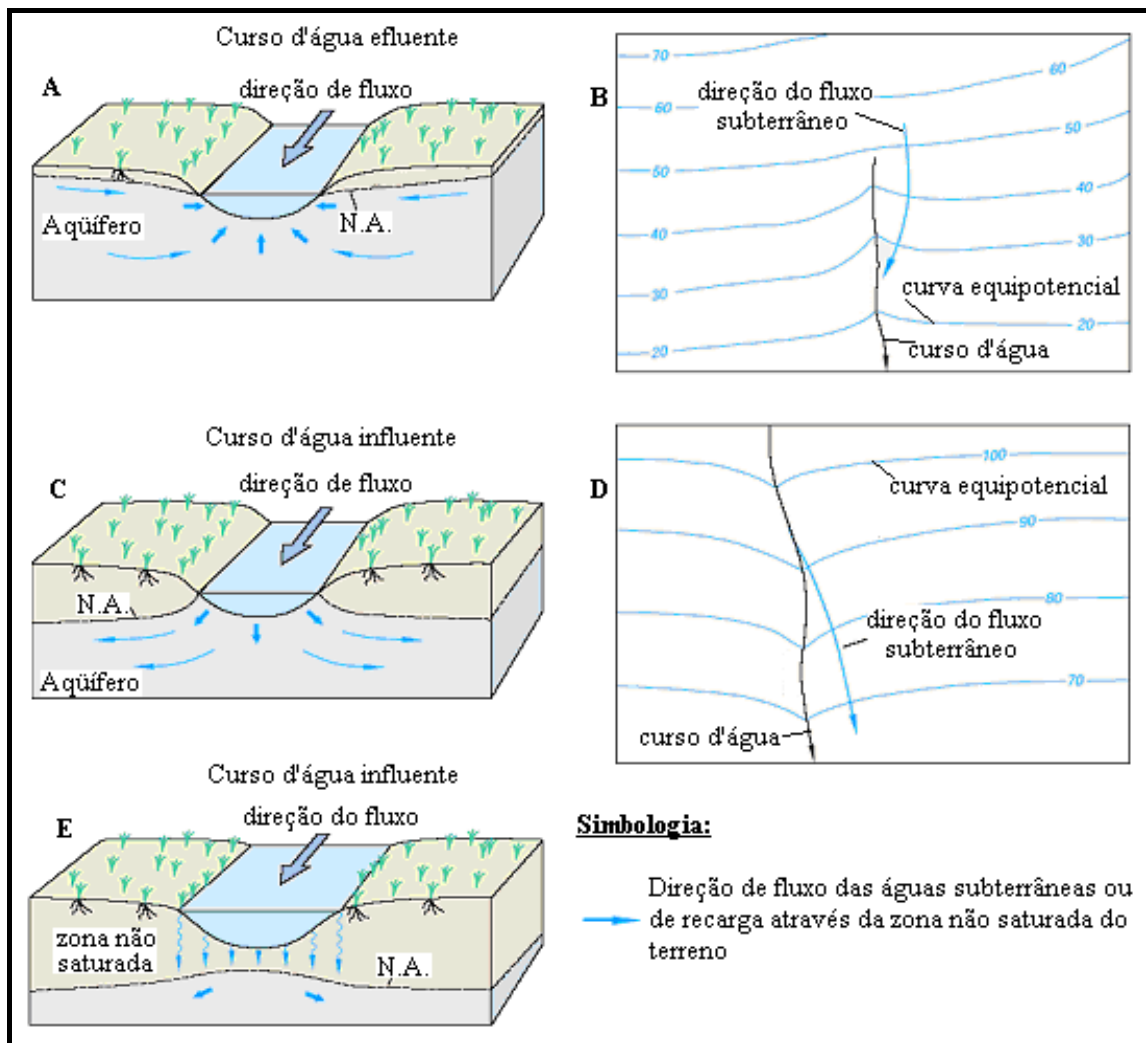


Figura 3.1 - Possíveis interações entre os cursos d'água e os aquíferos.

Fonte: modificado de WINTER *et al.* (1998) e ALLEY *et al.* (1998).

Por outro lado, se o leito de drenagem estiver conectado ao sistema aquífero subjacente, o bombeamento de poços localizados neste aquífero pode causar mudanças na condição de interação entre as águas subterrâneas e superficiais (Figura 3.2).

Considerando, por exemplo, a condição de um rio efluente, o bombeamento nas proximidades de um curso d'água poderia interceptar a água subterrânea que estaria sendo descarrega em seu leito, diminuindo o fluxo de base (Figura 3.2-A). Numa condição extrema, se fosse mantida uma alta taxa de bombeamento, poderia ser induzido o fluxo do rio para o aquífero, mudando, localmente, a condição de interação para influente (Figura 3.2-B).

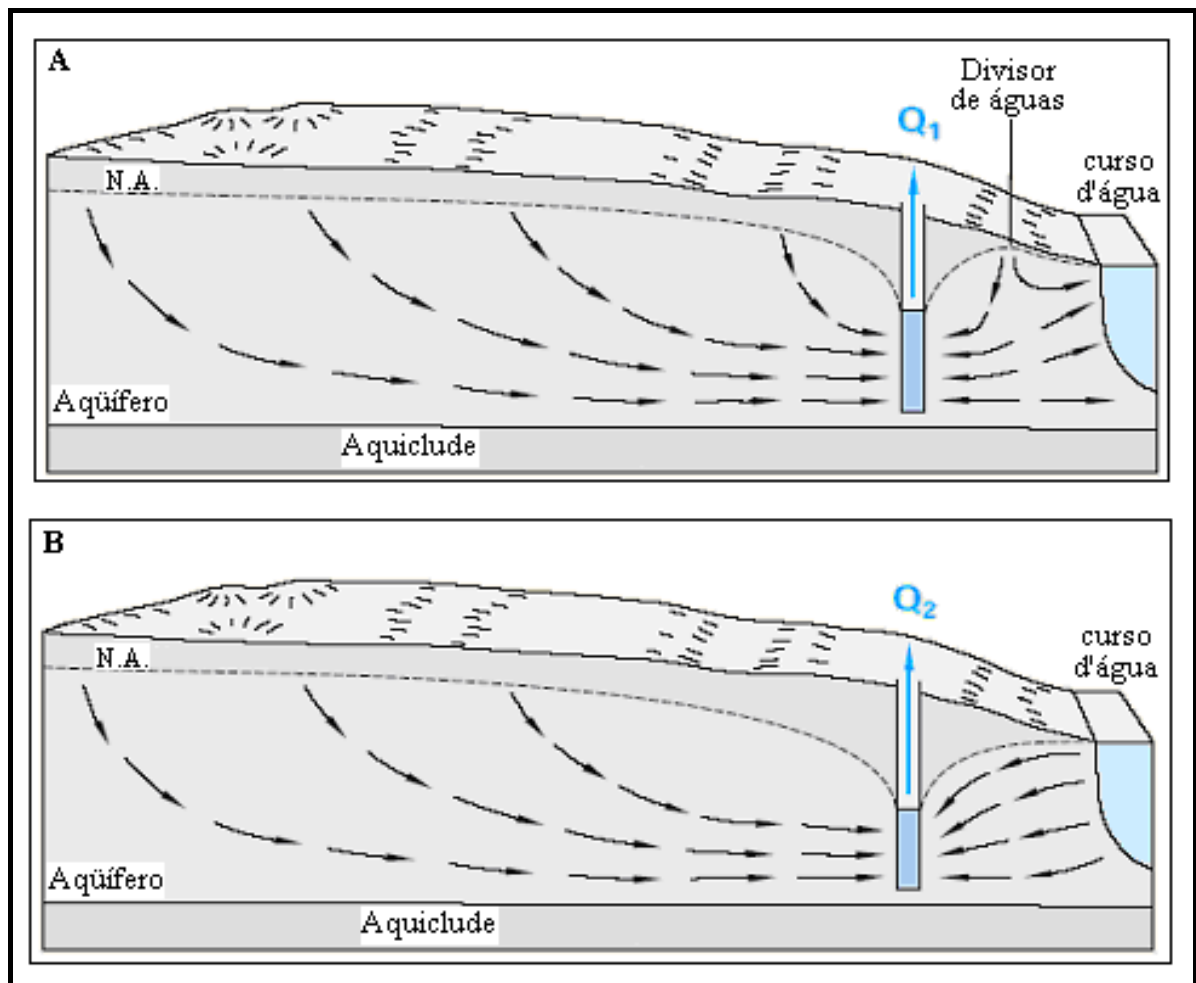


Figura 3.2 - Influência de poços de bombeamento nas possíveis interações entre os cursos d'água e os aqüíferos.

Fonte: modificado de WINTER *et al.* (1998) e ALLEY *et al.* (1998).

Outro tipo de interação entre águas superficiais e subterrâneas ocorre quando há a inundação de planícies aluviais. Este tipo é chamado de armazenamento de bancada. Este caso pode ser descrito a partir de três estágios consecutivos (Figura 3.3).

No primeiro estágio considera-se uma condição normal de interação de curso d'água efluente com o aqüífero (Figura 3.3-A). No segundo estágio considera-se, por exemplo, a ocorrência de um evento (*e.g.* precipitação de tempestades; liberação de água de um reservatório a montante) que tenha causado uma rápida elevação do nível d'água no leito de drenagem. No caso de um evento como este, contanto que o volume de água não ultrapasse a altura da bancada do leito de drenagem, a maioria do volume de água do curso que entra na bancada retorna ao seu leito em poucos dias ou semanas (Figura 3.3-B). A perda de água do rio para o armazenamento de bancada e o retorno desta água para o leito do rio, em um período de dias ou semanas, tende a reduzir os picos de inundação (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*,

1998). No terceiro estágio, considera-se o caso em que a água é suficiente para ultrapassar a altura da bancada do leito de drenagem e inundar amplas áreas do terreno. Este processo pode levar a uma recarga difusa do aquífero subjacente a partir da área inundada (Figura 3.3-C). Neste caso, o tempo de retorno da água de inundação, que recarrega o aquífero, é controlado pela velocidade do escoamento subterrâneo, podendo levar semanas, meses ou anos para que a água retorne ao leito de drenagem original (e.g. WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998).

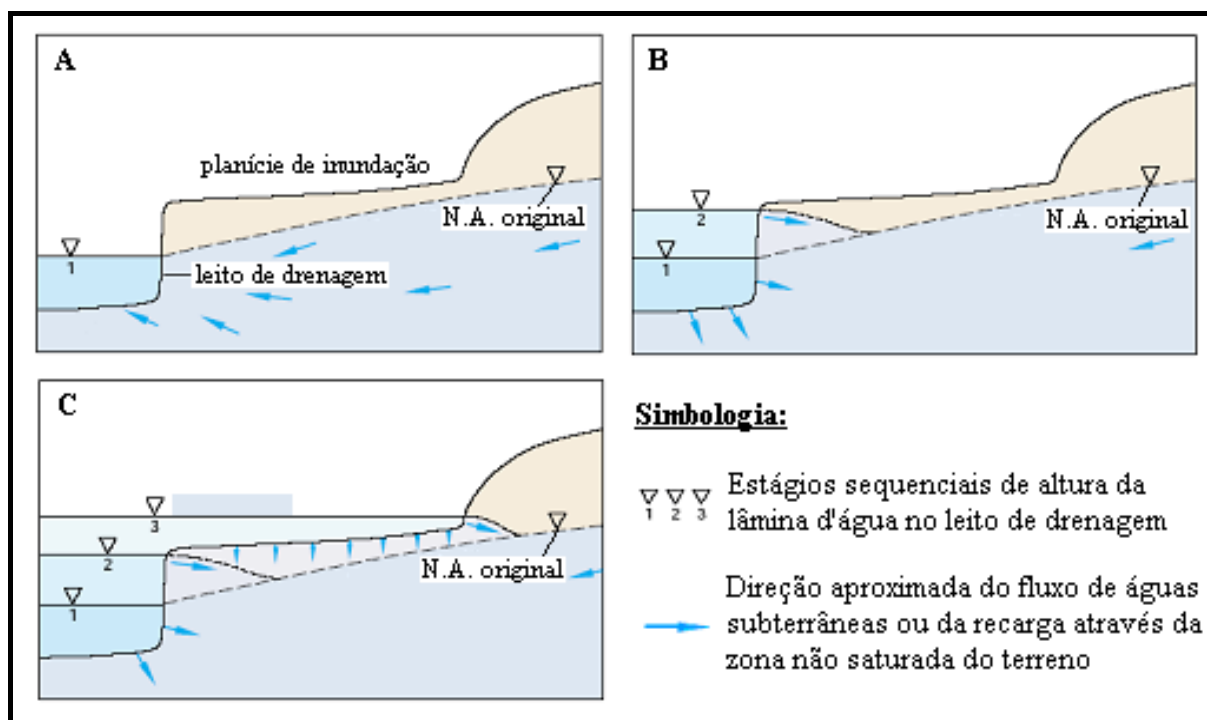


Figura 3.3 - Possíveis interações entre águas superficiais e subterrâneas devido à inundação de planícies aluviais.

Fonte: modificado de WINTER *et al.* (1998) e ALLEY *et al.* (1998).

Reservatórios Naturais e Artificiais

Os reservatórios naturais interagem com as águas subterrâneas a partir de três formas básicas (Figura 3.4), quais sejam: recebendo as descargas subterrâneas através de todo o seu leito; perdendo água para a recarga subterrânea através de todo o seu leito; e, o mais comum, que é quando recebe água das descargas subterrâneas em parte de seu leito e perde água para a recarga subterrânea em outras partes (e.g. WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998).

Estas interações são, basicamente, as mesmas que ocorrem nos cursos d'água superficial, entretanto diferem em alguns aspectos. Por exemplo, o nível d'água em lagos naturais, isto é, naqueles não controlados por diques, geralmente não muda tão rapidamente quanto o nível d'água nas drenagens, portanto o armazenamento de bancada tem menor importância em um

lago do que em rio. Outra característica distintiva é que a evaporação, geralmente, tem um maior efeito no nível dos lagos do que no nível de água das drenagens, pois a área superficial nos lagos é geralmente maior, e também, porque a água do lago não é repostada tão rapidamente quanto em alguns trechos de rio.

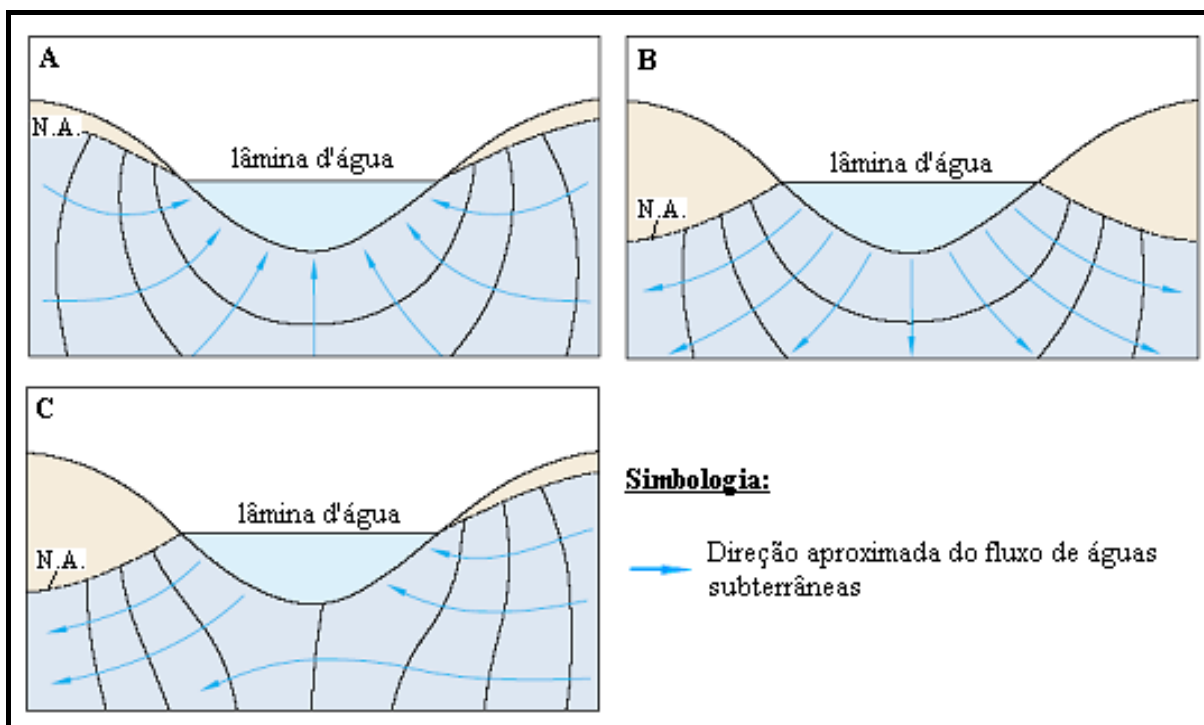


Figura 3.4 - Possíveis interações entre os reservatórios naturais e artificiais com as águas subterrâneas.

Fonte: modificado de WINTER *et al.* (1998) e ALLEY *et al.* (1998).

Considerando os reservatórios artificiais (*e.g.* represas; açudes), designados primariamente para controlar o fluxo e a distribuição da água superficial, observa-se que muitos são construídos ao longo dos vales dos rios. Sendo assim, eles têm algumas características de rios e outras de lagos. Como os rios, os reservatórios artificiais podem ter uma flutuação muito ampla do nível d'água e, neste caso, o armazenamento de bancada pode ser significativo, pois existe uma interação contínua entre as águas superficiais e subterrâneas através dele. Como os lagos, observa-se que os reservatórios artificiais podem sofrer perdas significativas por evaporação, diminuindo a área superficial da lamina d'água e afetando a interação com as águas subterrâneas (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998).

Interações Químicas

Dois dos controles fundamentais da qualidade química das águas subterrâneas, são: 1) os tipos de materiais geológicos que elas atravessam; e, 2) o tempo em que elas permanecem em

contato com estes materiais. Em função destes dois controles, as reações naturais que podem afetar as características geoquímicas e biológicas das águas subterrâneas, incluem: a) reação de ácido-base; b) precipitação e dissolução de minerais; c) sorção e troca iônica; d) reação de oxidação-redução; e) biodegradação; e, f) dissolução de gases (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; DOMENICO & SCHWARTZ, 1998).

Durante a interação entre as águas superficiais e subterrâneas, no ciclo hidrológico, algumas destas reações podem predominar. Por exemplo, quando a água primeiro infiltra pela superfície do terreno, os microorganismos no solo têm um efeito significativo na evolução da química da água, pois degradam a matéria orgânica dos solos, produzindo altas concentrações de dióxido de carbono dissolvido (CO₂). Este processo diminui o pH e aumenta a concentração de ácido carbônico (H₂CO₃) no solo e na água. Por sua vez, a produção de ácido carbônico dispara várias reações de alteração mineral.

Quando o tempo de contato entre a água subterrânea e os minerais presentes no meio é curto, a concentração de sólidos dissolvidos na água é geralmente pequena. Neste caso, mudanças químicas limitadas são produzidas antes que a água retorne para os corpos d'água superficial pela descarga subterrânea. Em contraposição, nos sistemas de escoamento profundos, o tempo de contato entre a água subterrânea e os minerais presentes no meio torna-se muito maior que aquele observado em sistemas rasos de circulação.

Como resultado, a importância inicial das reações relacionadas aos microorganismos na zona de solo pode ser substituída, com o passar do tempo, por reações químicas entre os minerais e a água (alteração geoquímica). À medida que a alteração do meio progride, a concentração de sólidos dissolvidos aumenta e, dependendo da composição química dos minerais que estão sendo alterados, ocorre uma mudança da abundância relativa de certos elementos inorgânicos dissolvidos na água subterrânea (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998).

Durante estes processos, a água superficial pode, repetidamente, manter uma interação com a água subterrânea, entrando e saindo do aquífero e vice-versa. Esta interação acaba aumentando o tempo de contato entre a água e os materiais geológicos quimicamente reativos, e também circulando águas contaminadas de superfície, o que vem a deteriorar a qualidade das águas subterrâneas (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998; FOSTER *et al.*, 2002).

3.3.2.1.4 - Aspectos de Interação com o Uso e Ocupação dos Solos

As atividades humanas comumente afetam a distribuição, a quantidade e a qualidade química dos recursos hídricos. Segundo WINTER *et al.* (1998), as principais atividades humanas que afetam as águas subterrâneas estão relacionadas ao desenvolvimento agrícola, ao desenvolvimento urbano e industrial, à drenagem de terrenos, à modificação da área da bacia e à modificação atmosférica.

FOSTER *et al.* (2002), numa visão mais prática e voltada para o gerenciamento de águas subterrâneas, apontam, como as de maior impacto em áreas urbanas e rurais, as seguintes atividades: o desenvolvimento agrícola; e, o desenvolvimento urbano e industrial. Estas atividades estão diretamente relacionadas ao crescimento populacional e, por conseguinte, afetam o uso e ocupação dos solos e as suas relações com as águas superficiais e subterrâneas.

Desenvolvimento Agrícola

A agricultura tem sido a causa de constantes modificações na paisagem natural. O cultivo de lavouras modifica as características de infiltração e de escoamento dos terrenos, afetando a recarga das águas subterrâneas, o transporte de sedimentos e de água para os corpos d'água superficiais e a evapotranspiração. Todos estes processos também afetam, direta ou indiretamente, a interação entre as águas subterrâneas e superficiais, em termos de quantidade e qualidade.

Duas atividades relacionadas ao desenvolvimento agrícola são, particularmente, relevantes para a interação entre as águas subterrâneas e superficiais, quais sejam: os sistemas de irrigação; e, a aplicação de agentes químicos nas lavouras. As principais características destas atividades são apresentadas na TAB. 3.11.

Tabela 3.11 - Atividades relacionadas ao desenvolvimento agrícola, relevantes para o contexto de interação entre as águas subterrâneas e superficiais

Atividade	Caracterização Geral
Sistemas de Irrigação	A quantidade média de água aplicada na agricultura varia de acordo com as condições locais. Entretanto, em muitas áreas irrigadas, entre 75% e 85% de toda a água aplicada é perdida pela evapotranspiração ou retida pelas lavouras (uso consuntivo). O restante da água aplicada infiltra através do solo para recarregar os aquíferos ou retorna aos corpos d'água superficial através do sistema de drenagem. Estes dois processos constituem o fluxo de retorno da irrigação. A quantidade de água de irrigação que recarrega os aquíferos, usualmente, é maior do que a recarga proporcionada pela precipitação, porque as grandes áreas de irrigação ocorrem comumente em regiões de pequena precipitação e pequena recarga natural. Como resultado disto, um grande volume de recarga artificial pode causar a subida do lençol freático, resultando num aumento do fluxo de saída dos aquíferos para os corpos d'água superficial. Mudanças significativas na qualidade acompanha o movimento da água nos campos cultivados. A água perdida por evapotranspiração é relativamente pura, no entanto, as substâncias químicas que ficam para trás são precipitadas como sais e se acumulam no solo. À medida que a irrigação continua, o processo de acumulação de sais cresce, resultando num aumento da concentração de sólidos dissolvidos no fluxo de retorno da irrigação. Para prevenir a formação excessiva de sais no solo, torna-se necessária uma irrigação além das exigências da planta para dissolver e lavar os sais, bem como, para transportá-los para os aquíferos ou cursos d'água adjacentes. Onde estes sais dissolvidos alcançam altas concentrações, a recarga artificial gerada pelo fluxo de retorno da irrigação pode resultar na degradação da qualidade da água subterrânea e, em última instância, da água superficial.
Aplicação de Agentes Químicos nas Lavouras	A aplicação de praguicidas e de fertilizantes nas lavouras pode resultar numa significativa adição de contaminantes no solo e nos recursos hídricos. Alguns pesticidas são pouco solúveis em água e podem aderir a partículas sólidas ao invés de permanecer em solução. Estes compostos são menos prováveis de causar contaminação das águas subterrâneas. Outros praguicidas, no entanto, são detectados em pequenas, mas significantes concentrações tanto nas águas subterrâneas quanto nas águas superficiais. A amônia, presente nos fertilizantes e adubos, é um composto muito solúvel em água, por conseguinte, é comum encontrar altas concentrações de nitrato em águas subterrâneas e superficiais associadas com terras agrícolas. Além destas fontes difusas de contaminação, as fontes pontuais também são comuns em áreas agrícolas, onde, por exemplo, o gado se concentra em pequenas áreas de pastagem

Fonte: compilado de WINTER *et al.* (1998); ALLEY *et al.* (1998); FOSTER *et al.* (2002).

Desenvolvimento Urbano e Industrial

O saneamento básico consiste numa das infra-estruturas essenciais para o desenvolvimento urbano e industrial. Além deste requisito básico, destaca-se também a grande importância do subsolo das áreas urbanas e industriais, onde esta infra-estrutura de desenvolvimento encontra-se instalada. Isto porque, considerações sobre a presença ou não de solos permeáveis e de aquíferos rasos são fatores importantes. Em cidades situadas sobre aquíferos produtivos, as águas subterrâneas são, quase sempre, o primeiro recurso hídrico a ser explorado (*e.g.* WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998; FOSTER *et al.*, 2002).

A urbanização e a industrialização afetam os aquíferos subjacentes de duas maneiras principais: 1) causando mudanças radicais nos padrões e taxas de recarga dos aquíferos; e, 2) modificando, adversamente, a qualidade das águas subterrâneas. Os efeitos na recarga surgem pela modificação nos sistemas de infiltração natural, tais como impermeabilização da

superfície e mudanças na drenagem natural, e pela introdução de redes de distribuição de água e captação de esgotos, as quais são, invariavelmente, associadas a grandes perdas de água produzidas por vazamentos. Por sua vez, o efeito na qualidade das águas subterrâneas pode ser adverso. O processo de urbanização, por exemplo, cria pontos de poluição difusos, relacionados, principalmente, a compostos de nitrogênio e fósforo presentes nos esgotos domésticos, além de aumentar os níveis de salinidade das águas subterrâneas. Relativamente difusos de contaminação das águas subterrâneas por produtos derivados do petróleo hidrocarbonetos cloretadas e outros compostos sintéticos e, em porções localizadas, por bactérias patogênicas e vírus, é também encontrada. Isto gera efeitos adversos e conflitos com o uso das águas subterrâneas para suprimento urbano.

Fontes pontuais de contaminação para os corpos d'água superficial são um efeito esperado do desenvolvimento urbano. Exemplos de fontes pontuais incluem as descargas diretas de sistemas de esgotamento sanitário, de instalações industriais e de drenos pluviais. Estas estruturas e instalações comumente adicionam cargas suficientes de uma variedade de contaminantes aos cursos d'água, afetando a sua qualidade por longas distâncias à jusante. Contaminantes nos cursos d'água superficial podem facilmente afetar a qualidade das águas subterrâneas, especialmente em locais onde as drenagens contribuem naturalmente para a recarga dos aquíferos ou onde os rebaixamentos causados por poços induzem a recarga através dos cursos d'água.

Fontes pontuais de contaminação para as águas subterrâneas incluem também tanques sépticos, tanques de armazenamento de combustíveis, aterros sanitários e lagoas industriais. Se um contaminante é solúvel em água e alcança o lençol d'água subterrânea, ele pode ser transportado pelo escoamento lento das águas subterrâneas. Se a fonte continua a fornecer contaminante por um determinado período de tempo, a distribuição do contaminante assume uma forma característica, parecida com uma pluma. Esta pluma acaba sendo transportada por certa distância até que é descarregada em um corpo d'água superficial, causando a sua contaminação, se as concentrações forem altas, ou gerando pouca ou nenhuma alteração da qualidade, se as concentrações da fonte e da pluma forem pequenas.

3.3.2.2 - Gerenciamento das Demandas

Como acontece com os recursos hídricos superficiais, o grau de utilização das reservas hídricas subterrâneas varia entre os países, e nestes, de região para região. Atualmente as

maiores demandas são geradas em função de aspectos relacionados ao rápido crescimento das populações mundiais, tais como a necessidade crescente de fornecimento de água para o abastecimento público e privado (doméstico e industrial) e para a produção de alimentos (agricultura irrigada).

Considerando todos estes aspectos, registra-se que, no cenário mundial, o abastecimento público (doméstico e industrial) constitui a maior demanda atual das águas subterrâneas (*e.g.* WORLD BANK, 1994; UNESCO, 1998). Em países como a Arábia Saudita, Dinamarca e Malta, as águas subterrâneas são o único recurso hídrico disponível. Já em países como Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça, mais de 70% das demandas são atendidas pelos mananciais subterrâneos. Dados da UNESCO (*op. cit.*) corroboram esta expectativa, revelando que em toda a Europa cerca de 75% da população é atendida com água subterrânea, podendo este percentual atingir 90% em países como Suécia, Holanda e Bélgica. Por sua vez, registra-se também que as demandas de água subterrânea para irrigação encontram-se em vasta expansão, uma vez que, no mundo, estima-se que existam cerca de 270 milhões de hectares irrigados com água subterrânea, sendo 13 milhões nos Estados Unidos e 31 milhões na Índia (UNESCO, 1998).

De uma maneira geral, considerando os principais usos da água no planeta (*i.e.* agrícola, industrial e doméstico), as estimativas são de que cerca de 70% da utilização seja destinada à agricultura, principalmente, à irrigação. A indústria é responsável por cerca de 22% do consumo total, enquanto que o uso doméstico é responsável por cerca de 8% desse consumo (*e.g.* UNESCO, 2003). Segundo UNESCO (*op. cit.*), atualmente a população mundial já se apropria de cerca de 54% de toda água doce acessível (*i.e.* recursos hídricos renováveis). Projeções para o ano 2025 dão conta de que a taxa de consumo de água passará para cerca de 70%, o que reflete apenas o impacto causado pelo crescimento populacional (consumo humano). Se o consumo *per capita* de outros setores usuários continuar a crescer no mesmo ritmo e for considerado neste computo, a taxa de consumo poderá passar para cerca de 90%.

Sendo assim, muitos autores concordam em dizer que o rápido crescimento populacional reflete um dos fatores mais visíveis e dramáticos de preocupação. Isto porque, dentro de certos limites, a água é considerada um recurso renovável, mas à medida que ocorre o aumento descontrolado das demandas ela pode se tornar finita. Sendo assim, com o aumento da população as demandas por água também aumentam e, inevitavelmente, os suprimentos *per capita* decrescem (*e.g.* GLEICK, 1998; SHIKLOMANOV, 1998, 2000).

Estudos recentes mostram que a população mundial triplicou nos últimos 100 anos, chegando a mais de 6 bilhões de habitantes na virada do Século XX. Neste período, o consumo mundial de água multiplicou 6 vezes, ou seja, a demanda pelos usos múltiplos da água duplicou em relação ao crescimento populacional (*e.g.* UNFPA, 2002, UN, 2002b). As estimativas de crescimentos futuros revelam que a população mundial pode chegar a 8 bilhões em 2025; e a 9,3 bilhões em 2050 (IWA, 2002).

Já a urbanização é uma das conseqüências diretas do crescimento contínuo da população. Estimativas recentes sugerem que até o ano 2025 cerca de 95% do crescimento populacional nos países em desenvolvimento aconteça em áreas urbanas. Considerando este ritmo de crescimento, as projeções são de que até 2025 a população urbana chegue a 58% da população mundial (*e.g.* UNFPA, 2002). Corroborando esta tendência, estimativas da ONU mostram que a população urbana dos países menos desenvolvidos pode alcançar o dobro do tamanho atual até o ano de 2030, sendo que entre 2015 e 2020 a população urbana deverá exceder a população rural pela primeira vez (UN, 2000b; UM, 2002b).

Com o crescimento da urbanização, a tendência é de que as demandas pelos recursos hídricos também cresçam, implicando em grandes desafios para manter o suprimento de água e controlar a poluição nos centros urbanos. Outra preocupação é a sobrecarga dos sistemas de abastecimento, que podem se tornar pior em função da localização geográfica de algumas cidades (*e.g.* regiões áridas e semi-áridas). Caso não haja um planejamento adequado, estes problemas podem forçar a utilização contínua de fontes frágeis, como os aquíferos, levando à deterioração do sistema de abastecimento como um todo e a um progressivo declínio nas condições de vida urbana, causados pela escassez de água e pela poluição.

O crescimento da populacional tem impacto também em outros usos essenciais da água (*i.e.* agrícola e industrial). A demanda por comida aumenta com o crescimento populacional e, conseqüentemente, faz com que seja requerida mais água para produção agrícola. Em algumas partes do mundo a maioria das recentes expansões em áreas irrigadas tem sido através da construção de poços tubulares para exploração de água subterrânea. Em função disso, em algumas áreas já existem sinais de superexploração das águas subterrâneas, o que tem levado ao decaimento dos níveis d'água e à ameaça a produção de comida, sem falar no suprimento de água para milhões de pessoas (*e.g.* GLEICK, 1998 e 2000).

A indústria, além de exercer forte pressão no consumo, reflete também numa ameaça à qualidade das águas, devido à disposição de resíduos sólidos e ao lançamento de efluentes

líquidos, que podem ter impactos diretos sobre as águas superficiais e subterrâneas. O desenvolvimento industrial influencia ainda na mudança do estilo de vida das populações, que passam a consumir mais e a procurar novas formas de lazer. Esta mudança de comportamento pode causar um impacto direto nos recursos hídricos, pois introduz a necessidade de planejamento específico para suportar as demandas de água associadas, por exemplo, à recreação e ao turismo (*e.g.* GLEICK, 1998).

No Brasil, observa-se que as demandas pelos principais usos da água têm aumentado de maneira acelerada, principalmente, devido ao rápido crescimento da população e da taxa de urbanização de algumas regiões do país. Em 1940, a população brasileira era de cerca de 41,24 milhões de habitantes, dos quais 12,88 milhões viviam em núcleos urbanos (31%), enquanto a maioria da população vivia na zona rural (69%). Neste início de século, a população brasileira mais que quadruplicou e a relação inverteu-se. Hoje, cerca de 81,2% da população vive em áreas urbanas (*e.g.* IBGE, 2000; ANA, 2003). Além disso, a crescente utilização das águas subterrâneas se deve também a alguns aspectos inerentes a sua ocorrência, quais sejam: são mais protegidas contra a poluição; oferecem baixo custo para sua captação e distribuição; e, dispensam, em geral, tratamentos prévios (*e.g.* REBOUÇAS, 1988; COSTA, 1994; MENTE, 1997).

Paralelamente aos fatores apresentados acima, a presença de fatores climatológicos desfavoráveis, o descontrolado aproveitamento das águas, a industrialização e a agricultura intensiva, estão desencadeando crescentes conflitos pelo uso dos recursos hídricos. Segundo SRH/MMA (1998), a primeira iniciativa para quantificar as demandas dos usos consuntivos (*i.e.* irrigação, saneamento e indústria), partindo-se de critérios indiretos, foi realizada na década de 1980, no âmbito da Associação Brasileira de Recursos Hídricos (**ABRH**). Neste trabalho, a estimativa de demanda para irrigação foi de 15,9 km³/ano, ao lado de 9,9 km³/ano para abastecimento público e 7,8 km³/ano para indústria. Portanto, a estimativa de demanda consuntiva total no Brasil foi de 33,6 km³/ano, configurando percentuais de 47% para irrigação, 30 % para abastecimento público e 23 % para indústria.

Uma outra estimativa dos usos consuntivos da água foi feita em 1995 pela **ABRH**, a pedido do Ministério da Saúde. Os valores estimados revelaram uma demanda total de 36,5 km³/ano (cerca de 8% maior que a estimativa anterior), com composição de consumo sensivelmente distinta, sendo 53% para irrigação, 35% para abastecimento público e 12% para a indústria (*e.g.* SRH/MMA, 1998).

Segundo REBOUÇAS *et al.* (1999) e ANEEL (1999), em 1999 o Brasil usava pouco mais de 1% de todo o seu potencial hídrico [cerca de 57,5 km³/ano, sendo 47,9 km³/ano de águas superficiais (83%) e 9,6 km³/ano de águas subterrâneas (17%)]. Considerando esta utilização de águas subterrâneas, estes autores estimaram que cerca de 59% da água era demandada na agricultura irrigada, enquanto que cerca de 19% se destinava ao consumo doméstico, 16% ao consumo industrial e outros 6% para dessedentação de animais. Já segundo ANA (2003), a demanda total brasileira para o ano 2000, foi da ordem de 68,7 km³/ano. A partir deste valor, constatou-se uma maior demanda por água no país, sendo a agricultura irrigada responsável por 62% do consumo total, o uso doméstico (urbano e rural) por 21%, o uso industrial por 12% e uso para dessedentação animal por cerca de 5%.

Segundo ANA (2003), importantes centros urbanos dependem integral ou parcialmente da água subterrânea para o seu abastecimento, como por exemplo: Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana de Recife (PE), Região Metropolitana de Fortaleza e Região do Cariri (CE), Barreiras (BA). No Maranhão, registra-se que mais de 70% das cidades são abastecidas por águas subterrâneas, enquanto que no Piauí este percentual supera os 80% (*e.g.* ANA, 2003). Segundo ZIMBRES (2000), no estado de São Paulo cerca de 75% dos municípios são abastecidos por poços, enquanto que nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul as estimativas apontam para cerca de 90%.

Em função desta importância estratégica, a exploração das águas subterrâneas vem registrando um expressivo incremento nos últimos anos. No início da década de 1990, cerca de 61% da população brasileira se auto-abastecia (parcial ou integralmente) com águas subterrâneas, sendo 43% por meio de poços tubulares, 12% por meio de fontes ou nascentes e 6% por meio de poços escavados ou cacimbões (IBGE, 1991). Atualmente, de acordo com informações do último censo (IBGE, 2000), estima-se que houve um incremento da ordem de 191% na oferta de água não tratada no período de 1989-2000, o que reflete um aumento no uso da água subterrânea para abastecimento (*e.g.* IBGE, 2000; SRH/MMA, 2002). Ademais, constata-se também que cerca de 15,6% dos domicílios brasileiros utilizam, exclusivamente, águas subterrâneas de poços ou nascentes (IBGE, 2000).

Dessa maneira, percebe-se que no gerenciamento das demandas os fatores socioeconômicos determinam as necessidades de uso das águas. Para o gerenciamento destas necessidades são requeridos alguns instrumentos institucionais, com fundamentação legal, para que a administração dos recursos hídricos ocorra de maneira racional, garantindo a sua

utilização e protegendo os seus aspectos de quantidade e qualidade, bem como, as suas possíveis interações. Tais instrumentos são os seguintes: estrutura de regulação; direito de uso da água; participação de usuários; e, instrumentos econômicos.

Com isto, deve-se ter em mente que as metas estabelecidas para o desenvolvimento social e econômico influenciam no uso da água, especialmente, em regiões onde há grande concentração humana (áreas urbanas) e também naquelas destinadas à produção de alimentos (áreas de irrigação) [e.g. TUINHOF *et al.*, 2003]. Assim, o gerenciamento só será efetivo se houver uma estrutura de coordenação intersetorial. Além disso, as intervenções regulatórias (como direitos de uso ou licenças) e as ferramentas econômicas (como tarifas de extração e direitos comerciais) se tornam mais efetivas se houver um alto nível de participação dos usuários.

Diante do exposto acima, ressalta-se que o gerenciamento da demanda foge ao escopo deste trabalho, pois envolve decisões políticas e legislativas e a criação de instrumentos institucionais direcionados à questão do gerenciamento dos recursos hídricos. No entanto, salienta-se que o processo de avaliação e cômputo das demandas dos principais setores usuários da água, como será apresentado aqui, constitui-se numa tarefa essencial para o estabelecimento de uma estrutura integrada de gerenciamento dos recursos hídricos.

3.3.3 - A Gestão de Águas Subterrâneas na Evolução da Política Brasileira de Recursos Hídricos

No Brasil, apesar do imenso potencial disponível de águas subterrâneas, observa-se que um enfoque maior sempre foi dispensado às águas superficiais, como demonstra a linha de evolução legal e institucional da política de recursos hídricos (TAB 3.4). No Código de Águas de 1934, por exemplo, as águas subterrâneas eram consideradas bens imóveis e, por conseguinte, eram associadas à propriedade da terra. Além disso havia instrumentos que preservavam direitos adquiridos, inibiam a monopolização da exploração e a poluição das águas subterrâneas, reconheciam o fato da sua estreita relação com as águas superficiais e limitavam o direito e exploração das águas subterrâneas sempre que o empreendimento interferisse na ocorrência das águas superficiais de domínio público.

A partir de 1945, com a criação do Código de Águas Minerais, estabeleceram-se normas reguladoras para uso e preservação das águas minerais, que na sua maioria eram águas subterrâneas. Na definição da lei, águas minerais são aquelas provenientes de fontes naturais

ou de fontes artificialmente captadas (*i.e.* águas subterrâneas) que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa. Reserva-se o direito de seu aproveitamento comercial aos proprietários do solo. Cabia à União a competência para sua administração, que era, e ainda é, realizada através do Departamento Nacional de Produção Mineral (**DNPM**), órgão subordinado ao Ministério das Minas e Energia.

Já em 1967, com a criação do Código de Mineração, reafirmou-se a competência da União na administração dos recursos minerais e na sistematização do regime de aproveitamento dos mesmos. Tal código também reconheceu as águas subterrâneas como substância mineral dotada de valor econômico, e formadora de jazida. Contudo, manteve-se em separado a regulamentação para a exploração das águas minerais.

Na Constituição Federal de 1988, mudou-se o *status* das águas subterrâneas, conferindo-lhes caráter de bem público e de propriedade dos Estados e Distrito Federal. A constituição em vigência também distingue claramente águas subterrâneas de recursos minerais do subsolo, sendo, portanto, as águas minerais mantidas sob a competência da União. Com isto, criou-se uma certa confusão em torno das águas subterrâneas. Atualmente, a Lei Federal 9.433/97, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, incorpora a mudança na dominialidade das águas subterrâneas, estabelecida pela Constituição Federal de 1988, mas mantém tratamento diferenciado para águas ditas "minerais".

A Lei Nº 9.433/97, embora fale da gestão integrada dos recursos hídricos, não trata do uso e conservação das águas subterrâneas. Esta questão tem sido tratada pela Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas do **CNRH**. Assim, com as novas resoluções do **CNRH** foram estabelecidos os critérios gerais para o desenvolvimento de planos de gerenciamento para as águas subterrâneas. Estas resoluções determinam a criação de instrumentos e normas reguladoras para o uso e proteção das águas subterrâneas, os quais deverão ser implementados efetivamente nas políticas de recursos hídricos.

Na TAB. 3.6 apresenta-se uma síntese das principais proposições da câmara técnica do **CNRH**. Dentre elas, destacam-se as resoluções Nº 15 e Nº 22, as quais reconhecem a interação entre água superficial e subterrânea e a indissociabilidade da gestão destes dois tipos, bem como, dispõe sobre as diretrizes a serem observadas na aplicação de instrumentos de gestão das águas subterrâneas.

Tabela 3.12 - Principais Resoluções abrangendo as águas subterrâneas

Resolução	Síntese
CNRH N° 09 de 21 de Junho de 2000	Institui a Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas, conferindo-lhe, dentre outras, a competência para discutir e propor a inserção da gestão de águas subterrâneas na política nacional e para propor mecanismos para sua proteção e gerenciamento.
CNRH N° 15 de 11 de Janeiro de 2001	Reconhece a interação entre água superficial e subterrânea e sua indissociabilidade. Reconhece ainda que os limites de aquíferos não coincidem com os limites de bacias hidrográficas. Dispõe sobre as diretrizes a serem observadas na aplicação dos instrumentos de gestão das águas subterrâneas.
CNRH N° 16 de 08 de Maio de 2001	Estabelece os critérios para outorga do direito de uso das águas superficiais e subterrâneas.
CNRH N° 17 de 29 de Maio de 2001	Estabelece diretrizes complementares para a implementação dos Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas. Em seu Artigo 8° dispõe que “Os Planos de Recursos Hídricos, no seu conteúdo mínimo, deverão ser constituídos por diagnósticos e prognósticos, alternativas de compatibilização, metas, estratégias, programas e projetos, contemplando os recursos hídricos superficiais e subterrâneos”.
CNRH N° 22 de 24 de Maio de 2002	Estabelecendo diretrizes complementares para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos considerando os usos múltiplos das águas subterrâneas, as peculiaridades de função do aquífero e os aspectos de qualidade e quantidade para a promoção do desenvolvimento social e ambientalmente sustentável. Além disso, dispõe sobre as informações mínimas necessárias à gestão dos recursos hídricos subterrâneos e para a integração com a gestão das águas superficiais.
CNRH N° 29 de 11 de Dezembro de 2002	Estabelece os usos de recursos hídricos relacionados à atividade minerária e sujeitos à outorga. Dentre eles: a extração de água subterrânea, para consumo final ou insumo do processo produtivo; e, a captação de água subterrânea para rebaixamento do nível d’água.
CNRH N° 31 de 11 de Dezembro de 2002	Estabelece a nova composição da Câmara Técnica Permanente de Águas Subterrâneas, quais sejam: a) Governo Federal: Ministérios de Ciência e Tecnologia, do Meio Ambiente, da Saúde; e, ANA. b) Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos: Região Sul, Centro-Oeste e Sudeste. c) Usuários de Recursos Hídricos: Irrigantes; Prestadoras de Serviço de Abastecimento e Esgoto Sanitário; Indústria; e, Pescadores e Usuários para Lazer e Turismo. d) Organizações Cívicas de Recursos Hídricos: Comitês, Consórcios e Associações Intermunicipais de Bacias; e, Organizações Técnicas de Ensino e de Pesquisa.
CNRH N° 48 de 21 de Março de 2005	Estabelece os critérios gerais para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, inclusive pelo uso das águas subterrâneas.

Fonte: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Mesmo com estas resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (*i.e.* Resoluções CNRH N° 15, 17 e 22) não ficou claro ainda como se deve proceder na obtenção de dados e na elaboração de critérios que atendam os requisitos mínimos para a proposição de estruturas de gerenciamento específicas para as águas subterrâneas. Na verdade, estas últimas resoluções dispõem sobre as informações mínimas que devem ser incorporadas na descrição dos aquíferos, para comporem os Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas, numa tentativa de promover a gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Segundo REBOUÇAS (2002a, 2002b), é de fundamental importância realizar estudos básicos nos diferentes contextos hidrogeológicos, em escalas compatíveis com as complexidades e magnitudes dos problemas a solucionar; desenvolver monitoramento; e, constituir bancos de dados, os quais devem ser alimentados de forma permanente. Segundo LEAL (1999), as dificuldades de acentuam devido a uma política pregressa de utilização das águas voltada, quase que exclusivamente, para os recursos hídricos de superfície, e também, devido a uma organização gerencial que separa as águas superficiais das águas subterrâneas. Em função disto, observa-se que muito se preocupa em manter o caráter de gestão integrada dos recursos hídricos, mas pouco se avança na proposição de programas para a obtenção de dados hidrogeológicos e de critérios concisos para nortear a gestão das águas subterrâneas.

Sendo assim, considera-se que um dos maiores desafios atuais consiste em conciliar e em implementar os instrumentos sugeridos na Lei Federal Nº 9.433/97, bem como nas resoluções posteriores do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (**CNRH**), para a elaboração de planos de gerenciamento capazes de integrar os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Alia-se a isto, a necessidade de realização de levantamentos sistematizados para obtenção de dados hidrogeológicos e de criação de um sistema informações para armazenamento e compartilhamento de conhecimentos sobre as águas subterrâneas, nos diversos cenários hidrogeológicos do Brasil.

4 - CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para o desenvolvimento deste estudo, são consideradas duas áreas distintas e localizadas no território do Estado do Ceará, quais sejam: 1) a Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**); e, 2) o Graben Crato-Juazeiro (**GCJ**).

A seguir, apresenta-se a caracterização física de cada uma delas, descrevendo em termos gerais os seus principais aspectos (*i.e.* geologia, hidrogeologia, hidrografia, hidrologia, climatologia e geomorfologia), bem como as condições de uso e ocupação. Tal caracterização fundamenta-se nos dados obtidos com o levantamento da bibliografia existente; e, nas informações de levantamentos complementares executados no âmbito deste trabalho.

O conhecimento destes aspectos subsidia a compreensão da dinâmica do meio físico, introduzindo elementos para a delimitação dos contornos das áreas de interesse e para a elaboração dos modelos hidrogeológicos conceituais. Além disso, contribui para estabelecer as possíveis interações das águas subterrâneas com as águas superficiais e o uso e ocupação dos solos, no que tange seus aspectos de quantidade e qualidade.

4.1 - Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)

4.1.1 - Caracterização do Meio Ambiente Natural

Geograficamente, a Região Metropolitana de Fortaleza situa-se entre os paralelos 465.000 e 586.000, de longitude leste, e os meridianos 9.510.000 e 9.615.000, de latitude norte, inserindo-se na porção norte do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil (Figura 4.1). Em termos de limites geopolíticos, a região em questão abrange 13 municípios, quais sejam: Aquiraz, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape Pacajus, Pacatuba e São Gonçalo do Amarante. Em sua totalidade, os limites destes municípios se sobrepõem a uma superfície territorial da ordem de 4.976 km². A partir destes limites, são feitas as caracterizações de outros aspectos relacionados ao meio físico, conforme descrito a seguir.

4.1.1.1 - Geologia

Geologicamente, o território da **RMF** é composto por dois grandes domínios litológicos, quais sejam: 1) o Embasamento Cristalino; e, 2) as Coberturas Sedimentares. A distribuição dos litotipos que constituem estes domínios é apresentada na Figura 4.2.

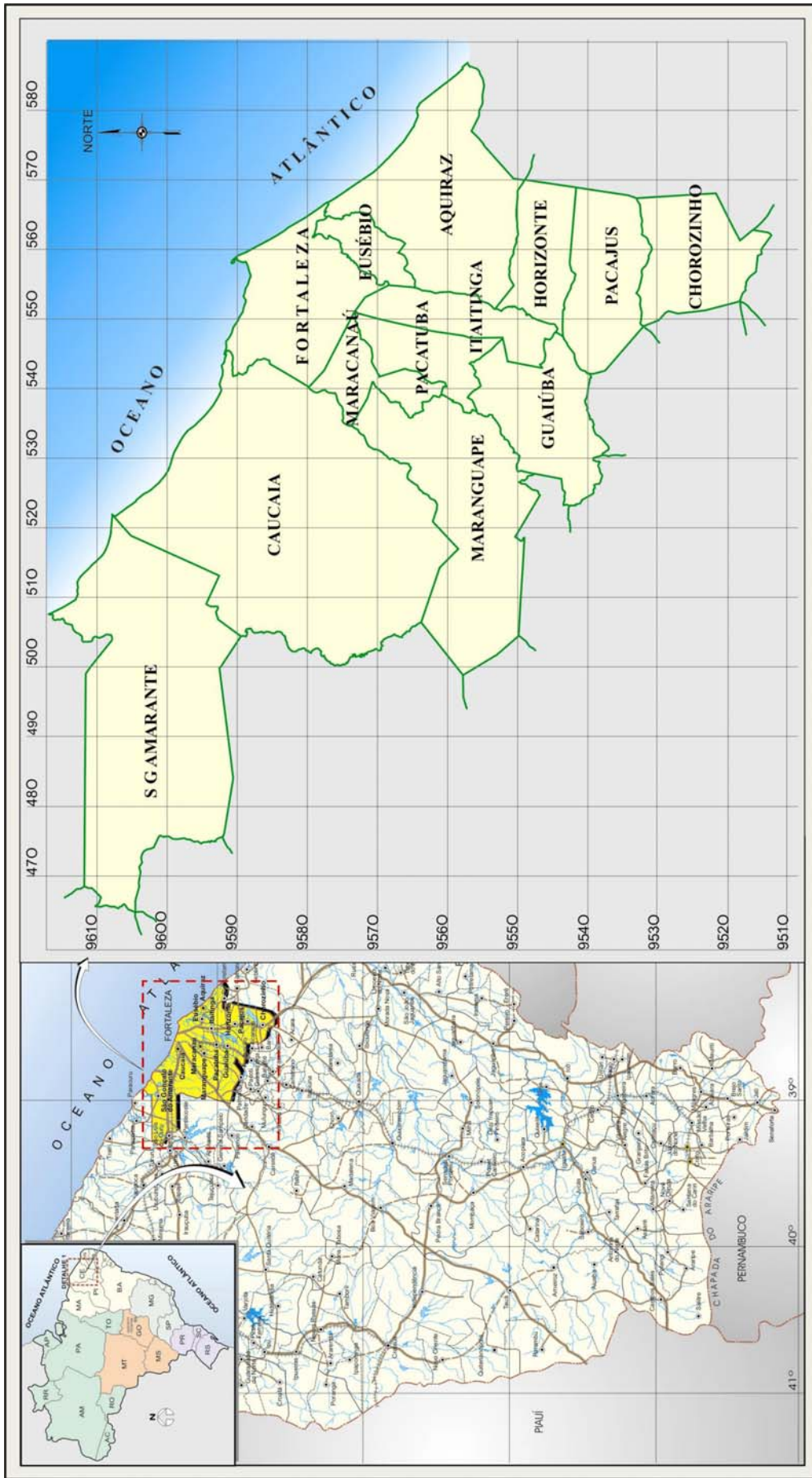


Figura 4.1 - Localização da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) e distribuição dos municípios integrantes.
 Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

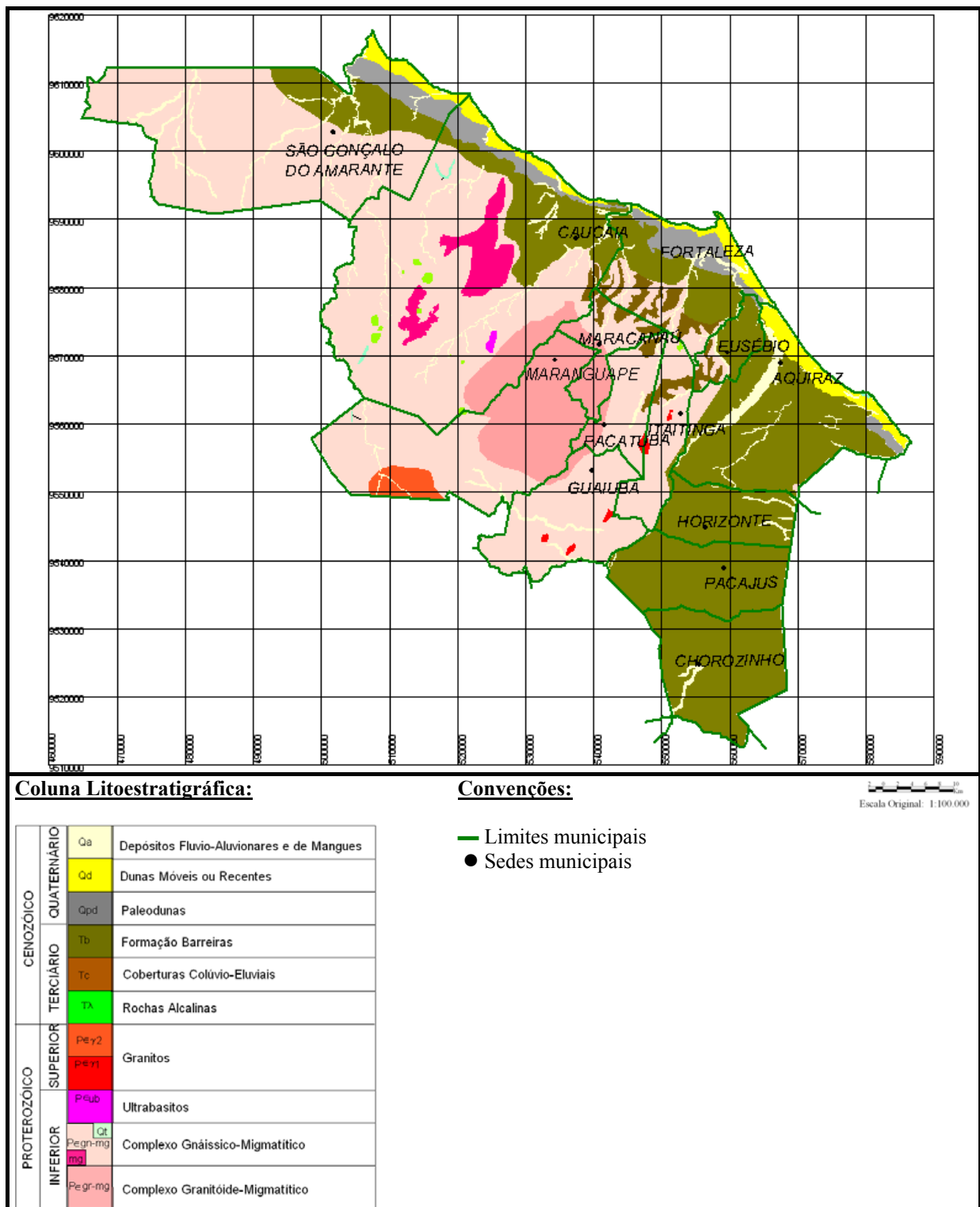


Figura 4.2 - Mapa geológico simplificado da RMF, com as suas unidades litoestratigráficas. Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

O Embasamento Cristalino é representado por rochas do Complexo Granitóide-Migmatítico; do Complexo Gnáissico-Migmatítico; Ultrabasitas; Granitos; e, Vulcânicas Alcalinas. Estas rochas têm idades relacionadas ao Precambriano (Arqueano/Neoproterozóico), à exceção das rochas Vulcânicas Alcalinas, com idade atribuída ao Terciário (TAB. 4.1).

Tabela 4.1 - Unidades litoestratigráficas que compõem o cenário geológico da RMF

Unidade Litoestratigráfica	Descrição Geral
Depósito Fluvio-Aluvionar e de Mangues (Qa)	são representados por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes. O contato de água doce com água salgada proporciona a floculação de argilas, resultando na deposição de material escuro e lamacento que aumenta a cada período de maré cheia, até formar o ambiente propício à instalação dos manguezais
Dunas Recentes ou Móveis (Qd)	são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia pela deflação eólica e se distribuem como um cordão contínuo, disposto paralelamente à linha de costa, possuindo uma largura média de 2 a 3 km e espessuras que atingem até 30 metros. São constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos foscos e arredondados. Estratificações cruzadas de médio a grande porte e marcas ondulares eólicas podem ser registradas em algumas exposições.
Paleodunas (Qpd)	Repousam discordantemente sobre os sedimentos da Formação Barreiras e são, em grande parte, cobertas pelas dunas móveis ou recentes. Ocorrem distribuídas de forma mais ou menos contínua ao longo da linha de costa e à retaguarda das dunas recentes, constituindo uma faixa de largura variável. As espessuras variam em torno de 15 m próximo à linha de costa. Para o interior mostram-se rebaixadas com progressiva redução da espessura e com as formas dissipadas em algumas áreas. São constituídas de areias bem selecionadas, de granulação fina a média, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspática. São sedimentos inconsolidados, podendo apresentar certo grau de litificação em alguns locais.
Coberturas Colúvio-Eluviais (Tc)	distribui-se de forma irregular como manchas ou “ilhas” que se assentam sobre os litotipos precambrianos, com espessuras reduzidas (< 3 m). São resultantes do intemperismo, <i>in situ</i> , ou com pequeno deslocamento gravitacional. Constituem-se de material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, inconsolidado, com horizonte laterizado na base. A matriz é areno-argilosa caulinitica, com cimento argiloso/ferruginoso
Formação Barreiras (Tb)	distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Por vezes ocorre muito próximo ao litoral chegando a aflorar na linha de praia. Na porção leste da área esses sedimentos penetram no interior até 30 km, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura também é bastante variável em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular, aprofundando-se em direção à costa, onde se encontra sotoposta aos sedimentos eólicos que constituem as Paleodunas. Esta seqüência é constituída preferencialmente de sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de granulação variando de fina a média, mostrando horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos, em geral, associados à percolação de água subterrânea. A matriz é argilosa caulinitica, com cimento argilo-ferruginoso e, às vezes, silicoso
Vulcânicas Alcalinas (Tλ)	são individualizados sob a forma de <i>necks</i> ou <i>plugs</i> , os quais sobressaem-se topograficamente como elevações circulares e elipsoidais. Neste contexto, foram identificadas quatro variedades petrográficas.
Granitos (Pεγ)	granitos pré- a sin-tectônicos na forma de pequenos corpos dispostos segundo a foliação regional e com acentuada deformação (Pεγ1). Ocorrem na porção sudeste da área e estão encaixados nos terrenos gnáissico-migmatíticos. São, em geral, de granulação média e de estrutura isotrópica a incipientemente foliada, encerrando, com freqüência, enclaves gnáissificados de natureza diorítica.
Ultrabásitos (Pεub)	ocorre na porção centro-oeste da área, com forma elipsoidal e alinhado segundo a direção NS. Trata-se de um piroxenito maciço, de coloração preta-esverdeada e de granulação média. Está encaixado na seqüência gnáissica-migmatítica e os afloramentos observados ocorrem na forma de blocos soltos, de diâmetros variados.
Complexo Gnáissico-Migmatítico (Pεgn-mg)	constitui-se de gnaisses variados, além de migmatitos com estruturas diversas (mg). Suas melhores exposições podem ser observadas na porção ocidental, onde ocorre uma seqüência paraderivada, constituída de gnaisses aluminosos, em parte migmatizados, intercalados por níveis quartzíticos (Unidade Qt). Os termos migmatíticos mais comuns são os de estrutura bandada/dobrada (Unidade mg)
Complexo Granitóide-Migmatítico (Pεgr-mg)	constitui-se de granitóides, migmatitos e gnaisses migmatíticos, ocorrendo na porção ocidental da área. As melhores exposições situam-se nos setores morfologicamente mais elevados, as quais apresentam uma constituição predominantemente granitóide e podem ser entendidas como relevos residuais, formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes

Fonte: compilado de BRAGA *et al.*(1981); BRANDÃO (1995); RIBEIRO *et al.* (1997).

Já as Coberturas Sedimentares são representadas pelas rochas da Formação Barreiras; Coberturas Colúvio-Elúviais; Paleodunas; Dunas Móveis; e, Depósitos Flúvio-Alúvionares e de Mangues. Estas rochas apresentam idades relacionadas ao Cenozóico, situando-se entre o Terciário e o Quaternário. As suas principais características, segundo as descrições de vários autores (*e.g.* BRAGA *et al.*, 1981; RIBEIRO *et al.*, 1997), também encontram-se na TAB.4.1.

O arcabouço estrutural da **RMF** é caracterizado por um desenvolvimento tectônico polifásico, em que descontinuidades representadas por zonas de fraturas e falhas sucederam-se às estruturas resultantes da tectônica dúctil ou plástica, muitas vezes tendendo a se posicionarem segundo as orientações das anisotropias pretéritas. Os principais traços estruturais são dispostos, preferencialmente, segundo a direção NE-SW e, subordinadamente, segundo as direções NW-SE, WSW e NNE (*e.g.* BRAGA *et al.*, 1981; RIBEIRO *et al.*, 1997).

4.1.1.2 - Hidrogeologia

Os principais sistemas hidrogeológicos da **RMF** relacionam-se à distribuição das regiões cristalinas e sedimentares, (*e.g.* CAMPOS & MENEZES, 1982; BIANCHI *et al.*, 1984; IPLANCE, 1997; CAVALCANTE, 1998; CAVALCANTE *et al.*, 2000; CPRM, 1998, 1999a, 2000). A distribuição destas unidades pode ser visualizada na Figura 4.3.

O Sistema Hidrogeológico do Cristalino corresponde às zonas de ocorrência de rochas xistosas, graníticas, gnáissicas e migmatíticas, de porosidade intergranular praticamente nula. O meio produtivo é representado por fissuras e diáclases interconectadas, resultantes dos esforços sofridos. Apresenta, em geral, potencial hidrogeológico reduzido, seja pelo aspecto quantitativo, devido as condições deficientes de circulação, ou pelo lado qualitativo, onde, via de regra, tem taxas excessivas de salinização em decorrência das condições de fluxo dominantes e do elevado tempo de contato da água com a rocha armazenadora. Neste sistema, apesar dos vários litotipos representantes, considera-se apenas uma unidade hidroestratigráfica indiferenciada (Unidade Cristalino – TAB. 4.2).

Por sua vez, o Sistema Aquífero Sedimentar corresponde aos depósitos acumulados nos terrenos sedimentares, estando o meio aquífero representado pela porosidade intergranular primária, com possibilidades hidrogeológicas muito variáveis e na dependência da litologia, espessura, morfologia e posicionamento estratigráfico das camadas. Este sistema engloba três unidades, quais sejam: Barreiras; Dunas/Paleodunas; e, Flúvio-Alúvionar (TAB. 4.2).

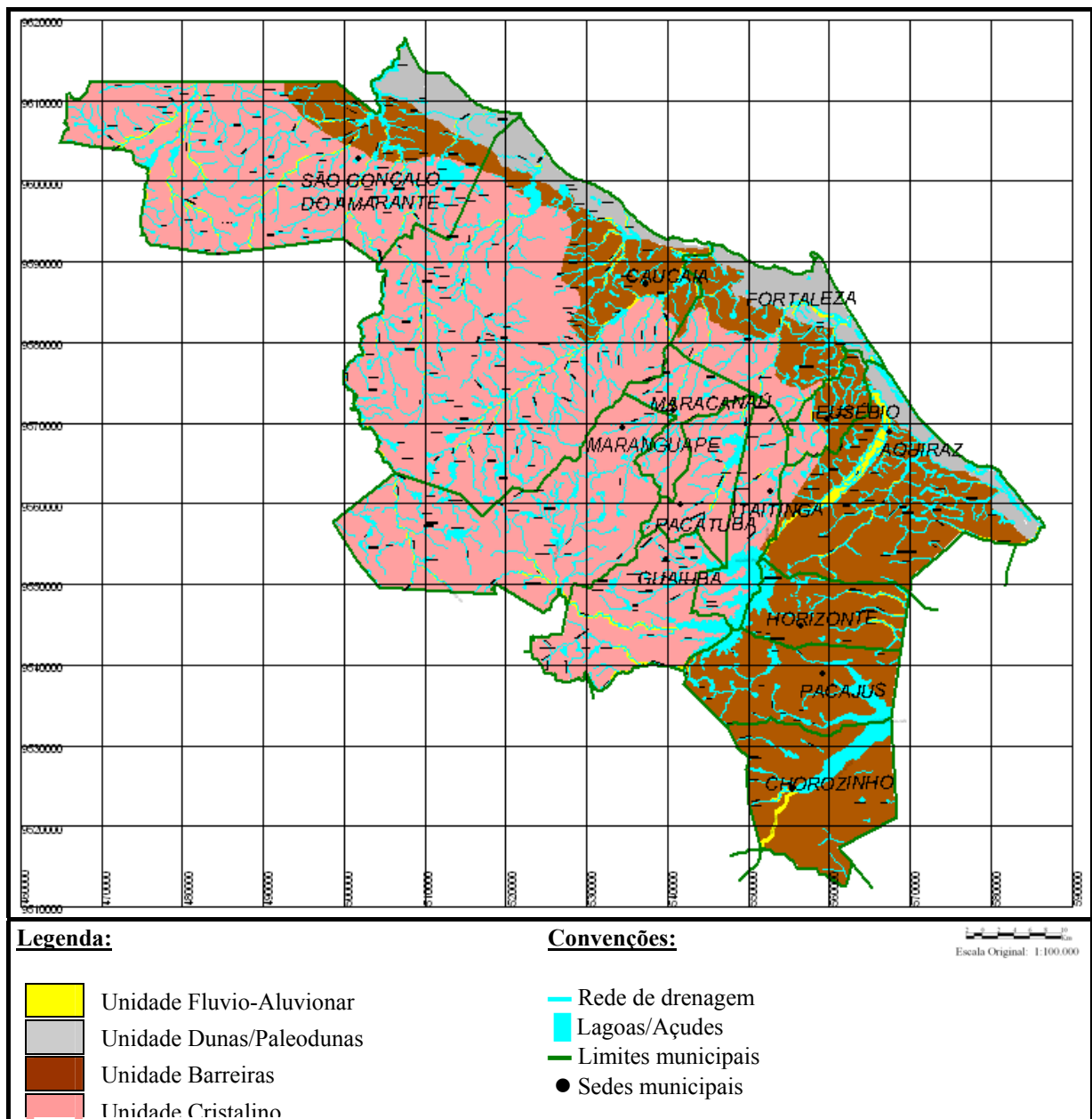


Figura 4.3 - Hidroestratigrafia da Região Metropolitana de Fortaleza

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

Ademais, cabe relatar que na **RMF** a caracterização das fontes de abastecimento por águas subterrâneas revelou a ocorrência de 12.710 pontos de exploração de águas subterrâneas (TAB. 4.3), sendo 2.052 pontos (16,1%) relacionados ao sistema de abastecimento público, e 10.658 pontos (83,9%) relacionados ao sistema privado (*e.g.* GOLDER/PIVOT, 2005a). Desse total de pontos, constatou-se que 8.888 poços encontram-se atualmente em uso, sendo 12,4% relativos ao sistema público (1.099 poços) e 87,6% relativos ao sistema privado (7.789 poços). As vazões médias produzidas por poço foram estimadas em 2,8 m³/h, 3,5 m³/h, 4,5 m³/h e 5,5 m³/h para as unidades Cristalino, Barreiras, Paleodunas e Dunas, respectivamente.

Tabela 4.2 - Descrição geral das unidades aquíferas reconhecidas na RMF

Unidade Aquífera	Descrição Geral
Fluvio-Aluvionar	Representa cerca de 4% da área da RMF . Assume grande importância no contexto hídrico da região, a qual cresce quando se verifica que é ao longo desses vales que se concentram as maiores densidades demográficas, aumentando a demanda por água. Nas aluviões, as altas permeabilidades das frações arenosas compensam as pequenas espessuras saturadas, de modo que é possível a obtenção de vazões expressivas através de captações rasas e de baixo custo. Dentro dos municípios de Fortaleza e Maracanaú, as águas subterrâneas desta unidade estão comprometidas pela poluição derivada de esgotos domésticos e industriais, não permitindo nenhum tipo de utilização. Constituem aquíferos livres, com espessuras de até 05 metros e nível estático sub-aflorante. A recarga provém da precipitação pluviométrica, dos rios influentes e das águas subterrâneas das unidades Dunas/Paleodunas e Barreiras. Como exutórios tem-se a evapotranspiração e a própria drenagem. A pequena declividade dos canais de drenagem e a proximidade à linha de costa permite o avanço das marés até distâncias consideráveis ao longo dos rios, favorecendo a formação de salinas e influenciando na qualidade das águas armazenadas nesta unidade. Somente a montante da equipotencial de cinco metros é possível captar água subterrânea sem a presença de elevadas concentrações de cloretos.
Dunas/Paleodunas	ocupa cerca de 6% da área da RMF . Este sistema representa o principal aquífero da região, pois nele são armazenados os maiores volumes de água subterrânea do semi-árido brasileiro. Representa um aquífero livre, com espessuras saturadas oscilando de poucos a até 10 metros, nível estático normalmente sub-aflorante nas áreas de descarga, atingindo, em média, 06 metros. Suas águas são captadas por poços tubulares rasos, com profundidades inferiores a 20 metros, perfurados normalmente em 10” e revestidos em 6” ou 4”, que produzem vazão média de 6,0 m ³ /h podendo alcançar, localmente, até 13 m ³ /h, refletindo capacidades específicas que oscilam de 0,02 a 23 m ³ /h/m. Possui como característica básica uma dupla função hidrogeológica, refletida no funcionamento do sistema como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico para unidades sotopostas, a exemplo do Barreiras. Observa-se que os valores médios de condutividade hidráulica e transmissividade oscilam de 0,73 x10 ⁻⁴ m/s a 2,50x10 ⁻⁴ m/s e de 2,37 m ² /h a 6,98 m ² /h, respectivamente. No geral, o fluxo das águas subterrâneas se processa para o mar. As maiores perdas d’água do aquífero são por consequência da intensa evapotranspiração, associada a um nível estático sub-aflorante. A recarga é eminentemente pluviométrica, salvo exceções causadas por drenagens influentes. Em função dos elevados coeficientes de condutividade hidráulica, transmissividade e porosidade efetiva, esta unidade é altamente susceptível a poluição.
Barreiras	ocupa cerca de 30% da área da RMF . Esta unidade corresponde aos sedimentos Terciários do Grupo Barreiras. Localmente, constitui um aquífero livre, com características regionais de semi-confinamento em função dos níveis silto-argilosos, tendo como fatores de recarga a precipitação pluviométrica, as drenagens influentes que percolam o contexto, as lagoas interdunares e o sistema dunas/paleodunas que funciona com dupla função (<i>i.e.</i> aquífero e unidade de transferência de água). Como exutório tem-se a rede de drenagem efluente, lagoas, evapotranspiração e o meio cristalino sotoposto, desde que fraturado e com características que permitem a circulação e o armazenamento.
Cristalino	ocupa cerca de 60% da área da RMF , onde a água subterrânea ocorre em sistemas de fendas e fraturas interconectadas, descontínuas e com extensão limitada. As reservas são alimentadas pela infiltração no solo de águas de precipitação, de águas superficiais dos cursos naturais, ou ainda de lagos. Os poços têm profundidade média de 50 a 60 metros, nível estático oscilando entre 10 e 20 metros, vazão média de 2 e 3 m ³ /h e capacidade específica inferior a 1,0 m ³ /h/m. Os exutórios são representados por drenagens efluentes e pela evapotranspiração. Além disso, são imensas as dificuldades e restrições associadas às reservas subterrâneas (<i>e.g.</i> recursos aleatórios, escassos, de má qualidade e de pouco conhecimento). Nos domínios desta unidade, a pouca cobertura vegetal e a pequena espessura do solo constituem um ecossistema frágil cujas características físico-ambientais reduzem, substancialmente, o potencial produtivo dos aquíferos

Fonte: compilação de informações de CAMPOS & MENEZES (1982); BIANCHI *et al.* (1984); IPLANCE (1997); CAVALCANTE, 1998; CAVALCANTE *et al.* (2000); CPRM (2000).

Tabela 4.3 - Contabilização dos poços tubulares cadastrados na RMF, por município, unidade aquífera, categoria (público ou privado) e situação de uso

Municípios	Unidade Aquífera	Número de Poços Cadastrados			Número de Poços em Uso		
		Público	Privado	Total	Público	Privado	Total
Aquiraz	Dunas	32	285	317	25	263	288
	Paleodunas	7	10	17	7	7	14
	Barreiras	161	373	534	138	299	437
	Cristalino	14	24	38	11	19	30
	Sub-Total	214	692	906	181	588	769
Caucaia	Dunas	9	227	236	5	206	211
	Paleodunas	10	124	134	6	115	121
	Barreiras	174	819	993	124	674	798
	Cristalino	98	272	370	51	171	222
	Sub-Total	291	1.442	1.733	186	1.166	1.352
Chorozinho	Barreiras	48	35	83	36	26	62
	Cristalino	0	1	1	0	1	1
	Sub-Total	48	36	84	36	27	63
Eusébio	Dunas	5	36	41	4	31	35
	Paleodunas	8	26	34	7	22	29
	Barreiras	60	231	291	52	189	241
	Cristalino	19	61	80	15	49	64
	Sub-Total	92	354	446	78	291	369
Fortaleza	Dunas	178	1.728	1.906	34	1.286	1.320
	Paleodunas	187	2.554	2.741	58	1.824	1.882
	Barreiras	244	2.020	2.264	122	1.363	1.485
	Cristalino	119	253	372	35	187	222
	Sub-Total	728	6.555	7.283	249	4.660	4.909
Guaiúba	Cristalino	28	61	89	8	39	47
	Sub-Total	28	61	89	8	39	47
Horizonte	Barreiras	86	261	347	64	201	265
	Cristalino	1	1	2	1	1	2
	Sub-Total	87	262	349	65	202	267
Itaitinga	Barreiras	8	10	18	7	6	13
	Cristalino	71	83	154	41	69	110
	Sub-Total	79	93	172	48	75	123
Maracanaú	Barreiras	0	20	20	0	13	13
	Cristalino	63	255	318	15	124	139
	Sub-Total	63	275	338	15	137	152
Maranguape	Cristalino	104	226	330	35	102	137
	Sub-Total	104	226	330	35	102	137
Pacajus	Barreiras	185	170	355	141	129	270
	Cristalino	1	0	1	1	0	1
	Sub-Total	186	170	356	142	129	271
Pacatuba	Barreiras	0	15	15	0	11	11
	Cristalino	38	150	188	11	117	128
	Sub-Total	38	165	203	11	128	139
S. G. Amarante	Dunas	2	36	38	2	35	37
	Paleodunas	15	30	45	6	27	33
	Barreiras	9	33	42	5	30	35
	Cristalino	68	228	296	32	153	185
	Sub-Total	94	327	421	45	245	290
TOTAL		2.052	10.658	12.710	1.099	7.789	8.888
PERCENTUAL		16,1%	83,9%	100,0%	12,4%	87,6%	100,0%

Fonte: compilado de GOLDER/PIVOT (2005a).

Em termos de caracterização qualitativa, GOLDER/PIVOT (2005a) apresentaram também um estudo que considerou a análise físico-química de 250 poços tubulares distribuídos pelos municípios da RMF. A partir deste estudo, pôde-se identificar os principais problemas relacionados à falta de qualidade das águas subterrâneas produzidas (*i.e.* contaminação natural, poluição). Os resultados deste estudo mostraram que somente 28,4% das águas analisadas pode ser consumida diretamente, sem necessidade de qualquer tratamento, e que 71,6% necessita de cuidados especiais antes da água chegar ao consumidor.

Neste contexto, relatou-se que os municípios com menos opções de água potável, considerando o conjunto de poços amostrados, foram Chorozinho, Guaiúba, Maranguape, Pacatuba e São Gonçalo do Amarante, em função da presença de águas salinizadas provenientes do embasamento cristalino. Além disso, detectou-se em todas as 250 amostras, a presença de nitrato, embora somente em 14,8 % a concentração determinada tenha sido maior do que a permitida. A amônia, que indica contaminação recente, apareceu com concentrações acima do máximo permitido em 22,4% das amostras. As mais elevadas concentrações de amônia foram detectadas em Aquiraz, Caucaia e São Gonçalo do Amarante (*e.g.* GOLDER/PIVOT, 2005a)

4.1.1.3 - Hidrografia

Em termos hidrográficos os municípios que compõem a **RMF** estão circunscritos pela Bacia do Curú e pelas Bacias Metropolitanas, sendo esta última composta por um conjunto de 14 bacias independentes, onde apenas as bacias do Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente mais representativas (*e.g.* CEARÁ, 1992). A partir da área de abrangência destas bacias, a área de influência hidrográfica para a **RMF** foi definida (Figura 4.4), compreendendo parte da Bacia do rio Curú (Região do Baixo Curú), que circunscreve o município de São Gonçalo do Amarante, e a maioria das Bacias Metropolitanas, excetuando-se apenas as bacias dos rios Pirangi e Uruaú, as quais não recobrem o território da **RMF**.

A Bacia do Curú é drenada pelo rio homônimo, que deságua no Oceano Atlântico, correndo preferencialmente de sudoeste para nordeste. O rio Curú nasce na região montanhosa formada pelas Serras do Céu, Imburana e do Lucas, percorre cerca de 195 km até sua foz, com sua bacia recobrando uma área de 8.527,3 km². Possui forte declividade no seu primeiro terço de percurso, declividade esta que se reduz para pouco menos de 0,1% no último terço do percurso.

No conjunto, a Bacia do Curú apresenta um relevo moderado a forte, com grande parcela de seus divisores sendo formada por zonas montanhosas. Sua configuração espacial não favorece a formação de cheias e a rede hidrográfica apresenta a dominância de padrões subparalelos e angulares (*e.g.* CEARÁ, 1992; IPLANCE, 1997; COGERH, 2001). É importante lembrar que, no tocante aos limites da área de interesse, considera-se apenas a região do Baixo Curú, a qual circunscreve parte do município de São Gonçalo do Amarante.

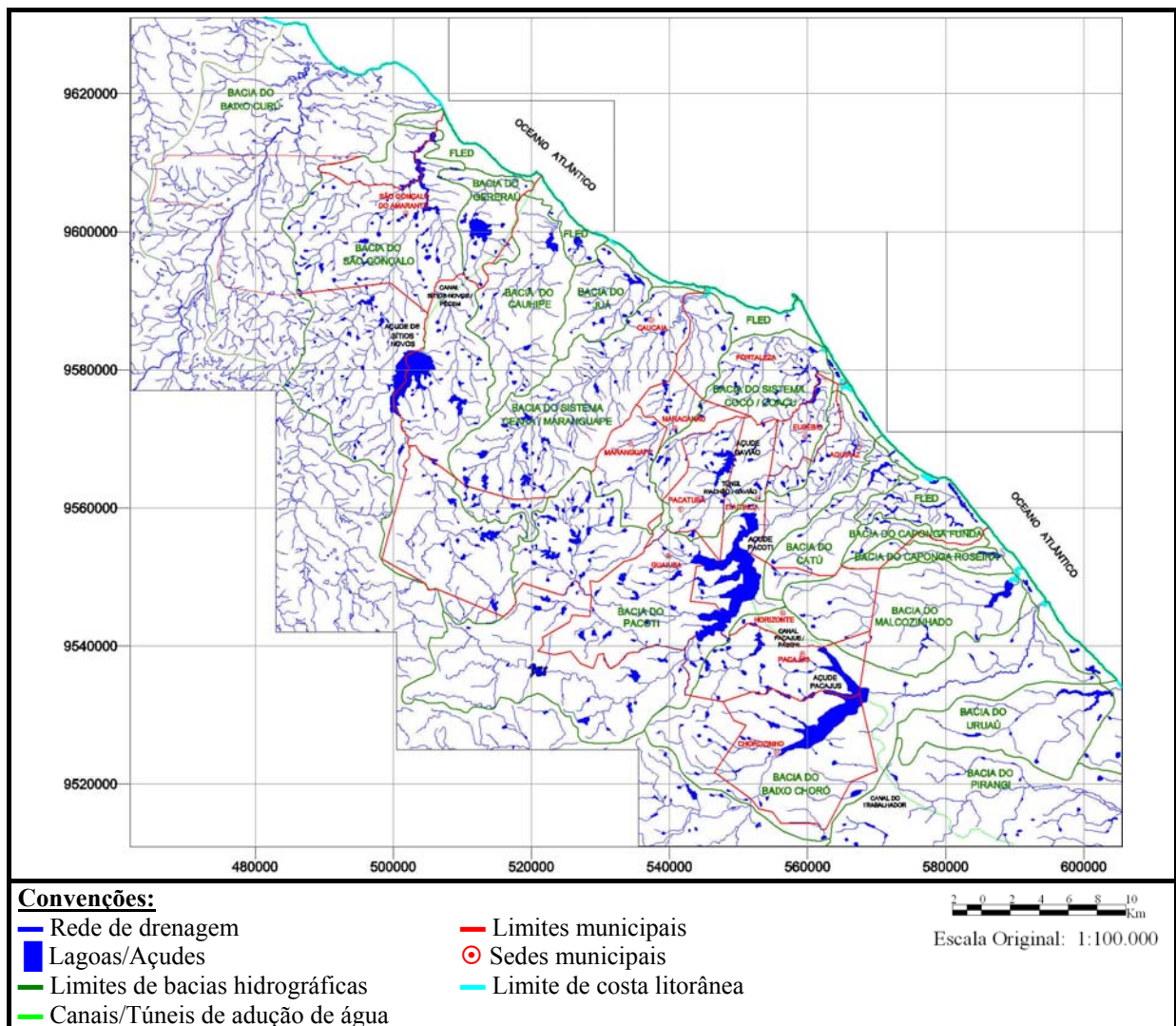


Figura 4.4 - Rede hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

A Bacia Metropolitana representa um conjunto de bacias menores que ocupam uma área total de 15.085 km². As suas principais nascentes ocorrem nos sertões sublitorâneos e na própria zona litorânea. Os seus principais parâmetros morfológicos são apresentados na TAB. 4.4.

Tabela 4.4 - Parâmetros morfológicos do conjunto de bacias metropolitanas

Bacia	Parâmetros		
	Área (km ²)	Perímetro (km)	Talvegue (km)
São Gonçalo	1.396,8	228,2	90,0
Gereraú	120,2	57,5	20,0
Cauhipe	273,9	87,0	35,0
Juá	121,6	50,0	12,5
Ceará/Maranguape	555,9 / 223,8	135,0 / 97,5	52,5 / 37,5
Cocó/Coaçu	304,6 / 194,8	100,0 / 67,5	42,5 / 32,5
Pacoti	1.257,5	250,0	112,5
Baixo Choró	971,9	182,0	58,1
Catú	155,9	72,5	30,0
Malcozinhado	381,8	87,5	37,5
Caponga Funda	59,4	50,0	22,5
Caponga Roseira	69,3	55,0	20,0
FLED	345,6	-	-

Fonte: adaptado de CEARÁ (1992); IPLANCE (1997); COGERH (2001).

A descrição apresentada na TAB. 4.5 aborda apenas as bacias de maior representatividade (*i.e.* Pacoti, Choró, Pirangi, São Gonçalo e sistemas Cocó/Coaçu e Ceará/Maranguape), segundo as informações compiladas de diversos autores (*e.g.* CEARÁ, 1992; IPLANCE, 1997; COGERH, 2001).

Tabela 4.5 - Descrição geral das principais bacias que compõem a Bacia Metropolitana

Bacia	Descrição Geral
Pacoti	Drenada pelo rio homônimo, que nasce na Serra de Baturité e percorre 112,5 km, em geral no sentido sudoeste/nordeste, dos quais o primeiro terço com declividade acentuada da ordem de 2%. Na parcela de jusante, como reflexo do relevo muito suave que atravessa, sua declividade é de cerca de 0,1%. Com uma rede de drenagem dendrítica, o rio Pacoti drena uma área de 1.257,5 km ² . Sem nenhuma afluição significativa pela margem direita, possui dois contribuintes de maior porte pela margem esquerda, os riachos Baú e Água Verde. Em seu baixo curso, ocorrem lagoas perenes e intermitentes, sendo todos os cursos d'água intermitentes. Sofre influência de marés e apresenta estuário com 160ha de manguezais.
Choró	Constitui-se numa das alternativas para o reforço do sistema de abastecimento da RMF. Esta é a maior bacia daquelas que compõem as Bacia Metropolitana. Com configuração espacial regular, de forma retangular definida, onde o comprimento do rio, de 200 km, é praticamente igual ao da bacia, e a largura, que chega em alguns pontos a ultrapassar 45 km, tem um valor médio de 23 km. Apresenta relevo movimentado no seu terço inicial, atingindo declividades muito altas na origem do rio (na zona montanhosa). A partir da metade do talvegue observa-se o desenvolvimento de um relevo suave de cotas baixas, resultando numa declividade média inferior a 0,1%. A região centro-norte da bacia abrange grande parte da serra de Baturité. O formato da bacia é indicador da pouca representatividade dos seus afluentes, que são pouco significantes pela margem direita, destacando-se, pela margem esquerda, os riachos Cangati, Castro e Aracoiaaba. Apresenta um estuário composto por 25ha de manguezais.
Pirangi	Esta é a mais oriental das Bacias Metropolitanas. Fisiograficamente, ela se mostra semelhante à bacia do rio Choró, com forma retangular alongada. O talvegue do rio principal se estende por 177,5 km e a bacia apresenta largura média variando de 35 km, no alto e médio curso, a 55 km, no baixo curso. O rio nasce numa região de pouca altitude e relevo moderado. Em cerca de 80% do talvegue a declividade é próxima de 0,05%, sendo que no trecho final ela praticamente se anula, dando lugar a uma região de inúmeras lagoas com níveis altimétricos semelhantes. A rede hidrográfica apresenta um padrão do tipo subparalelo na região do baixo curso, onde ocorre ainda o tipo dendrítico. No médio e baixo curso as estruturas comandam o traçado dos rios, que se apresentam com um padrão retangular. A área de domínio do embasamento cristalino mostra-se mais dissecada do que a sedimentar, apresentando um maior número de rios e demonstrando um controle da geologia sobre a drenagem. Com tributários distribuídos de forma homogênea em ambas as margens, o rio Pirangi não apresenta qualquer afluição significativa. Próximo ao litoral, forma um estuário composto por 200ha de manguezais.
São Gonçalo	Drenando uma área de 1.332,3 km ² , a bacia do rio São Gonçalo apresenta forma retangular e comprimento do talvegue de 90 km, com o curso principal se desenvolvendo no sentido sul-norte. Toda a drenagem da bacia apresenta um arranjo espacial dendrítico, desenvolvido em rochas de diferentes resistências. Não possui afluentes de importância, destacando-se apenas o rio Anil e o riacho do Amanari pela margem direita, enquanto que na margem esquerda aparecem os riachos Pau d'Óleo e do Mocó. Todos os afluentes apresentam caráter intermitente, exceto próximo ao litoral onde o rio São Gonçalo sofre a influência das marés. Ao longo da bacia, surgem diversas lagoas perenes e intermitentes, destacando-se uma extensa lagoa perene em seu baixo curso (Lagoa dos Talos).
Sistema Cocó/Coaçu	Neste sistema, o rio Cocó se desenvolve no sentido sul/norte por um longo trecho de seu percurso, formando, em direção a foz, uma acentuada curva de sudoeste para leste. Sua confluência com o rio Coaçu se dá próximo ao litoral, fazendo com que estes rios apresentem comportamento de uma bacia independente. Com o comprimento do talvegue de 42,5 km, o rio Cocó drena uma área de 304,6 km ² . Por sua vez, o rio Coaçu se desenvolve ao longo de 32,5 km, drenando uma área de 194,8 km ² . Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, exceto próximo ao litoral, onde os rios Cocó e Coaçu se tornam semiperenes. Ocorre ainda, em seu baixo e médio curso, a presença de lagoas perenes e intermitentes, com destaque, no eixo do rio Coaçu, para as lagoas da Precabura, Sapiranga, Messejana, dos Pássaros e Pamamirim, estas três últimas situadas na malha urbana das cidades de Fortaleza e Eusébio. Ao longo do rio Cocó merecem destaque as lagoas da Maraoponga, da Itaoca, do Opaia e do Papicu, situadas no núcleo urbano de Fortaleza. O rio Cocó sofre influência das marés, que adentram no seu leito por aproximadamente 13 km, formando um estuário composto por 210ha de manguezais.
Sistema Ceará/Maranguape	Este sistema apresenta uma configuração espacial retangular. O rio Ceará drena uma área de 555,9 km ² e se desenvolve no sentido sudoeste-norte, ao longo de 52,5 km. A exemplo do que ocorre com o Sistema Cocó/Coaçu, o rio Maranguape, único tributário de nível significativo na bacia, une-se ao rio principal apenas próximo à sua foz, não exercendo muita influência sobre a fluvimetria da bacia como um todo, comportando-se como uma bacia independente. Apresenta uma bacia de contribuição com área de 223,8 km ² e comprimento do talvegue de 37,5 km. Composto por cursos d'água de caráter intermitente, que fluem somente durante a época das chuvas, o Sistema Ceará/Maranguape apresenta fluvimetria semiperene apenas no trecho do rio Ceará que sofre a penetração das marés, formando um estuário composto por 640ha de vegetação de mangue. Ocorrem na região de baixo curso inúmeras lagoas, com destaque para as lagoas da Parangaba e do Porangabuçu, ambas situadas na malha urbana de Fortaleza.

Fonte: compilado de CEARÁ (1992); IPLANCE (1997); COGERH (2001).

4.1.1.4 - Hidrologia e Climatologia

Em termos hidrológicos/climatológicos, observa-se que na **RMF** as chuvas se concentram, quase exclusivamente, no primeiro semestre (aproximadamente 90% do total anual), sendo o trimestre fevereiro/abril ou março/maio responsável por um percentual em torno de 65 a 70% do total anual. Somente o mês de pico (março ou abril) concentra em média mais de 1/4 da pluviometria anual; este período de chuvas é denominado, em toda a região, de “inverno”. A análise da distribuição interanual da precipitação revela a ocorrência de anos secos, quando o índice de precipitação se reduz a menos de 1/4 ou 1/5 da média anual. O relevo e a proximidade do litoral exercem apreciável influência sobre os totais anuais, através de suas características de altitude e exposição aos ventos. Assim, na região de interesse, a distribuição espacial da pluviosidade apresenta a seguinte configuração (*e.g.* CEARÁ, 1992; COGERH, 2001):

- com exceção das regiões do médio curso do rio São Gonçalo, do alto/médio Choró e de praticamente toda bacia do Pirangi, as demais bacias apresentam índices pluviométricos superiores a 1.000 mm/ano;
- os maiores índices de precipitação são verificados no litoral de Fortaleza e nas serras de Maranguape, Aratanha e Baturité, onde a ocorrência de chuvas orográficas induz a índices pluviométricos significativos, acima de 1.400 mm/ano, e à ocorrência de microclimas;
- nas áreas interioranas das Bacias Metropolitanas, os índices pluviométricos se reduzem ao patamar de 800 mm/ano, mais especificamente no médio curso do rio São Gonçalo e no alto/médio curso dos rios Choró e Pirangi.

O regime térmico caracteriza-se pelas elevadas temperaturas, acompanhadas de baixas amplitudes térmicas, típicas das regiões de baixa latitude, próximas a linha do equador. Nestas áreas os raios solares incidem quase que verticalmente durante todo ano, estabilizando a temperatura (*e.g.* IPLANCE, 1997). A média das temperaturas, assim como todo o clima, é diferenciado em três regiões distintas, quais sejam: litoral, serra e sertão.

Na região litorânea, as temperaturas são amenizadas pela corrente dos Alísios, sendo registradas temperaturas médias anuais situadas entre 25 e 27 °C e amplitudes térmicas sempre inferiores a 5 °C. A região serrana se encontra sob influência direta da altitude e do relevo, concentrando as mais baixas temperaturas médias anuais, situadas entre 22 e 26°C. A região do sertão apresenta as temperaturas mais elevadas, com médias anuais situadas entre 27 e 30 °C e amplitude térmica inferior a 5 °C. Isto se deve à baixa altitude (< 400m), alta

evapotranspiração e baixos teores de umidade relativa do ar (*e.g.* IPLANCE, 1997; COGERH, 2001).

No conjunto, as condições climáticas favorecem o fenômeno da evaporação, provocando perdas hídricas consideráveis nos volumes acumulados em superfícies livres de água (açudes/lagoas). De uma maneira geral, não há grande variação das taxas de evaporação na área de interesse, a não ser nas regiões com microclimas bem definidos, caracterizado pelas elevadas precipitações e taxas de evaporação mais reduzidas. As alturas médias anuais de evaporação variam de 562 mm, na Serra de Guaramiranga, até 1.649 mm em Fortaleza (*e.g.* COGERH, 2001). O trimestre úmido, fevereiro/abril ou março/maio, é frequentemente o de menor índice de evaporação, correspondendo, em média, a 15% da evaporação anual. Por outro lado, o trimestre de setembro/novembro concentra quase que 1/3 do mesmo total. Quando da ocorrência de anos secos, as alturas totais de evaporação aumentam consideravelmente, podendo superar os 3.300 mm/ano.

A evapotranspiração potencial ocorre com índices médios anuais sempre superiores a 1.500 mm. Esta variável tem como principal característica um crescimento progressivo ao longo da costa. Nas estações de Fortaleza e Maranguape a evapotranspiração potencial atinge valores de 1608 e 1665 mm, respectivamente. A evapotranspiração real acontece com valores médios anuais inferiores a 1.000 mm. Seus maiores índices mensais são verificados no período de fevereiro a junho, quando esta assume valores similares aos de evapotranspiração potencial, coincidindo com o período de armazenamento de água no solo. Nas estações de Fortaleza e Maranguape a medias anuais são de 997 e 960 mm, respectivamente (*e.g.* COGERH, 2001).

4.1.1.5 - Geomorfologia

Em termos geomorfológicos, BRASIL (1981) e SOUZA (1995) reconhecem quatro domínios bem diferenciados, quais sejam: 1) a Planície Litorânea; 2) os Glacis Pré-Litorâneos; 3) os Maciços Residuais; e, 4) as Depressões Sertanejas. A distribuição das unidades geomorfológicas na **RMF** pode ser visualizada na Figura 4.5, sendo a sua descrição apresentada na TAB. 4.6.

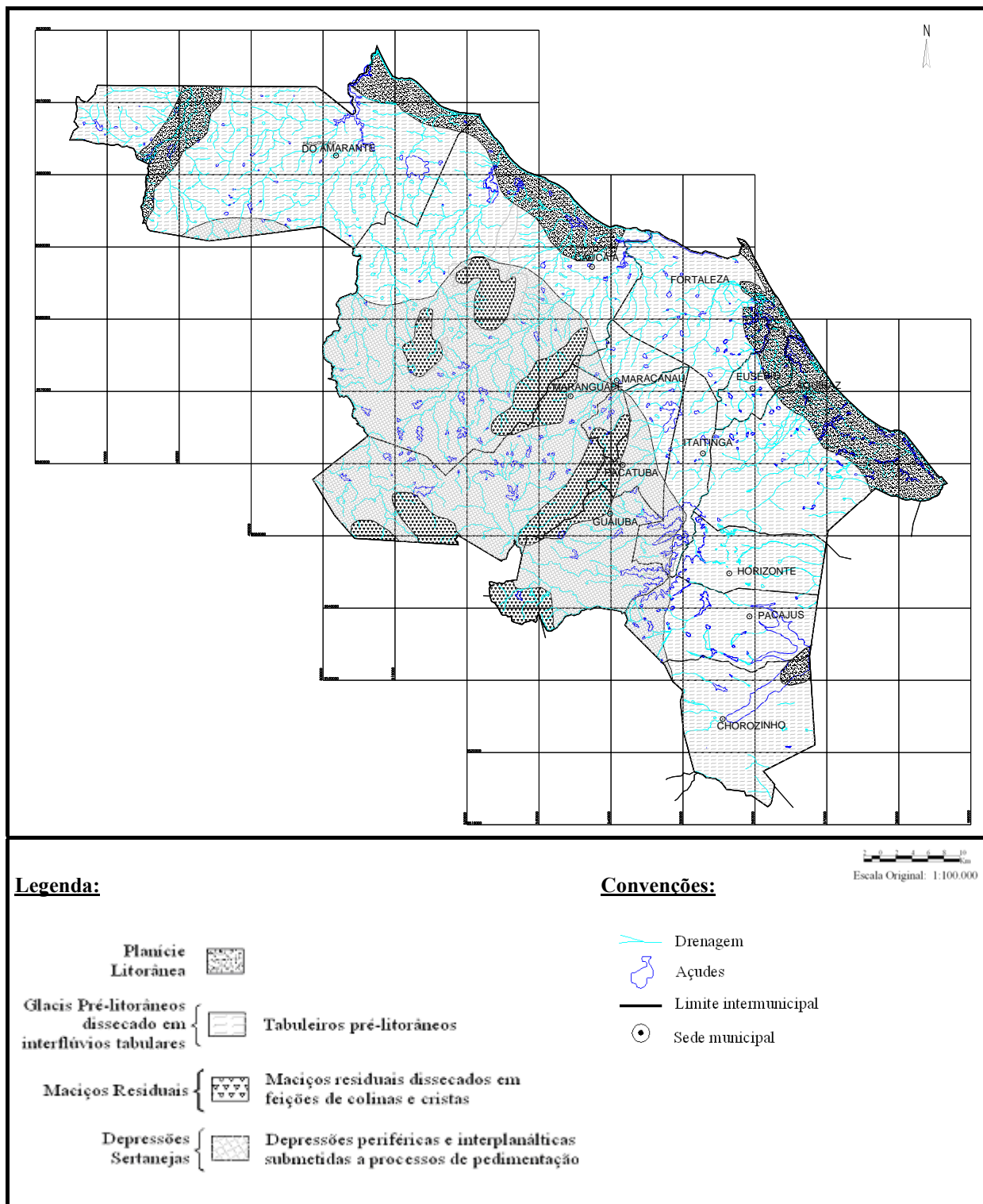


Figura 4.5 - Mapa geomorfológico da Região Metropolitana de Fortaleza

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

Tabela 4.6 - Caracterização das unidades geomorfológicas reconhecidas na RMF

Unidade Geomorfológica	Descrição Geral
Planície Litorânea	Compreende os campos de dunas, as praias e as planícies fluvio-marinhas. As dunas formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidos, vez ou outra, por planícies fluviais e fluvio-marinhas, por falésias, ou ainda por promontórios constituídos por litotipos mais resistentes (e.g. pontas do Mucuripe e do Pecém). Quanto a morfologia, geralmente esses corpos apresentam feições de barcana, e em forma de meia lua, com declives suaves a barlavento, contrastando com inclinações mais acentuadas das encostas protegidas da ação dos ventos. Neste contexto, as praias formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa.
Glacis Pré-Litorâneos	Esta unidade representa a mais típica superfície de agradaciao do território cearense. Compreende um glacis de deposição que se inicia de modo gradativo do interior para o litoral, quase sempre com altitudes inferiores a 100 metros. Distribuem-se como uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa por trás dos depósitos eólicos antigos e atuais e é constituída por sedimentos plio-pleistocênicos pertencentes ao Grupo Barreiras. O glacis é sulcado de maneira pouco incisiva pela drenagem, o que dá ensejo ao surgimento das feições tabuliformes que marcam as paisagens pré-litorâneas, onde as áreas interfluviais têm, quase sempre, os topos horizontais e raramente convexizados. Na costa, apresentam-se cobertos pelos cordões de areias, e no interior limitam-se por uma linha de escarpa de contorno extremamente irregular, com desníveis pequenos em relação a depressão periférica. Por fim, constata-se a presença de testemunhos isolados da faixa principal dos tabuleiros, recortados pela erosão fluvial. Formavam uma superfície contínua, mais ampla que os limites atuais, elaborada a partir da coalescência de leques coluvio-eluviais numa época em que o nível do mar era mais baixo, recobrimdo uma extensa plataforma.
Depressão Sertaneja	Este domínio geomorfológico é o que ocupa maior extensão no âmbito da área de estudo e corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre as rochas cristalinas, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados tipos litológicos. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas sedimentadas que se iniciam na base dos maciços residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos de vales e ao litoral. Verifica-se a predominância de uma topografia plana ou levemente ondulada.
Maciços Residuais	Constituídos, predominantemente, por rochas granito-migmatíticas e gnáissicas e se formaram a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica gnáissica e migmatítica menos resistente. Apresentam-se dissecados em feições de colinas, relevos tabulares e em forma de <i>inselbergs</i> . Compreendem as serras cristalinas que apresentam extensões variadas e altitudes que oscilam de 400-600 metros até 700-800 metros e, raramente, ultrapassam as cotas de 900-1.000 metros. Na área de estudo destacam-se as serras de Baturité, Maranguape, Aratanha/Pacatuba, Juá/Conceição e Camará, que atingem níveis altimétricos da ordem de 350 a 800 m.

Fonte: compilado de BRASIL (1981); SOUZA (1995).

4.1.2 - Caracterização do Meio Ambiente Antrópico

Esta caracterização reflete os aspectos relacionados ao uso e ocupação do meio físico. Neste sentido, reconhece-se que os treze municípios que compõem a **RMF** dispõem de lei de planejamento dos solos. No entanto, a expansão urbana acelerada, atualmente em estágio avançado de desenvolvimento na maioria dos municípios e, principalmente, no entorno das sedes municipais, aponta para um conflito iminente entre a utilização do meio físico e dos recursos naturais, destacando-se os recursos hídricos. Sendo assim, esta caracterização busca apresentar um panorama geral sobre o meio ambiente antrópico, ressaltando as principais características sociais e econômicas nas zonas urbana e rural dos municípios considerados.

4.1.2.1 - Município de Aquiraz

O município de Aquiraz limita-se com os municípios de Eusébio, Itaitinga, Horizonte e Pindoretama, e com o oceano Atlântico. Compreende uma área de 480,97 km², e constitui-se de 8 distritos (*i.e.* Aquiraz, Camará, Caponga da Bernarda, Jacaúna, João de Castro, Justiniano de Serpa, Patacas e Tapera). O acesso rodoviário, a partir de Fortaleza, é feito através da rodovia CE-040, percorrendo-se 27 km até a sede municipal. Demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano. O município está inserido na bacia Metropolitana e apresenta como drenagens principais o rio Pacoti e os riachos Caponga Funda e Catú.

O território do município, localizado próximo aos principais mercados consumidores do estado, constitui-se ainda corredor de passagem em direção às praias do litoral leste. A rodovia CE-040 sobressai no estado como uma das vias de maior volume de tráfego e de ocupação de suas margens. Faz a ligação entre Fortaleza e o Rio Grande do Norte, margeando o litoral leste do estado. Ao longo de seu percurso, localizam-se empresas prestadoras de serviço, indústrias, matadouros, comércios, entre outras atividades. Quando atravessa a cidade, esse corredor de atividades confunde-se com a malha urbana. Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), o município tem uma população de 60.469 habitantes (90,4% residente em zonas urbanas e 9,6% residente em zonas rurais), densidade demográfica de 125,8 hab/km², taxa de urbanização de 90,4% e taxa geométrica de crescimento anual total de 3,01%, sendo 3,3% em áreas urbanas e 0,5% em áreas rurais. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.7.

Tabela 4.7 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Aquiraz

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Aquiraz	20.085	10.062	10.023	20.085	10.062	10.023	-	-	-
Camará	8.880	5.065	3.815	7.408	3.772	3.636	1.472	1.293	179
Caponga da Bernarda	2.502	1.289	1.213	1.304	663	641	1.198	626	572
Jacaúna	6.088	3.141	2.947	6.088	3.141	2.947	-	-	-
João de Castro	5.122	2.591	2.531	5.122	2.591	2.531	-	-	-
Justiniano de Serpa	7.879	4.055	3.824	4.762	2.447	2.315	3.117	1.608	1.509
Patacas	3.247	1.640	1.607	3.247	1.640	1.607	-	-	-
Tapera	6.666	3.413	3.253	6.666	3.413	3.253	-	-	-
TOTAL	60.469	31.256	29.213	54.682	27.729	26.953	5.787	3.527	2.260

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), o município é rico em recursos naturais e apresenta-se com boas condições de acesso e proximidade dos centros consumidores. No setor de turismo, podem ser citadas as praias de Porto das Dunas, Prainha, Iguape, Barro Preto e Batoque, além do complexo turístico do *Beach Park*, gerando uma expressiva população flutuante. Há indústrias e serviços de apoio a atividade turística e à população local, bem como um importante pólo de artesanato em rendas e bordados. A implantação de empreendimentos imobiliários de vulto, como o Porto das Dunas, tornou alto o índice de crescimento populacional. Acredita-se que em um curto espaço de tempo ocorra a conurbação entre as áreas de Porto das Dunas, Prainha e a sede municipal.

Ademais, possui potencial para a atividade agrícola, como as culturas de ciclo curto como milho, feijão e mandioca. Já a extração mineral possui bom potencial para a exploração de bens não metálicos: areia, argila e diatomito. Existem diversas frentes de lavra de areia vermelha, areia grossa, argila e diatomito. No caso da areia vermelha, que ocorre nos domínios dos tabuleiros pré-litorâneos (Formação Barreiras), há a necessidade de compatibilizar a extração com a preservação do solo para uso futuro, uso urbano, agrícola ou ampliação do sistema viário. As lavras de areia grossa, argila e diatomito, são praticadas nas planícies fluviais e lacustres, em áreas de preservação ambiental.

4.1.2.2 - Município de Caucaia

Segundo IPECE (2004), Caucaia tem uma área de 1.227,9 km², constituindo-se no maior município em extensão territorial da Região Metropolitana de Fortaleza, dividido politicamente em oito distritos: Caucaia, Catuana, Guararu, Sítios Novos, Tucunduba, Mirambé, Bom Princípio e Jurema. Limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com o município de Maranguape, ao leste com Fortaleza, Maracanaú e Maranguape, e ao oeste com São Gonçalo do Amarante e Pentecostes. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia BR-222 Fortaleza/Caucaia. Demais cidades, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano. Existe o domínio de três grandes bacias hidrográficas: 1) Rio Ceará, situada no limite com Fortaleza, com uma extensão territorial de 568,73 km²; 2) Rio Cauhipe e Riacho Juá, localizados na área central do município, ocupando uma área de 296,99 km²; e, 3) Rio São Gonçalo, situada na porção oeste, no limite com São Gonçalo do Amarante, de 464,59 km², com apenas 50% localizados em Caucaia.

A população em 2000 era de 250.479 habitantes (90,3% residente em zonas urbanas e 9,7% residente em zonas rurais), densidade demográfica de 210,42 hab/km², taxa de urbanização de 90,26% e taxa geométrica de crescimento anual total de 4,74%, sendo 4,85% em áreas urbanas e 3,76% em áreas rurais (e.g. IBGE, 2000; IPECE, 2004). Os dados demográficos englobando as sedes distritais de Caucaia são apresentados na TAB. 4.8.

Tabela 4.8 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Caucaia

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Caucaia	115.383	57.034	58.349	108.217	53.380	54.837	7.166	3.654	3.512
Bom Princípio	2.761	1.456	1.305	808	419	389	1.953	1.037	916
Catuana	6.803	3.583	3.220	1.583	819	764	5.220	2.764	2.456
Guararu	4.007	2.091	1.916	714	354	360	3.293	1.737	1.556
Jurema	109.314	52.825	56.489	109.314	52.825	56.489	-	-	-
Mirambé	5.089	2.597	2.492	2.072	1.036	1.036	3.017	1.561	1.456
Sítios Novos	4.682	2.439	2.243	3.284	1.679	1.605	1.398	760	638
Tucunduba	2.440	1.274	1.166	96	47	49	2.344	1.227	1.117
TOTAL	250.479	123.299	127.180	226.088	110.559	115.529	24.391	12.740	11.651

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Em função da proximidade da capital do Estado com as áreas urbanas do município de Caucaia, como Tabapuá, Jurema, Tabapuazinho, os conjuntos habitacionais constituem verdadeiras cidades dormitório para a maior parte dos operários que trabalham em Fortaleza. O setor primário exerce grande influência nas atividades comerciais, visto que 70% da área municipal são ocupados por 3.595 estabelecimentos rurais, com 89.990 ha (IPLANCE, 1997). Os principais produtos são côco-da-baia, mandioca, cana-de-açúcar, banana, castanha de caju, manga e feijão. A agropecuária aparece em todo o seu território, onde aproximadamente 60% das propriedades têm menos de 1.000 hectares.

A atividade industrial concentra-se na cidade de Caucaia e ao longo da BR-222 e da BR-020, na proximidade do município de Fortaleza. O sistema viário, os meios de transportes e o sistema público de abastecimento de água nas áreas urbanas da sede e no Distrito de Jurema, incluindo os conjuntos habitacionais populares, constituem os maiores atrativos de infraestrutura para a implantação de projetos industriais. No setor terciário, a atividade turística concentra-se nas Praias de Icará e Cumbuco. A implantação de hotéis e pousadas, restaurantes e clubes recreativos têm aumentado a oferta de serviços, utilizando mão-de-obra de menor qualificação do próprio município e de Fortaleza (mais qualificada).

Caucaia está interligada com o município de Fortaleza, principalmente, pela área industrial e residencial do bairro de Antônio Bezerra, onde parte de seu território vem sendo ocupada pelo crescimento da capital cearense, o que tem gerado diversos tipos de conflitos, tanto na faixa litorânea como nas planícies sertanejas. A ocupação do município, em função das condições geoambientais e pela grande extensão territorial é bastante peculiar: de uma parte, a faixa litorânea, compreendida entre a BR-222 e a linha de costa (mar), onde se concentram grandes áreas já urbanizadas, incluídos a sede do município e loteamentos; de outra parte, a macroárea conhecida pelo nome de "sertão" ocupada pelas planícies sertanejas e os maciços residuais, onde predominam a agricultura de subsistência, a pecuária intensiva e a mineração.

A faixa de praia e o campo de dunas constituem áreas com grande potencialidade ao ecoturismo (conservação ambiental), pesca artesanal, uso controlado dos recursos hídricos subterrâneos e corpos de água superficiais. Contudo, a ocupação de áreas junto aos aquíferos litorâneos vem comprometendo a recarga das águas subterrâneas, merecendo um maior controle, bem como aplicação de legislação específica de preservação das dunas. Nessa faixa de ocupação, caso não exista a interferência do poder público e prossiga a ocupação nos moldes atuais, deverá ocorrer um colapso no abastecimento de água ou contaminação dos aquíferos através das fossas sépticas.

No limite dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, a implantação do complexo industrial portuário do Pecém, localizado em uma área de 335 km², exigirá a execução de uma correspondente infra-estrutura. Os projetos industriais âncoras, como a refinaria e a usina siderúrgica, deverão transformar o perfil daquela região. O complexo industrial portuário do Pecém, além de alterar a economia dos dois municípios e do próprio estado do Ceará, trará profundas transformações na política da organização territorial e, conseqüentemente, quanto ao uso e ocupação do solo urbano e rural.

A mineração é considerável no município, tendo grande importância principalmente para a Grande Fortaleza, uma vez que contempla todas as substâncias minerais de uso imediato na construção civil, tais como areia grossa, areia fina (vermelha), argila, pedras britadas (pedreiras de rochas granitoides/migmatitos/gnaisses) e calcário. Essa atividade econômica primária desenvolve-se tanto de modo organizado como de forma clandestina. As pedreiras de grande porte, direcionadas ao mercado da capital do Ceará, representam 90% da produção local. A produção de areia grossa dos leitos dos Rios Cauhipe, Anil, São Gonçalo e afluentes, bem como dos paleocanais e planícies de inundação, durante muitas décadas representava a

maior fonte de abastecimento para a construção civil em Fortaleza, que, mesmo de maneira informal, deu origem aos famosos "reis da areia".

4.1.2.3 - Município de Chorozinho

Segundo IPECE (2004), Chorozinho tem uma área de 278,4 km² e é dividido politicamente em seis distritos: Chorozinho, Cedro, Campestre, Patos dos Liberato, Timbaúba dos Marinheiros e Triângulo. Limita-se com os municípios de Acarape, Barreira, Ocara, Cascavel e Pacajus. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia federal BR-116 ou pela rodovia que liga Fortaleza/Redenção/Chorozinho. Demais vilas, lugarejos e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas ou carroçáveis, que permitem franco acesso durante todo o ano. O município está inserido, predominantemente, na bacia do rio Choró, onde, em parte de seu território, localiza-se o Açude de Pacajus.

A população em 2000 era de 18.707 habitantes (50,6% residente em zonas urbanas e 49,4% residente em zonas rurais), densidade demográfica de 60,95 hab/km², a taxa de urbanização de 50,62% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,12%, sendo 9,17% em áreas urbanas e um valor negativo de -2,11% em áreas rurais (e.g. IBGE, 2000; IPECE, 2004). Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.9.

Tabela 4.9 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Chorozinho

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Chorozinho	7.891	3.993	3.898	5.926	2.962	2.964	1.965	1.031	934
Campestre	1.726	906	820	274	141	133	1.452	765	687
Cedro	2.005	1.030	975	161	87	74	1.844	943	901
Patos dos Liberato	1.513	780	733	512	254	258	1.001	526	475
Timbaúba dos Marinheiros	3.162	1.605	1.557	950	487	463	2.212	1.118	1.094
Triângulo	2.410	1.190	1.220	1.646	792	854	764	398	366
TOTAL	18.707	9.504	9.203	9.469	4.723	4.746	9.238	4.781	4.457

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), o município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido e castigado por fatores climáticos adversos. As principais atividades econômicas residem na monocultura de castanha de caju, indústria de sucos e castanha e na agricultura de subsistência de feijão, milho, mandioca e algodão. Há destaque para fabricação de farinha-de-mandioca. Na pecuária extensiva se sobressai a criação de bovinos, ovinos e suínos. O

extrativismo vegetal destaca-se com a fabricação carvão, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas e atividades no setor de apicultura. Na área de mineração, a extração de rochas para brita, placas para fachadas e usos diversos na construção civil é ainda incipiente. A extração de areia e argila (par a fabricação de telhas e tijolos) vem atendendo às necessidades do município. A atividade pesqueira é desenvolvida nos açudes locais.

4.1.2.4 - Município de Eusébio

Segundo IPECE (2004), o município de Eusébio compreende uma área irregular de 76,58 km² e limita-se com os municípios de Fortaleza, Aquiraz e Itaitinga. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia Fortaleza/Eusébio. Demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano. O município está totalmente inserido na bacia Metropolitana e apresenta como drenagem principal o rio Coaçu.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 31.500 habitantes (100% residente em zona urbana), densidade demográfica de 405,41 hab/km², taxa de urbanização de 100% e taxa geométrica de crescimento anual de 4,94%. Os dados demográficos deste município são apresentados na TAB. 4.10.

Tabela 4.10 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Eusébio

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Eusébio	31.500	15.739	15.761	31.500	15.739	15.761	-	-	-
TOTAL	31.500	15.739	15.761	31.500	15.739	15.761	-	-	-

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), por não possuir oficialmente área rural, o município apresenta ocupação bastante irregular, com áreas densamente ocupadas, outras somente loteadas e sítios de veraneio. Distanto apenas 8 km de Fortaleza, constitui a zona intermediária entre a capital e as praias do litoral leste por dois acessos importantes (BR-116 e CE-040).

O município constitui uma excelente alternativa de sítios de veraneio para a população de renda mais alta da capital. A proximidade com a capital atraiu diversas empresas de prestação de serviços, irradiadoras de desenvolvimento e geradoras de emprego para a população local. Apesar da ocupação recente, problemas relacionados com a degradação e impermeabilização

do solo, bem como a poluição dos recursos hídricos, advindos do processo de urbanização, merecem atenção especial, mediante ações efetivas dirigidas para a proteção e utilização adequada dos recursos naturais.

A atividade agrícola é voltada para as culturas de subsistência e fruticultura (coco e caju), enquanto a pecuária tem como recurso principal a avicultura, que apresenta uma importante produção por intermédio de diversas granjas instaladas no município. A mineração ocupa áreas voltadas para o aproveitamento de areia branca e vermelha, argila, saibro e pedra britada a partir de fonólitos. Com relação aos conflitos pelo uso do solo, são relevantes as atividades de extração de areia na região da Sabiaguaba. Trata-se de uma faixa de dunas móveis e fixas, de elevada importância turística e paisagística, apresentando extrema fragilidade ambiental, e onde a mineração deve ser admitida sob rígidos condicionamentos.

4.1.2.5 - Município de Fortaleza

Segundo IPECE (2004), o município de Fortaleza tem uma área de 313,14 km² e é dividido politicamente em cinco distritos. Fortaleza, Antônio Bezerra, Messejana, Mondubim e Parangaba. Limita-se, ao norte, com o Oceano Atlântico e Caucaia; ao oeste, com Caucaia e Maracanaú; ao sul, com Maracanaú, Itaitinga, Pacatuba e Eusébio; e, ao leste, com Aquiraz e o Oceano Atlântico. Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), o município tem uma população de 2.141.402 habitantes (100% residente em zona urbana), densidade demográfica de 6.854,68 hab/km², taxa de urbanização de 100% e taxa geométrica de crescimento anual de 2,15%. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.11.

Tabela 4.11 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Fortaleza

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Fortaleza	791.210	359.381	431.829	791.210	359.381	431.829	-	-	-
Antônio Bezerra	215.809	102.903	112.906	215.809	102.903	112.906	-	-	-
Messejana	345.260	165.491	179.769	345.260	165.491	179.769	-	-	-
Mondubim	494.969	237.753	257.216	494.969	237.753	257.216	-	-	-
Parangaba	294.154	136.708	157.446	294.154	136.708	157.446	-	-	-
TOTAL	2.141.402	1.002.236	1.139.166	2.141.402	1.002.236	1.139.166	-	-	-

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

A população urbana de Fortaleza, até o início do século XX, utilizava para dessedentação e demais usos as águas dos rios, riachos, lagoas e açudes da cidade. Contudo, devido a baixa

taxa de saneamento básico (resíduos líquidos, tanto domésticos como industriais), esses mananciais encontram-se inteiramente poluídos, o que impossibilita seu uso doméstico ou mesmo agrícola. A partir de 1927, a cidade passou a ser abastecida pelo Açude Acarape, e, com o consumo crescente, em 1981, o sistema foi acrescido do complexo hídrico Pacoti/Riachão, anexado atualmente aos Açudes Gavião e Pacajus.

Existem no município três grandes bacias hidrográficas: do rio Cocó (215,9 km²), do rio Maranguape (96,5 km²) e da vertente marítima (23,6 km²), que possuem conformação e dinâmica subordinadas a condicionantes geológicos, morfológicos e climáticos, sendo também influenciadas pelas oscilações de marés. Esse sistema é completado por lagoas, que são importantes pela interferência no equilíbrio hidráulico, na manutenção do macroclima e na valorização da paisagem, além de potencializarem o desenvolvimento da piscicultura.

O município tem como principais atividades econômicas a indústria (setor secundário) e os serviços (setor terciário), nestes salientando-se os de infra-estrutura básica e o turismo. O setor primário é praticamente inexistente, uma vez que o município não dispõe de área livre para atividade agro-pastoril, ocorrendo somente pequena produção de hortaliças, que não é suficiente para atender o mercado local.

4.1.2.6 - Município de Guaiúba

Segundo IPECE (2004), Guaiúba tem uma área de 267,2 km² e é dividido politicamente em seis distritos: Guaiúba, Água Verde, Baú, Dourado, Itacima e Núcleo Pio XII. Este município limita-se, ao norte, com os municípios de Pacatuba e Maranguape; ao oeste, com Redenção e Palmácia; ao sul, com Acarape e Santa Quitéria; e, ao leste, com Pacajus, Horizonte e Itaitinga. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia Fortaleza/Baturité (CE-060). Demais cidades, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano. O município está inserido na bacia do rio Pacoti, onde se localiza o sistema de açudagem responsável pelo abastecimento da **RMF**.

A população em 2000 era de 19.884 habitantes (78,5% residente em zonas urbanas e 21,5% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 73,62 hab/km², taxa de urbanização de 78,51% e taxa geométrica de crescimento anual total de 1,39%, sendo 5,02% em áreas urbanas e um valor negativo de -6,08% em áreas rurais (*e.g.* IBGE, 2000; IPECE, 2004). Assim, verifica-se uma acelerada migração da população rural para a zona urbana

de Guaiúba, caracterizando uma forma de ocupação desordenada e não sistemática, configurada pela falta de infra-estrutura básica. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.12.

Tabela 4.12 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Guaiúba

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Guaiúba	10.151	5.059	5.092	8.925	4.419	4.506	1.226	640	586
Água Verde	3.629	1.833	1.796	3.279	1.649	1.630	350	184	166
Baú	1.709	900	809	1.192	623	569	517	277	240
Dourado	654	338	316	465	236	229	189	102	87
Itacima	2.718	1.433	1.285	1.015	530	485	1.703	903	800
Núcleo Pio XII	1.023	519	504	735	368	367	288	151	137
TOTAL	19.884	10.082	9.802	15.611	7.825	7.786	4.273	2.257	2.016

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Distante cerca de 31 km ao sudoeste de Fortaleza, o município de Guaiúba desenvolveu-se em função do entreposto comercial ferroviário, que liga a capital ao Sul do Estado. Em termos regionais, poderá se consolidar como município agropecuário e industrial, contribuindo para o abastecimento alimentar da Região Metropolitana. Em termos locais, poderá se revelar como cidade de apoio, com a organização de espaços capazes de assegurar a qualidade de vida da população (*e.g.* IPLANCE, 2002).

O uso potencial do solo está centrado nas culturas de subsistência, fruticultura e pecuária extensiva, que formam importantes atividades do setor primário. O sistema fundiário compreende pequenos minifúndios, que se dedicam também ao extrativismo vegetal. No segmento da mineração, predomina a extração de argila, que ocorre nos terraços aluviais e de areia grossa, principalmente no canal ativo do Rio Pacoti e Riachos da Água Verde e do Baú.

4.1.2.7 - Município de Horizonte

Segundo IPECE (2004), Horizonte tem uma área de 159,97 km² e é dividido politicamente em quatro distritos: Horizonte, Aningas, Dourados e Queimados. Limita-se, ao norte, com o município de Aquiraz; ao oeste, com Itaitinga e Guaiúba; ao sul, com Pacajus; e, ao leste, com Cascavel e Pindoretama. Distanto cerca de 38 km da capital cearense, o acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia BR-116. Demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem

franco acesso durante todo o ano. Está incluído nas bacias hidrográficas dos rios Pacoti e Malcozinhado. O limite oeste com o município de Itaitinga é feito através do açude Pacoti, pertencente ao sistema que abastece a **RMF**.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 33.790 habitantes (83,2% residente em zonas urbanas e 16,8% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 176,91 hab/km², taxa de urbanização de 83,23% e taxa geométrica de crescimento anual total de 7,06%, sendo 11,24% em áreas urbanas e um valor negativo de -3,06% em áreas rurais. Assim, verifica-se uma acelerada migração da população rural para a zona urbana de Horizonte, caracterizando formas de ocupação desordenada e não sistemática, configurada pela falta de infra-estrutura básica. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.13.

Tabela 4.13 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Horizonte

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Horizonte	26.261	13.064	13.197	26.261	13.064	13.197	-	-	-
Aningas	1.640	888	752	122	61	61	1.518	827	691
Dourados	3.473	1.782	1.691	1.173	605	568	2.300	1.177	1.123
Queimados	2.416	1.242	1.174	566	285	281	1.850	957	893
TOTAL	33.790	16.976	16.814	28.122	14.015	14.107	5.668	2.961	2.707

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), o município é rico em recursos naturais e apresenta-se com boas condições de acesso e proximidade dos centros consumidores, além de outras vantagens, tornando-o dotado para o desenvolvimento de atividades diversificadas. Neste sentido, no segmento da BR-116, que corta o município, está implantado o distrito industrial de Horizonte-Pacajus. Neste distrito existem indústrias têxteis e de calçados de médio porte e serviços de apoio a população local.

Além disso, o município possui bom potencial para a atividade agrícola, capaz de contribuir para o abastecimento da Região Metropolitana. Culturas de ciclo curto como milho, feijão e mandioca e, fruticultura diversificada são os usos agrícolas principais. Possui também o município notória tradição na avicultura. Na área de mineração, a extração de rochas ornamentais para exportação, assim como rocha para cantaria, brita, placas para fachadas e usos diversos na construção civil, representam atividades de grande importância para o

município. Na extração de areia e argila (esta utilizada para fins cerâmicos, na fabricação de telhas e tijolos), residem importantes fontes de renda para o município.

4.1.2.8 - Município de Itaitinga

Segundo IPECE (2004), Itaitinga tem uma área de 150,78 km² e é dividido politicamente em dois distritos: Itaitinga e Gereraú. Limita-se, ao norte, com os municípios de Fortaleza, Eusébio e Maracanaú; ao oeste, com Pacatuba e Guaiúba; e, ao leste, com Aquiraz e Horizonte. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito pela BR-116, por um percurso de 37 km. A interligação das vilas, lugarejos, sítios e fazendas, em seu território, é feita por estradas asfaltadas e carroçáveis, transitáveis durante todo o ano. Os principais cursos d'água que drenam o município são os rios Pacoti e Coaçu, integrantes da bacia hidrográfica Metropolitana. Em seu território encontram-se dois dos mais importantes reservatórios do sistema de abastecimento d'água da Região Metropolitana de Fortaleza: açudes Pacoti e Riachão. Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 29.217 habitantes (90,9% residente em zonas urbanas e 9,1% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 188,98 hab/km² e taxa de urbanização de 90,86%. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.14.

Tabela 4.14 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Itaitinga

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Itaitinga	16.473	8.268	8.205	15.866	7.952	7.914	607	316	291
Gereraú	12.744	6.452	6.292	10.680	5.367	5.313	2.064	1.085	979
TOTAL	29.217	14.720	14.497	26.546	13.319	13.227	2.671	1.401	1.270

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Itaitinga é um município jovem, desmembrado de Pacatuba em 1992. Desenvolveu-se a partir de uma pedreira, ainda sua principal atividade econômica. Atualmente, devido à sua localização estratégica, entre Fortaleza e Horizonte, tornou-se zona de expansão natural de um corredor de atividades industriais, que é a rodovia BR-116. Identifica-se como município de produtos básicos para a construção civil da Região Metropolitana de Fortaleza. Além disso, oferece condições de infra-estrutura que possibilitam seu crescimento: rede elétrica de alta tensão, gasoduto, cabo de fibra ótica, água, duplicação da BR-116 e anel de acesso ao Maciço de Baturité, terrenos planos e relativamente altos e existência de escola de segundo grau (e.g. IPLANCE, 2002).

A proteção dos recursos hídricos, uma das diretrizes do Plano de Desenvolvimento de Itaitinga, deverá merecer especial atenção, uma vez que os seus mananciais (os açudes Pacoti e Riachão) destinam-se basicamente ao abastecimento de mais de um quarto da população do estado. Nesse sentido, não serão autorizadas práticas agrícolas que utilizem defensivos e agrotóxicos, nem a implantação de indústrias cujos resíduos venham a comprometer esses mananciais. Os Açudes Pacoti e Riachão, além da função de abastecimento de água, constituem locais aprazíveis quanto ao clima e a paisagem, favorecendo seu aproveitamento para outros fins.

4.1.2.9 - Município de Maracanaú

Segundo IPECE (2004), Maracanaú tem uma área de 105,7 km² e é dividido politicamente em dois distritos: Maracanaú e Pajuçara. Limita-se, ao norte, com os municípios de Fortaleza e Caucaia; ao oeste, com Maranguape; e, ao leste, com Pacatuba e Itaitinga. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia Fortaleza/Maracanaú (CE-060), numa distância de 13 km. Acesso ferroviário também pode ser utilizado. Demais cidades, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano. Está incluído, predominantemente, na bacia hidrográfica do rio Maranguape.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 179.732 habitantes (99,7% residente em zonas urbanas e 0,3% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 1.832,13 hab/km², taxa de urbanização de 99,69% e taxa geométrica de crescimento anual total de 1,5%, sendo 1,52% em áreas urbanas e um valor negativo de -3,03% em áreas rurais. Assim, verificando-se uma migração da população rural para a zona urbana, caracterizando formas de ocupação desordenada e não sistemática, configurada pela falta de infra-estrutura básica. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.15.

Tabela 4.15 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Maracanaú

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Maracanaú	145.059	71.108	73.951	144.497	70.831	73.666	562	277	285
Pajuçara	34.673	17.298	17.375	34.673	17.298	17.375	-	-	-
TOTAL	179.732	88.406	91.326	179.170	88.129	91.041	562	277	285

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Este município, tem sua superfície quase completamente edificada, revelando um elevado índice de ocupação do solo, fruto da implantação do distrito industrial e dos conjuntos habitacionais. A explosão demográfica ocorrida nos últimos anos constitui o principal vetor de diversos problemas que vêm ocorrendo com grande intensidade. Entre eles, a degradação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e o impedimento à exploração de recursos minerais para construção, em função da prioridade dada ao solo para os programas habitacionais.

A principal atividade da economia de Maracanaú está vinculada ao setor secundário, notadamente à indústria, sendo esse município o segundo em arrecadação no Estado. A agropecuária é inexpressiva, pela pouca área ainda disponível, enquanto o setor terciário é deficiente em relação à renda gerada e muito aquém das potencialidades do mercado. Atualmente, existe um processo de conurbação de Fortaleza com Maracanaú ao longo das rodovias CE-060 e CE-065 e nas margens da ferrovia. A expansão no sentido sul também está sendo monitorada, devido a implantação do aterro sanitário (IPLANCE, 2002).

4.1.2.10 - Município de Maranguape

Segundo IPECE (2004), Maranguape tem uma área de 590,82 km² e é dividido politicamente em dezessete distritos: Maranguape, Amanari, Antônio Marques, Cachoeira, Itapebessu, Jubaia, Ladeira Grande, Lages, Lagoa do Juvenal, Manoel Guedes, Papara, Penedo, Sapupara, São João do Amanari, Tanques, Umarizeiras e Vertentes do Lajedo. Limita-se, ao norte, com o município de Caucaia; ao oeste, com Petencoste; ao sul, com Caridade e Palmácia; e, ao leste, com Pacatuba Guaiúba e Maracanaú. O acesso à sede municipal, a partir de Fortaleza, é feito através da rodovia Fortaleza/Maranguape (CE-065), num trajeto de 24 km. Demais cidades, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município estão interligados por estradas asfaltadas, calçadas com paralelepípedos e/ou carroçáveis, que permitem franco acesso durante todo o ano. Está incluído na Bacia Metropolitana, tendo como principais drenagens superficiais os rios Maranguape, Baú e Água Verde, e os riachos Amanari e da Cruz.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 88.135 habitantes (74,1% residente em zonas urbanas e 25,9% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 135,2 hab/km², taxa de urbanização de 74,05% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,32%, sendo de 2,57% em áreas urbanas e de 1,64% em áreas rurais. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.16.

Tabela 4.16 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Maranguape

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Maranguape	45.668	21.993	23.675	43.840	21.050	22.790	1.828	943	885
Amanari	4.973	2.544	2.429	2.867	1.401	1.466	2.106	1.143	963
Antônio Marques	1.179	628	551	264	140	124	915	488	427
Cachoeira	1.319	665	654	456	233	223	863	432	431
Itapebussu	4.224	2.103	2.121	3.303	1.623	1.680	921	480	441
Jubaia	2.129	1.044	1.085	1.219	595	624	910	449	461
Ladeira Grande	2.177	1.088	1.089	298	141	157	1.879	947	932
Lages	2.007	1.028	979	987	501	486	1.020	527	493
Lagoa do Juvenal	1.649	836	813	980	501	479	669	335	334
Manoel Guedes	2.008	1.036	972	844	427	417	1.164	609	555
Papara	3.759	1.940	1.819	566	281	285	3.193	1.659	1.534
Penedo	3.837	1.964	1.873	1.132	546	586	2.705	1.418	1.287
Sapupara	6.241	3.082	3.159	5.478	2.672	2.806	763	410	353
São João do Amanari	1.914	959	955	1.696	844	852	218	115	103
Tanques	2.949	1.486	1.463	561	288	273	2.388	1.198	1.190
Umarizeiras	1.650	808	842	692	325	367	958	483	475
Vertentes do Lagedo	452	245	207	85	42	43	367	203	164
TOTAL	88.135	43.449	44.686	65.268	31.610	33.658	22.867	11.839	11.028

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE, 2002), os segmentos de produção do município são influenciados pela presença de Fortaleza, a cerca de 22 km, e a vizinhança com Maracanaú, que conta com um grande distrito industrial, oferecendo maiores oportunidades de emprego à população maranguapense. O setor industrial representa a principal atividade econômica do município, sendo também o de maior geração de renda, vindo em seguida o comércio e o transporte. Bastante diversificado, o setor industrial apresenta empresas de pequeno e médio porte, na sua maioria leves, não poluidoras e não comprometedoras ao meio ambiente. O ramo informal exerce um peso na economia do município; utiliza mão-de-obra na própria estrutura familiar, sobretudo no ramo de confecções, artesanatos e doces, todos fabricados em casa.

A agricultura está direcionada para atender ao mercado consumidor de Fortaleza, especialmente para os hortifrutigranjeiros. Merecem atenção as culturas de banana, abacate, mamão, batata-doce, manga e cítricos em geral. Também no setor primário, aparece a produção de suínos e aves, sendo o município o maior criador e produtor de aves e ovos no Estado do Ceará. No setor mineral destacam-se as lavras de granitos e areia, utilizados na construção civil. A cidade de Maranguape situa-se no sopé da serra homônima, cujo ponto

culminante está a aproximadamente 900 m de altura.

A vegetação da serra é considerada como resquício de Mata Atlântica, sendo reconhecida pela **UNESCO** como um "patrimônio do planeta". A Serra de Maranguape é um atrativo de lazer, provocando um bom fluxo de pessoas de Fortaleza nos finais de semana. Essas condições naturais, aliadas aos incentivos fiscais oferecidos ao setor turístico e a proximidade com a capital, credenciam Maranguape a tornar-se opção serrana para os turistas advindos de outras regiões. No que se refere à legislação ambiental, a Serra de Maranguape é protegida por lei municipal que criou a área de proteção ambiental a partir da cota de 100 metros.

4.1.2.11 - Município de Pacajus

Segundo IPECE (2004), o município de Pacajus tem uma área de 254,43 km² e é dividido politicamente em três distritos: Pacajus, Itaipaba e Pascoal. Limita-se, ao norte, com o município de Horizonte; ao oeste, com Guaiúba e Acarape; ao sul, com Barreiras e Chorozinho; e, ao leste, com Cascavel. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da BR 116, Fortaleza/Pacajus, num percurso de 54 km. Demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano. O município contribui para a bacia hidrográfica Metropolitana (bacia do Pacoti e Choró), tendo como principais drenagens superficiais os riachos Areré, na divisa com Horizonte, e do Lagamar. Além disso, incorpora parte das bacias hidráulicas dos açudes Pacoti e Pacajus, responsáveis pelo abastecimento da **RMF**.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 44.070 habitantes (77,8% em zonas urbanas e 22,2% em zonas rurais), com densidade demográfica de 182,94 hab/km², taxa de urbanização de 77,83% e taxa geométrica de crescimento anual total de 3,69%, sendo de 4,72% em áreas urbanas e de 0,73% em áreas rurais. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.17.

Tabela 4.17 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Pacajus

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Pacajus	40.030	19.662	20.368	32.905	15.992	16.913	7.125	3.670	3.455
Itaipaba	1.844	952	892	855	434	421	989	518	471
Pascoal	2.196	1.127	1.069	541	273	268	1.655	854	801
TOTAL	44.070	21.741	22.329	34.301	16.699	17.602	9.769	5.042	4.727

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), o município é rico em recursos naturais e apresenta-se com boas condições de acesso e proximidade dos centros consumidores, além de outras vantagens, tornando-o dotado para o desenvolvimento de atividades diversificadas. Neste sentido, no segmento da BR-116, que corta o município, está implantado o distrito industrial de Horizonte-Pacajus. Existem indústrias têxteis e de calçados de médio porte e serviços de apoio a população local. Além disso, destaca-se que o município possui bom potencial para a atividade agrícola, capaz de contribuir para o abastecimento da Região Metropolitana. Culturas de ciclo curto como milho, feijão e mandioca e, fruticultura diversificada são os usos agrícolas principais. Possui também o município notória tradição na avicultura.

4.1.2.12 - Município de Pacatuba

Segundo IPECE (2004), o município de Pacatuba tem uma área de 132,43 km² e é dividido politicamente em quatro distritos: Pacatuba, Monguba, Pavuna e Senador Carlos Jereissati. O reconhecimento de Pacatuba como um aglomerado urbano é bastante antigo, datando do século passado.

A divisão territorial, no entanto, tem-se alterado desde então: foram criados distritos e desmembrados outros; mais recentemente, Guaiúba e Itaitinga, que eram porções do seu território, assumiram vida própria com a emancipação. Sendo assim, limita-se, ao norte, com o município de Fortaleza; ao oeste, com Maracanaú e Maranguape; ao sul, com Guaiúba; e, ao leste, com Itaitinga.

O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da rodovia Fortaleza/Pacajus (CE-060). Demais cidades, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis. O município de Pacatuba contribui para a bacia hidrográfica Metropolitana, tendo como principal drenagem superficial o rio Cocó. Neste contexto, destaca-se o Açude Gavião como um dos principais integrantes do sistema de abastecimento da **RMF**.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 51.696 habitantes (91,0% residente em zonas urbanas e 9,0% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 376,52 hab/km², taxa de urbanização de 90,97% e taxa geométrica de crescimento anual total de -1,67%, sendo de -1,45% em áreas urbanas e de -3,65% em áreas rurais. Verificando-se, assim, uma acelerada migração das populações urbana e rural para outros centros vizinhos. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.18.

Tabela 4.18 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Pacatuba

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Pacatuba	11.620	5.694	5.926	9.642	4.688	4.954	1.978	1.006	972
Monguba	9.754	4.803	4.951	9.754	4.803	4.951	-	-	-
Pavuna	7.373	3.738	3.635	4.683	2.357	2.326	2.690	1.381	1.309
Senador C. Jereissati	22.949	11.111	11.838	22.949	11.111	11.838	-	-	-
TOTAL	51.696	25.346	26.350	47.028	22.959	24.069	4.668	2.387	2.281

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

A economia municipal é bastante incipiente quando se compara com a média estadual. Trata-se de um dos municípios periféricos da Região Metropolitana de Fortaleza que apresenta uma estrutura urbana consolidada, porém com sérios problemas de integração espacial. A implantação do Conjunto Jereissati, ocupando também áreas do município de Maracanaú, vem gerando problemas desde o início de sua concepção. Apesar de o setor primário de Pacatuba apresentar, atualmente, fraco desempenho, são muitas as oportunidades para seu incentivo. A localização geográfica próximo a mercados consumidores, a possibilidade de exportação da produção agrícola, a existência de terras férteis e as condições climáticas favoráveis possibilitam o bom desempenho da agropecuária. Na mineração existem áreas oneradas para granito; fonólito; argila e areia (*e.g.* IPLANCE, 2002).

4.1.2.13 - Município de São Gonçalo do Amarante

Segundo IPECE (2004), o município de São Gonçalo do Amarante tem uma área de 834,39 km² e é dividido politicamente em sete distritos: São Gonçalo do Amarante, Croatá, Pecém, Serrote, Siupé, Taíba e Umarituba. Limita-se, ao norte, com os municípios de Paracuru e Paraipaba e com o Oceano Atlântico; ao oeste, com Trairi e São Luis do Curú; ao sul, com Petencoste; e, ao leste, com Caucaia. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, é feito pela BR-222, que leva a Sobral, até São Gonçalo do Amarante (sede do município) ou, de Fortaleza até Umirim, tomando-se ramal estadual para Paracuru até a sede. Por estradas secundárias, atingem-se cidades vizinhas, vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 35.608 habitantes (62,0% residente em zonas urbanas e 38,0% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 42,28 hab/km², taxa de urbanização de 62,0% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,2%, sendo de 2,3% em áreas urbanas e de 2,04% em áreas rurais. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.19.

Tabela 4.19 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de São Gonçalo do Amarante

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
S. G. do Amarante	7.535	3.727	3.808	6.380	3.110	3.270	1.155	617	538
Croatá	5.638	2.874	2.764	4.643	2.344	2.299	995	530	465
Pecém	7.460	3.831	3.629	2.765	1.434	1.331	4.695	2.397	2.298
Serrote	6.880	3.722	3.158	2.216	1.153	1.063	4.664	2.569	2.095
Siupé	2.942	1.535	1.407	2.234	1.168	1.066	708	367	341
Taíba	3.911	2.018	1.893	2.775	1.426	1.349	1.136	592	544
Umarituba	1.242	647	595	1.064	544	520	178	103	75
TOTAL	35.608	18.354	17.254	22.077	11.179	10.898	13.531	7.175	6.356

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

O município está inserido na bacia hidrográfica do Curú e na Metropolitana, onde apresenta como principais drenagens o rio São Gonçalo e os riachos Pau d'Óleo, Madeira e São Pedro. Nas faixas interdunares existem diversas lagoas, destacando-se o Lagamar do Gereraú e lagoa do Talos, que constituem um grande reservatório para abastecimento humano, além da utilização como pontos de lazer, e de grande importância turística e paisagística. Merecem atenção ainda os aquíferos da faixa litorânea, no cordão de dunas, que abastecem as áreas ocupadas, principalmente as localidades de veraneio (Pecém). Segundo IPLANCE (2002), a ocupação do município, em função das condições geoambientais e pela grande extensão territorial, é bastante peculiar: de uma parte, a faixa litorânea, compreendida entre a rodovia estruturante (Sol-Poente) e a linha de costa (mar), de outra parte, a macro-área conhecida pelo nome de "sertão", onde predomina a agricultura de subsistência, a pecuária intensiva e a mineração. Entre as atividades primárias, a agropecuária aparece em todo o território do município, onde a maioria das propriedades têm menos de 1.000 hectares.

A atividade industrial concentra-se no distrito do Pecém, na proximidade do Porto de mesmo nome. O sistema viário é composto de diversas rodovias e uma ferrovia que interliga o distrito industrial do Pecém e o porto ao resto do estado. O Porto do Pecém, com toda sua infraestrutura viária e elétrica, constitui o maior atrativo para implantação de projetos industriais. O complexo industrial portuário do Pecém, em instalação, além de alterar a economia do município e do próprio estado do Ceará, trará profundas transformações na política da organização territorial e, conseqüentemente, quanto ao uso e ocupação do solo urbano e rural. Neste sentido, o Distrito de Pecém, com uma população de cerca de 7.500 habitantes, projeta para os próximos 15 anos uma população de aproximadamente 150.000 pessoas, com uma geração de 30.000 empregos.

No setor terciário, a atividade turística concentra-se nas praias do Pecém. A implantação de hotéis e pousadas, restaurantes e clubes recreativos têm aumentado a oferta de serviços, utilizando mão-de-obra de menor qualificação do próprio município e de Fortaleza, mais qualificada. A faixa de praia e o campo de dunas constituem áreas com grande potencialidade ao ecoturismo (conservação ambiental), pesca artesanal, uso controlado dos recursos hídricos subterrâneos e corpos de água superficiais. A ocupação de áreas junto aos aquíferos litorâneos vem comprometendo a recarga das águas subterrâneas, merecendo um maior controle, bem como aplicação de legislação específica de preservação das dunas.

4.2 - Graben Crato-Juazeiro (GCJ)

4.2.1 - Caracterização do Meio Ambiente Natural

Geograficamente, a área do Graben Crato-Juazeiro (GCJ) situa-se entre os paralelos 427.000 e 478.000, de longitude leste, e os meridianos 9.176.000 e 9.213.000, de latitude norte, inserindo-se na porção sul do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil (Figura 4.6).

Em termos geopolíticos, a área em questão está incluída, predominantemente, nos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, abrangendo apenas porções insignificantes dos municípios de Missão Velha e Santana do Cariri.

De fato, os seus contornos são definidos em função de sua estruturação geológica, sobrepondo-se a uma superfície de aproximadamente 886 km². A partir destes limites, são feitas as caracterizações de outros aspectos relacionados ao meio físico, conforme descrito a seguir.

4.2.1.1 - Geologia

Em termos geológicos, a área do Graben Crato-Juazeiro insere-se no contexto evolutivo da Bacia Sedimentar do Araripe, localizada na região fronteira dos estados do Ceará, Pernambuco, Piauí e Paraíba, e implantada sobre os terrenos precambrianos da Província Borborema (embasamento Cristalino). A seqüência litoestratigráfica descrita para esta área é apresentada na Figura 4.7 (e.g. PONTE & APPI, 1990).

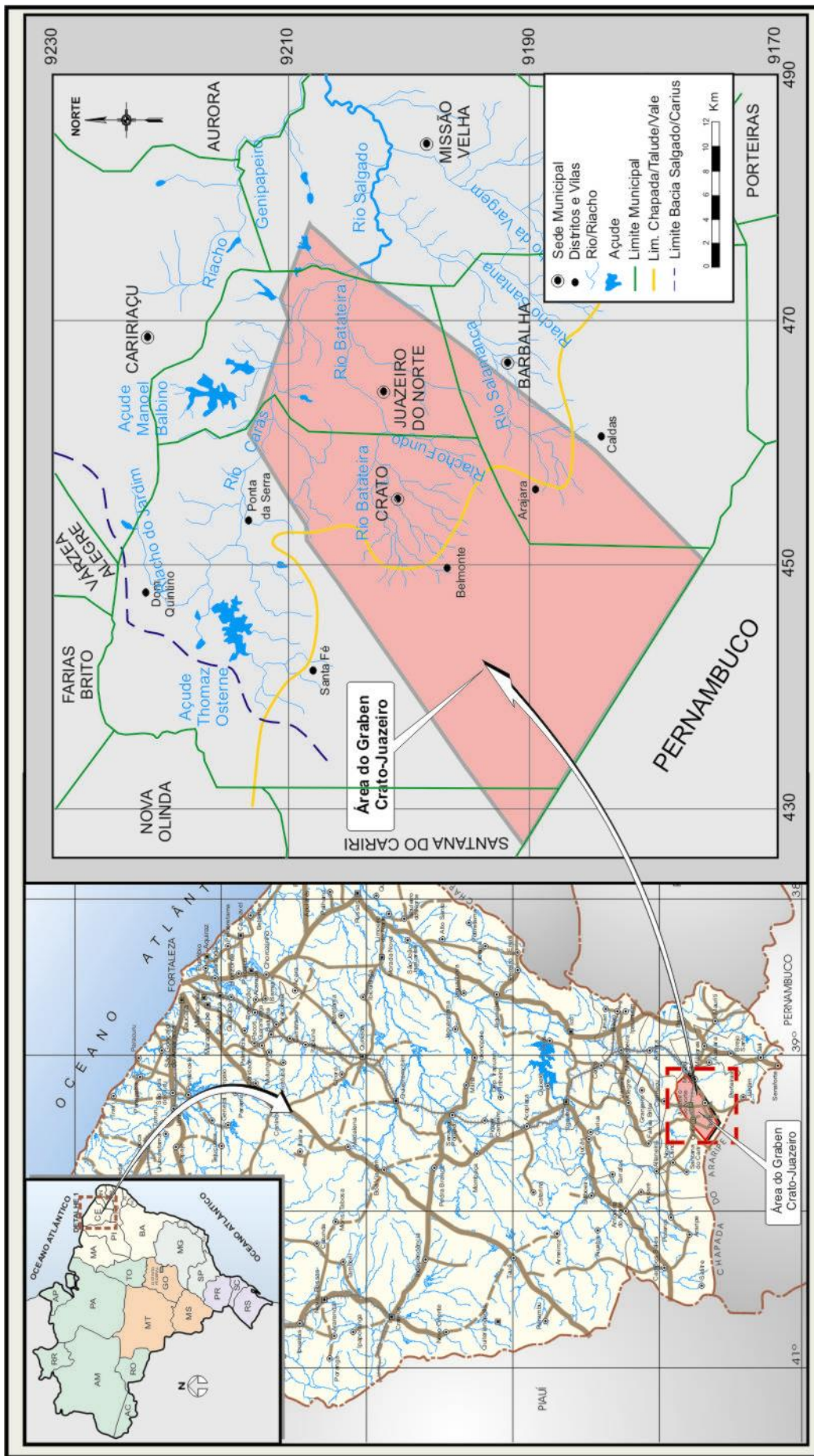


Figura 4.6 - Localização do Graben Crato-Juazeiro e distribuição dos municípios integrantes.

Fonte: modificado de IPLANICE (1997).

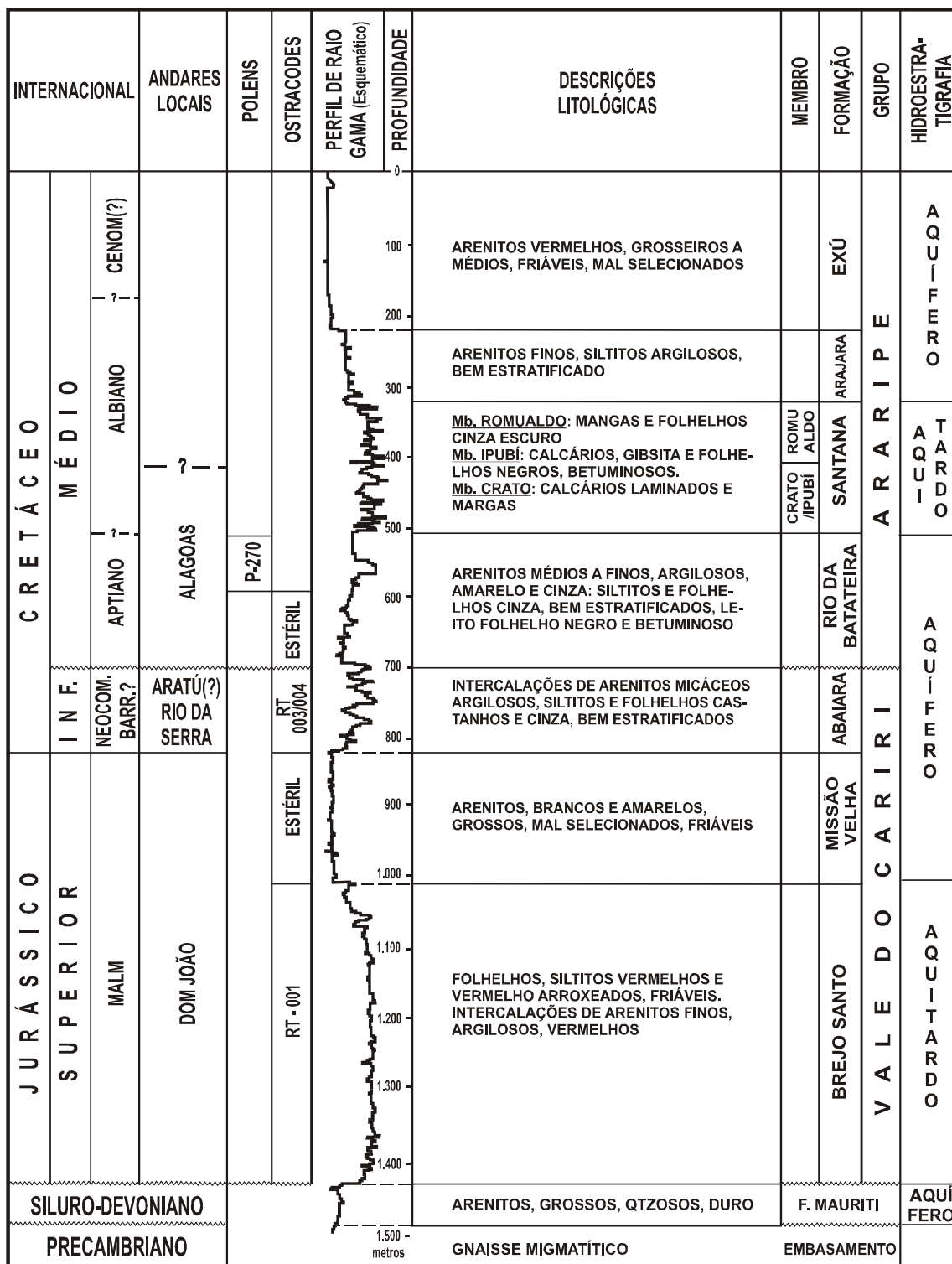


Figura 4.7 - Coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe.

Fonte: PONTE & APPI (1990).

Os litotipos representativos da Bacia do Araripe caracterizam um espesso pacote sedimentar, formado pela alternância de arenitos, siltitos, calcários, argilitos e folhelhos, cuja espessura total pode alcançar até 1.600 metros. Neste estudo, adota-se a divisão estratigráfica proposta por PONTE & APPI (1990), que a partir do embasamento, divide a coluna sedimentar em

três seções distintas, limitadas por discordâncias angulares de extensão regional (Figura 4.7), quais sejam, da base para o topo: Formação Mauriti; Grupo Vale do Cariri; e, Grupo Araripe.

A Formação Mauriti constitui a base da coluna sedimentar da Bacia do Araripe e tem presumível idade Siluro-Devoniana.

O Grupo Vale do Cariri engloba as seqüências pré- a sin-rifte, representadas por rochas do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior (Neocomiano), correlatas à de uma série de pequenas bacias interiores do Nordeste e dos riftes mesozóicos da margem e borda continental brasileira. Este pacote preenche grabens e recobre horstes na região, controlados por uma série de falhas NE e NW. Reúne as formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara. A distribuição de todas estas unidades é apresentada na Figura 4.8, sendo a suas respectivas características gerais descritas na TAB. 4.20.

O Grupo Araripe constitui-se numa seqüência pós-rifte do Cretáceo médio, que forma extensos lençóis de estratos sedimentares em atitudes sub-horizontais e recobre os pacotes sedimentares anteriores. É dividido nas formações Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exu.

Em termos geoestruturais, ASSINE (1990) e PONTE (1991) apresentaram um novo modelo para a Bacia do Araripe, no qual se distinguem regionalmente dois compartimentos superpostos: o inferior, caracterizado por bacias do tipo rifte, divididas internamente por blocos estruturais (grabens e horstes), e o superior, representado pela cobertura tabular que constitui a Chapada do Araripe. Nesse modelo, a estruturação geológica da Bacia do Araripe foi condicionada por ciclos tectono-sedimentares que resultaram na existência de duas sub-bacias: Feitoria, a oeste, e Cariri, a leste, ambas separadas por um alto estrutural denominado Alto de Dom Leme.

Os falhamentos principais situam-se na continuidade do falhamento do embasamento ou se alinham nas mesmas direções dos mesmos, ou seja, NE-SW, e na direção E-W (aproximadamente), concordantes aos lineamentos Patos ao norte e Pernambuco ao sul. A sub-bacia de Feitoria, a oeste do horste de Dom Leme, foi afetada por tectonismos Siluro-Devonianos e Juro-Cretácios, respectivamente estágios de pré-rifte e rifte. Todo o conjunto mergulha para noroeste e encontra-se limitado por falhas de direção NE-SW, e no seu interior são reconhecidos pelo menos dois blocos escalonados, separados por um graben.

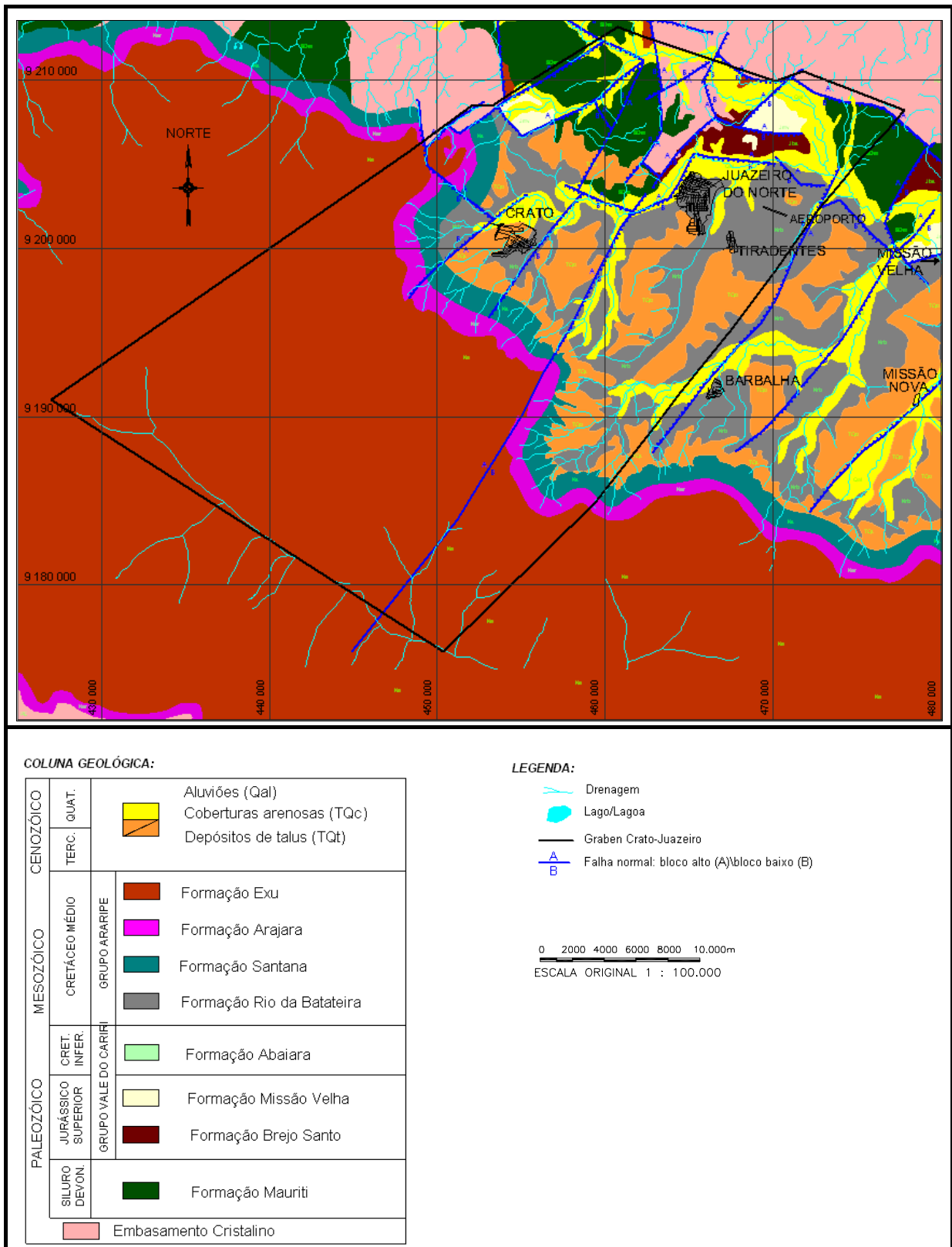


Figura 4.8 - Distribuição das Unidades Estratigráficas na área do Graben Crato-Juazeiro.
Fonte: modificado de DNPM (1996).

Tabela 4.20 - Caracterização geral das unidades estratigráficas da área do GCJ

Grupo	Formação	Descrição Geral
	Exu	Constitui uma capa contínua em toda a extensão da Chapada, representada por uma seqüência monótona de arenitos vermelhos friáveis, argilosos, em geral caulínicos, de granulometria variável, contendo leitos intercalados de arenitos grosseiros a conglomeráticos. Pode apresentar-se bastante silicificada. Todo o conjunto repousa discordantemente sobre a Formação Arajara, constituindo bancos grosseiramente acamadados, com estratificações cruzadas, evidenciando litofácies típicas de depósitos fluviais. Coberturas arenosas e areno-argilosas, conglomeráticas ou não, associadas a leques de fluxos de detritos, recobrem a área na forma de coberturas dos topos dos morros e colinas, ou no sopé da escarpa, assemelhando-se a depósitos de tálus. A presença de cores variegadas e manchas associadas a níveis de lateritização indica que estas coberturas passaram pelo processo de lateritização, que se associa à Superfície Sul Americana, de idade eoterciária. Representam a sedimentação quaternária local os sedimentos arenosos e depósitos de tálus arenosos com blocos de tamanhos variados que ocorrem no sopé das encostas, e os depósitos arenosos, conglomeráticos ou não, que se associam às planícies aluvionares.
Araripe	Arajara	Representada por siltitos, argilitos, arenitos finos argilosos e/ou caulínicos, bem estratificados, exibindo estruturas sedimentares e coloração variegada, predominando as tonalidades vermelha e amarela. Seu contato inferior com o Membro Romualdo é gradacional, enquanto que com a Formação Exu sobreposta é bem marcado por uma discordância erosiva regional (e.g. SILVA, 1986). Trata-se de uma unidade contínua, de ambientes lagunares e marinhos litorâneos, que aflora por toda a extensão da bacia, bordejando o sopé da escarpa da Chapada do Araripe. A sua espessura é de difícil determinação, uma vez que se encontra recoberta por depósitos de tálus provenientes da Formação Exu. Alguns poços perfurados indicam espessuras entre 36 e 100 m.
	Santana	Subdivide-se em três membros: Crato, Ipubi e Romualdo, da base para o topo. O Membro Crato constitui um pacote com espessura média da ordem de 50 metros, compreendendo folhelhos, calcíferos, laminados e calcários argilosos e finamente laminados. Representa uma fácies de um sistema deposicional lacustre. O Membro Ipubi constitui-se por bancos estratiformes de gipsita, com intercalações de folhelhos, típicos de ambientes transicionais evaporíticos (espessura média de 30 m.). O Membro Romualdo compõe-se de folhelhos e margas fossilíferos, onde ocorre um horizonte intercalado rico em concreções carbonáticas de dimensões variadas, contendo na sua maioria peixes fósseis de alto valor científico e econômico. Seu ambiente de formação é lagunar e marinho raso e sua espessura varia entre 2 a 15 metros.
	Rio da Bataeira	Constituída por arenitos fluviais médios a grosseiros, gradando ascendentemente para arenitos médios a finos, siltitos argilosos bem estratificados e se encerrando com folhelhos negros, orgânicos e fossilíferos. Constitui um sistema flúvio-lacustre com espessura da ordem de 200 m.
	Abaiara	Reúne arenitos micáceos argilosos, finos a médios, intercalados com siltitos e folhelhos bem estratificados, contendo delgadas camadas de carbonatos impuros. A associação corresponde a um sistema deposicional flúvio-lacustre sintectônico, expostos apenas no Vale do Cariri.
Vale do Cariri	Missão Velha	Constituída de arenitos grossos, mal selecionados, às vezes conglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e acanalada de pequeno porte, brancos e amarelados, portadores de troncos e fragmentos de madeira silicificada. Possui intercalações métricas de siltitos arroxeados. Representa uma associação de arenitos fluviais, predominantemente anastomosados, mostrando uma sucessão de ciclos deposicionais granodescrescentes desde a base até o topo.
	Brejo Santo	inclui, na sua base, arenitos finos, siltitos e argilitos vermelhos alternados, com intercalações ocasionais de arenitos finos vermelhos de origem fluvial meandrante, lacustre e secundariamente eólica. A parte superior é constituída por argilitos e folhelhos vermelhos ou marrons, bem estratificados e raros leitos de folhelhos verdes, representando uma associação tipicamente lacustre rasa
	Mauriti	Constituída por remanescentes de uma vasta cobertura de sedimentos terrígenos preservados em depressões do escudo cristalino, repousando diretamente sobre o embasamento. Representa um sistema deposicional fluvial entrelaçado e eólico, onde se observa a predominância de arenitos quartzosos, grossos a médios, mal selecionados e contendo camadas conglomeráticas, com seixos de até 3 cm de quartzo de origem fluvial sobre os arenitos finos de origem eólica. A estratificação cruzada de pequeno a médio porte é comum e os arenitos apresentam-se compactos e silicificados, formando rochas resistentes, capazes de sustentar cachoeiras, como a de Missão Velha. Constitui um pacote com espessura entre 10 e 50 m
	Embasamento Cristalino Indiferenciado	Representado por unidades do Arqueano e Paleoproterozóico. O Arqueano indiferenciado é constituído de ortognaisses biotíticos e hornblenditos de coloração cinza. Contém corpos de metabasitos e metaltrabasitos de dimensões variadas. O Proterozóico é composto por biotita-gnaisses e gnaisses migmatizados (Complexo Ceará); por metarenitos, filitos, metassiltitos, metaconglomerados e micaxistos (Grupo Cachoeirinha); e, por granitóides intrusivos.

Fonte: Compilado de PONTE & APPI (1990); DNPM (1996).

A sub-bacia do Cariri, localizada a leste do horste de Dom Leme, apresenta feições de movimentações tectônicas mais significativas, sendo estruturalmente constituída por uma série de horstes e grabens dispostos segundo a direção aproximada NE-SW, e denominados: Graben Crato-Juazeiro; Horste Barbalha; Graben Missão Velha; Horste Abaiara/Milagres; Graben Jenipapeiro; Horste Brejo Santo/Mauriti; e; Graben Serrote das Cacimbas/Palestina. A Figura 4.9 apresenta a localização dessas principais estruturas, assim como as curvas de elevação do topo do embasamento, determinadas pela Petrobrás através de levantamento geofísico feito pelo método de Sísmica de Reflexão (PONTE & PONTE-FILHO, 1996).

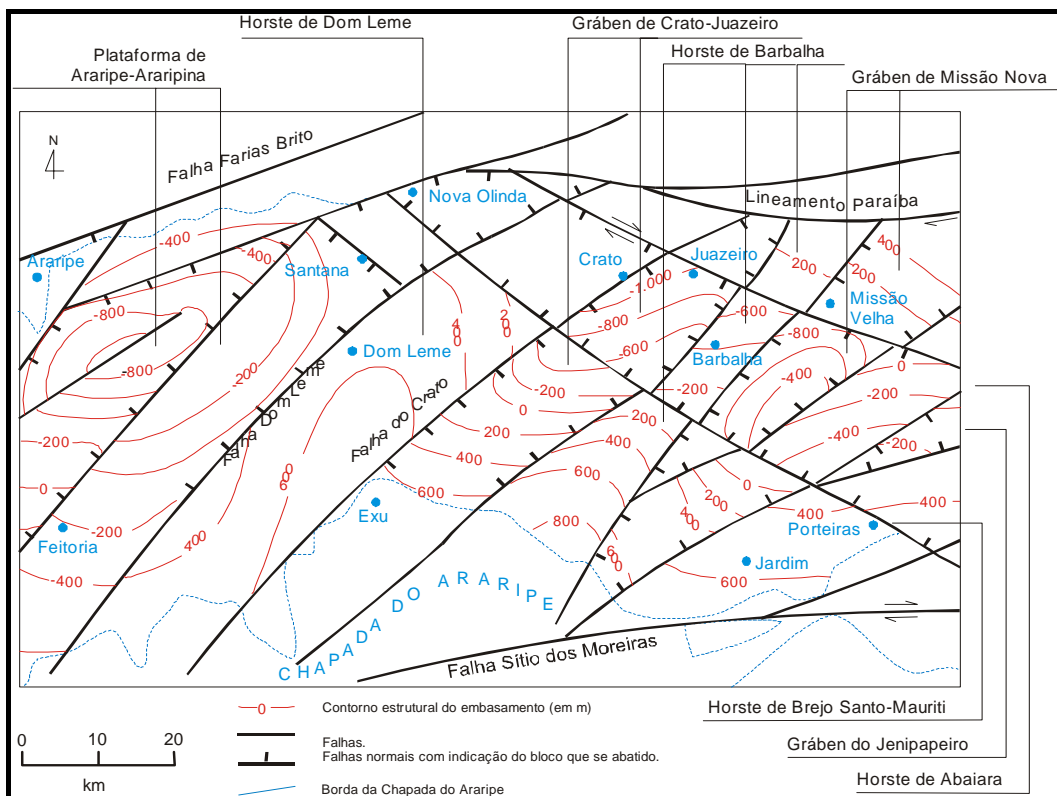


Figura 4.9 - Mapa estrutural do embasamento de parte da Bacia do Araripe.

Fonte: PONTE & PONTE FILHO (1996).

No cenário local, foi realizado um trabalho de campo para reconhecimento do quadro geológico estrutural. Este trabalho teve como objetivo a melhor definição dos limites e identificação das principais estruturas geológicas do graben Crato-Juazeiro. Segundo PONTE & PONTE FILHO (1996), as maiores espessuras do pacote sedimentar seriam encontradas neste graben, com valores da ordem de 1.400 m (cerca de 1.000 m abaixo do nível do mar). A análise morfotectônica local permitiu reconhecer forte controle estrutural no estabelecimento da rede de drenagem e na formação de escarpas, internas ao graben. Essa análise e os dados de campo mostraram 10 falhas normais organizadas em dois conjuntos principais, orientados segundo as direções NE e NW (TAB. 4.21 – Figura 4.10).

Tabela 4.21 - Caracterização das falhas mapeadas na área do GCJ

Direção Principal	Identificação	Descrição Geral
NE	Falha 1	Constitui-se em um dos limites principais do graben. Tem orientação N45-50E, separando o Alto do Juá (gnaisses, granitos e filitos) dos sedimentos da formação Missão Velha, no bloco abatido a sudeste. O prolongamento de seus traços para sudoeste é marcado pela justaposição do embasamento, lado a lado, com a formação Exu, do topo da seqüência mesozóica. Ocorrem sedimentos da formação Mauriti no alto dos morros da região, o que permite inferir um desnivelamento de praticamente toda a pilha sedimentar, estimando-se rejeitos da ordem de 1.200 a 1.400 m (espessura da pilha).
	Falha 2	Constitui-se em uma falha normal de direção N60E, com bloco abatido a noroeste, separando os sedimentos da formação Missão Velha a noroeste das rochas pré-cambrianas e delgada cobertura paleozóica (formação Mauriti) a sudeste. No arranjo com a Falha 1, limita um graben interno na estrutura maior.
	Falha 3	Constitui-se em um traço importante na estruturação geral da área. É marcada na superfície do terreno pela expressão geomorfológica do contato entre a Serra do Horto e a planície do Rio da Batateira a oeste, noroeste e norte de Juazeiro do Norte. Neste segmento, tem direção principal N45-50E e alto mergulho, com bloco abatido a sudeste, onde ocorrem sedimentos da formação Abaiara e formação Rio da Batateira. Para nordeste, ela apresenta inflexão para N60E, com anomalias de drenagem associadas a seus traços, aparecendo encoberta por sedimentos aluvionares. Para sudoeste, seu traço é bem marcado, infletindo para a direção N30E, em direção à escarpa da Chapada, controlando parte do seu traçado e originando destacada anomalia de relevo. No mapa geológico o traço prolonga-se por baixo da Chapada, mas sem apresentar deslocamento dos contatos geológicos.
	Falha 4	Tem direção N40E, passando ao lado de Crato, com bloco abatido a sudeste, indicada pelos traços de relevo e drenagem no mapa de DNPM (1996). No mapa de contorno do embasamento (Figura 4.22), corresponde ao traço da Falha de Crato (PONTE & PONTE FILHO, 1996), coincidindo com as maiores profundidades de sedimentos.
	Falha 5	Constitui-se no limite principal sudeste do graben do Crato-Juazeiro. De direção N40-45E e alto mergulho para NW, com bloco abatido a noroeste, separa o Horste da Barbalha do graben do Crato-Juazeiro. Seu traço é bem marcado no terreno, próximo de Barbalha, com feições de escarpas de até 20 m de altura sustentadas por arenitos friáveis.
NW	Falha 6	Tem direção N60W, com bloco abatido a sudoeste, colocando em contato as rochas do embasamento com a formação Mauriti. Ao longo de seu traço, a foliação do embasamento teve papel importante no controle da falha. Na porção mais a oeste, pode apresentar arranjo complexo, com falhas paralelas controlando o afloramento da Formação Missão Velha.
	Falha 7	Os mapas de contorno de embasamento apontam para desníveis da ordem de 1.000 m. A Falha 7 é o principal segmento reconhecido da Falha de Missão Velha (PONTE & PONTE FILHO, 1996), que limita o graben principal a norte, colocando em contato as rochas da formação Rio da Batateira a sudoeste com as formações Mauriti e Brejo Santo no bloco alto, a nordeste. Constitui um dos principais limites da estrutura de interesse.
	Falha 8	De direção N60W a N45W, também é um dos limites importantes da área, limitando o bloco soerguido do Alto do Horto, a nordeste, dos sedimentos da formação Rio da Batateira, a sudoeste. É reconhecida na topografia e na sua porção ocidental coloca em contato arenitos da formação Rio da Batateira com arenitos da formação Missão Velha.
	Falha 9	Tem direção aproximada N45W, com bloco abatido a nordeste, e promove o afloramento da seqüência pós-rifte no bloco abatido. Sua expressão geomorfológica é representada por feixe de lineamentos de drenagem, que passa pela cidade de Crato e se estende em direção à escarpa da Chapada. No mapa geológico, é estendida apenas até encontrar os traços de falhas NE.
	Falha 10	É marcada mais como um conjunto de lineamentos do que como uma falha ou zona de falha, porque não foram reconhecidos deslocamentos que permitissem caracterizá-la com certeza. Pequenas falhas com rejeito reconhecido de até 2 m devem fazer parte de um feixe de estruturas menores associadas a este lineamento que, junto com a Falha 9, deforma todo o conjunto sedimentar.

Fonte: compilado de GOLDER/PIVOT (2005b).

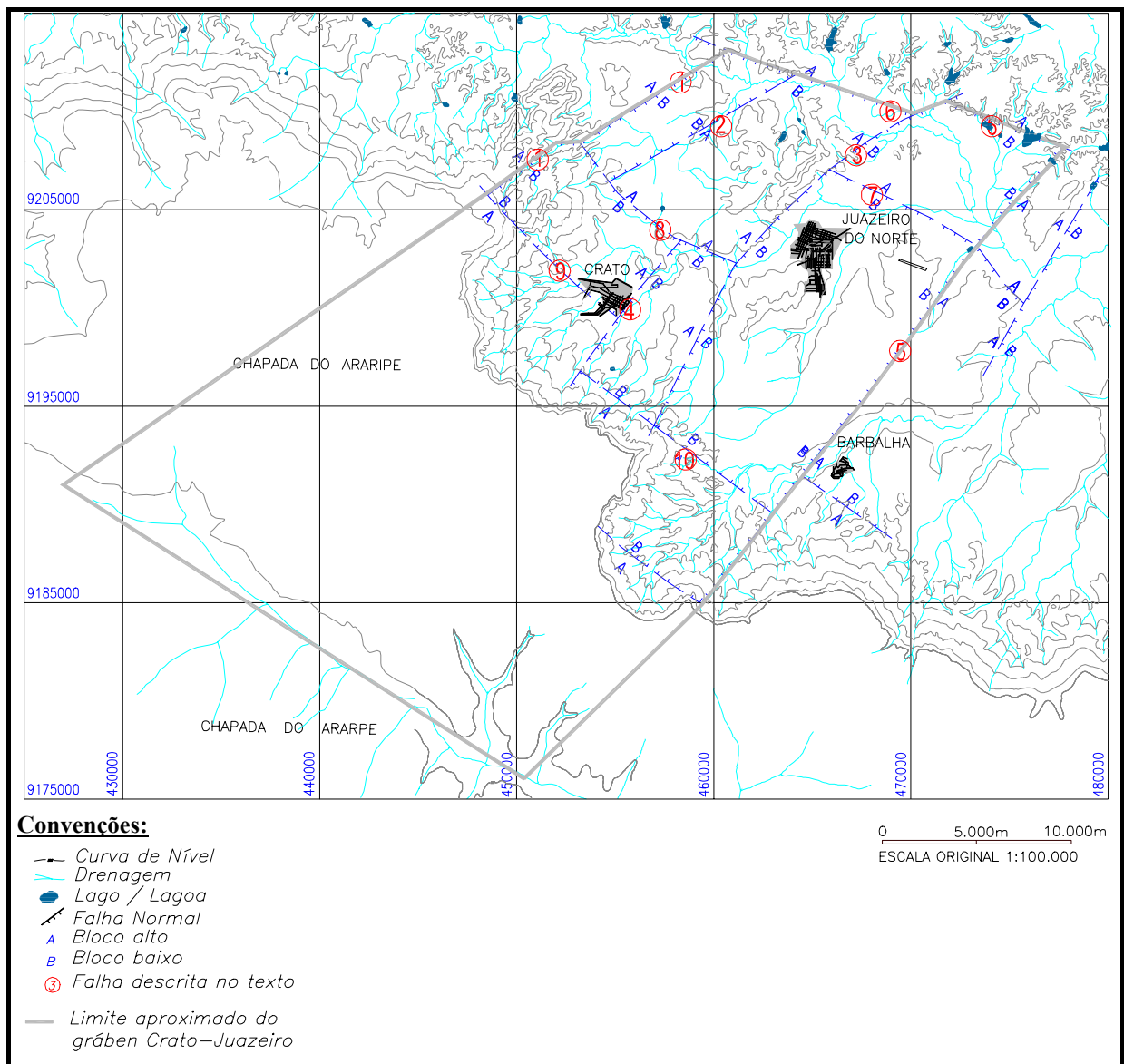


Figura 4.10 - Localização das principais estruturas da área.

Fonte: GOLDER/PIVOT (2005b); DNPM (1996).

A partir da Figura 4.10 percebe-se que os limites noroeste, nordeste e a sudeste do graben são caracterizados por falhas normais, que avançam sob os sedimentos da Chapada (GOLDER/PIVOT, 2005b). O limite sudoeste do graben ainda não encontra-se bem definido. As seções estruturais, baseadas em dados geofísicos, apresentadas por PONTE & PONTE FILHO (1996) e GOLDER/PIVOT (2005b), Figuras 4.11 e 4.12, indicam um extenso e expressivo lineamento estrutural, marcado como falha de transferência, com deslocamento dextral-normal. Esta falha tem bloco alto a sudoeste e bloco abatido a nordeste, promovendo desnível da ordem de 1.000 m. Seus traços passam por baixo dos sedimentos da seqüência pós-rifte e poucos sinais geomorfológicos denunciam sua presença.

O conjunto de falhas NE tem os seus perfis estruturais ao longo de seções transversais ao graben mostrados na Figura 4.11. O conjunto de falhas NW são indicadas esquematicamente na Figura 4.12, em seções longitudinais do graben. Muitas destas estruturas coincidem com os dados de interpretações de seções sísmicas e com os traços de falhas indicados por PONTE & PONTE FILHO (1996) e DNPM (1996).

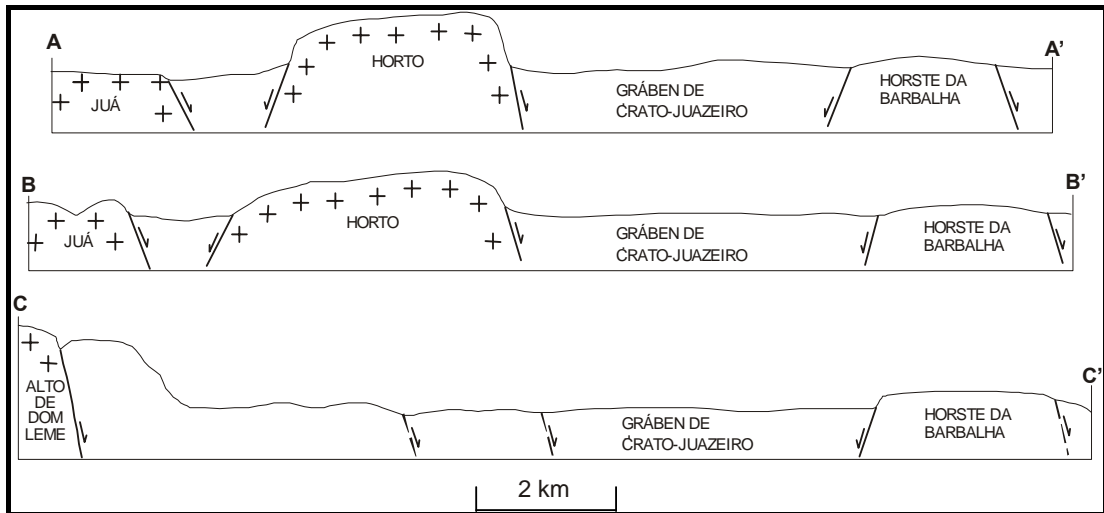


Figura 4.11 - Perfis esquemáticos transversais ao graben (sem escala vertical).

Fonte: PONTE & PONTE FILHO (1996).

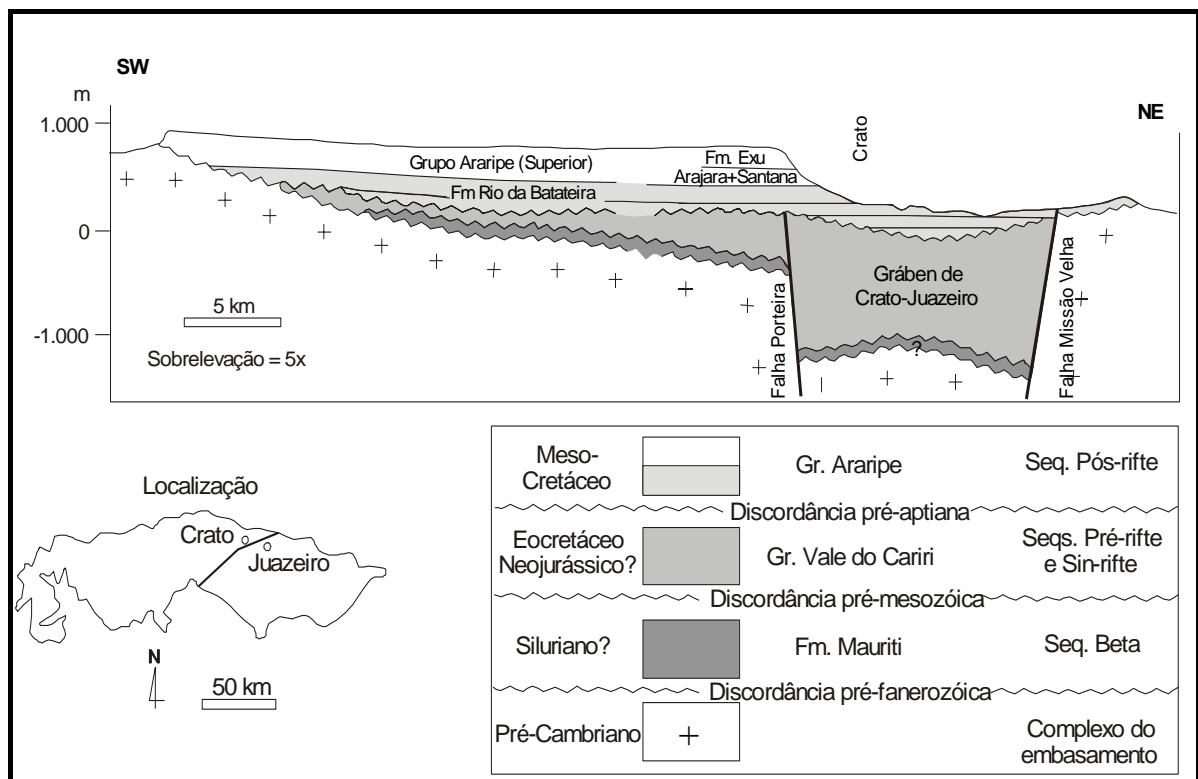


Figura 4.12 - Seção esquemática longitudinal ao graben, com base em dados geofísicos.

Fonte: PONTE & PONTE FILHO (1996); GOLDER/PIVOT (2005b).

4.2.1.2 - Hidrogeologia

Em termos hidrogeológicos, a diversificação estratigráfica da Bacia do Araripe acarreta na ocorrência de uma alternância de aquíferos e aquícludes. Neste sentido, observa-se que as formações Exu, Arajara, Rio da Batateira, Abaiara, Missão Velha e Mauriti são definidas como unidades aquíferas, enquanto que as formações Santana e Brejo Santo se comportam, predominantemente, como aquícludes. Além do controle estratigráfico, observa-se que o sistema de fluxo de água subterrânea na Bacia do Araripe é parcialmente controlado pela estruturação tectônica da bacia. A influência dos compartimentos estruturais na hidrogeologia vem do fato de as unidades nas porções de grabens (*e.g.* Graben Crato-Juazeiro) apresentarem as maiores espessuras sedimentares, o que, conseqüentemente, permite um maior armazenamento de águas subterrâneas.

DNPM (1996), a partir de um importante estudo hidrogeológico de caráter regional, propõe uma divisão hidrogeológica baseada nas características estratigráficas da Bacia Sedimentar do Araripe (Figura 4.13). Apresenta-se na TAB. 4.22 a divisão hidrogeológica proposta e as suas principais características, conforme a compilação de dados de diversos autores (*e.g.* DNPM, 1996, SANTIAGO *et al.*, 1988; MENDONÇA, 1996, 2001; KIMURA, 2003, KIMURA & LOUREIRO, 2004a, b; FERNANDES & LOUREIRO, 2004; GOLDBER/PIVOT, 2005b).

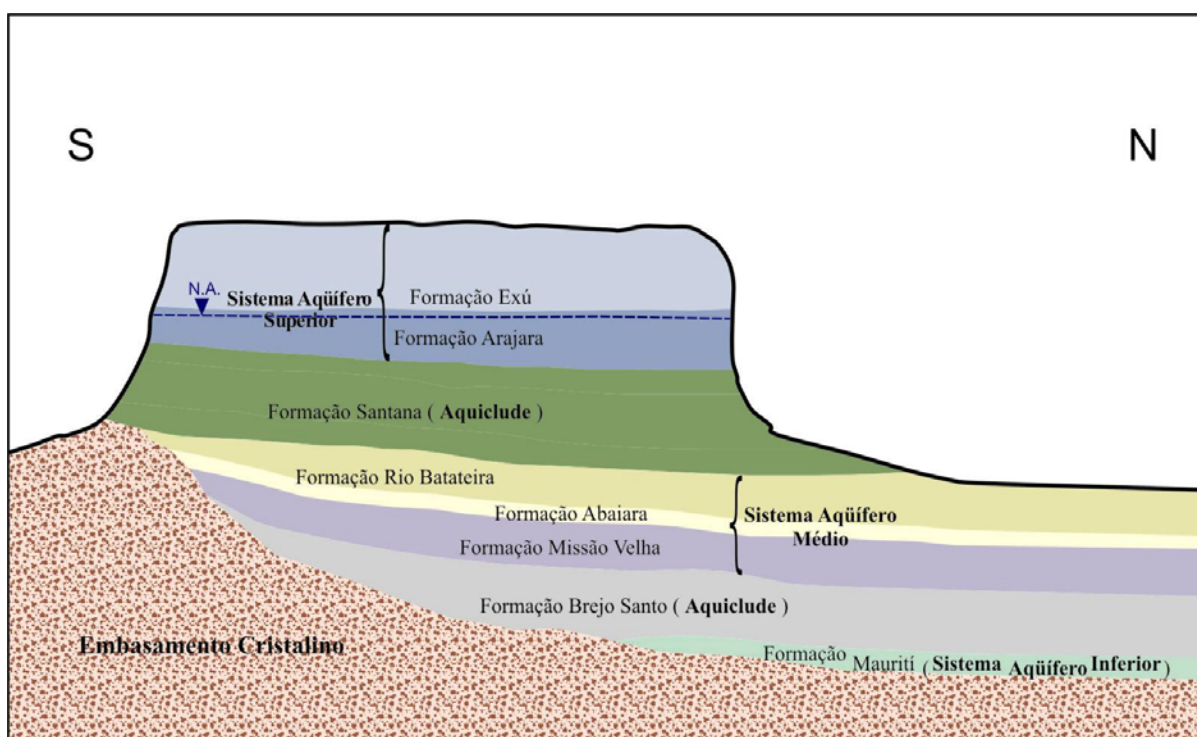


Figura 4.13 - Sistemas hidrogeológicos da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: DNPM (1996).

Tabela 4.22 - Divisão Hidroestratigráfica na área do GCJ

Divisão Hidroestratigráfica	Descrição Geral
Sistema Aquífero Superior	<p>composto pelas Formações Exu e Arajara, e, com espessura média aproximada de 320 metros. Apresenta a maior área de exposição superficial, se estendendo por toda a área de chapada e totalizando uma superfície de 7.500 km², sendo praticamente ausente na região de pediplano do Cariri, onde apenas aparece em morros residuais de erosão. O pacote sedimentar deste sistema aquífero, representado pelas formações Exu e Arajara, capeia a Bacia do Araripe, possuindo uma forma tabular, com espessuras pouco variadas (em torno dos 240 m) e suave mergulho de sul para norte. Apesar da elevada espessura sedimentar, apenas 30 a 50 metros do pacote mostra-se saturado com águas subterrâneas. A recarga deste sistema aquífero é realizada exclusivamente pela infiltração direta de águas das chuvas. Por sua vez, a descarga ocorre, quase que totalmente, através dos exutórios naturais existentes (e.g. DNPM, 1996; FERNANDES & LOUREIRO, 2004). A diferença de condutividade hidráulica entre as formações Exu e Arajara provoca a formação de um horizonte de fontes nesta interface. Entre as Formações Arajara e Santana, a mudança brusca da condutividade hidráulica também leva à formação de um segundo horizonte de fontes. O horizonte de fonte na interface das Formações Exu/Arajara encontra-se numa cota em torno de 750 m, e o da interface Arajara/Santana a aproximadamente 700 m de altitude. Todas as grandes fontes encontram-se no primeiro horizonte, apresentando vazões de até 376 m³/h. Estudos isotópicos, hidroquímicos e de modelagem (SANTIAGO <i>et al.</i>, 1988; MENDONÇA, 2001; KIMURA, 2003) indicam que há percolação de água do Aquífero Superior através da Formação Santana, atuando como recarga no sistema aquífero médio. A descarga por escoamento superficial neste sistema é praticamente desprezível. O tipo de solo arenoso e o relevo plano da região causam rápida infiltração das águas de chuva, impedindo a formação de uma rede de drenagem superficial desenvolvida.</p>
Aqüiclude Santana	<p>composto pela formação geológica homônima e com espessura média aproximada de 180 metros. separa os sistemas aquíferos Superior (Exu/Arajara) e Médio (Rio da Batateira/Abaiara/Missão Velha). Por ser constituído de margas e folhelhos no topo (Membro Romualdo), calcário e gipsita na porção intermediária (Membro Ipubi) e calcários com marga na base (Membro Crato), com uma espessura total da ordem de 200m, a predominância de materiais impermeáveis é absoluta. Podem ocorrer algumas porções lenticulares de arenito, porém com pouca importância hidrogeológica, pois 90% a 98% da sua composição é pelítica. Além do mais, as espessas camadas impermeáveis que cercam as camadas ou “zonas aquíferas” impossibilitam qualquer recarga ou renovação das suas águas, tratando-se provavelmente de águas conatas (DNPM, 1996). KIMURA (2003) sugere que esta unidade tenha características de um aquífero com porções mais afetadas pela movimentação tectônica.</p>
Sistema Aquífero Médio	<p>Composto pelas formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha. A compartimentação estrutural exerce grande influência neste sistema, uma vez que nas áreas de horstes as espessuras sedimentares são inferiores às espessuras encontradas nas áreas de grabens. DNPM (1996) admite uma espessura média de sedimentos de 295 metros. Entretanto, estudos sísmicos recentes realizados na área do Graben Crato-Juazeiro apontaram uma espessura média aproximada de 500 metros para o Sistema Aquífero Médio (GOLDER/PIVOT, 2005b). A recarga do Sistema Aquífero Médio na sub-bacia do Cariri é proveniente da infiltração direta da água das chuvas e da infiltração de águas provenientes de surgências de águas subterrâneas. Segundo KIMURA (2003), a percolação de água através da Formação Santana também contribui significativamente para a recarga deste sistema. A descarga natural do sistema se faz ao longo do vale do rio Salgado e de seus afluentes e pelas perdas por evapotranspiração. A descarga artificial ocorre, principalmente, pelo bombeamento de poços tubulares profundos.</p>
Aqüiclude Brejo Santo	<p>Composto pela formação geológica homônima e com espessura média aproximada de 400 metros. desempenha pequena importância, pois o aquífero que lhe é sotoposto, o Mauriti, apresenta baixa produtividade. De uma maneira geral, este aquíclode é constituído por um pacote de folhelhos e siltitos vermelhos a arroxeados que chegam a ultrapassar de 400m de espessura. Ocasionalmente, apresenta intercalações arenosas próximas à sua base que interagem com a Formação Mauriti subjacente. Todavia, não há nenhum poço explotando estas camadas arenosas de base (DNPM, 1996).</p>
Sistema Aquífero Inferior	<p>Composto pela Formação Mauriti e a porção inferior arenosa da formação Brejo Santo. Apresenta espessura média aproximada variando entre 60 e 100 metros. Aflora nas bordas setentrional e oriental da região do Cariri, numa extensão de aproximadamente 600 km². A recarga é realizada pela infiltração direta das águas pluviais e através de canais fluviais que escoam sobre o sistema. A descarga natural deste sistema ocorre pela rede de drenagem local. A descarga artificial é proveniente do bombeamento de poços profundos (DNPM, 1996).</p>

Fonte: compilado de DNPM (1996), SANTIAGO *et al.* (1988); MENDONÇA (2001); KIMURA (2003); FERNANDES & LOUREIRO (2004); GOLDER/PIVOT (2005b).

De acordo com a divisão proposta por DNPM (1996), apresentam-se na TAB. 4.23 informações complementares sobre cada sistema aquífero. Além disso, na TAB. 4.24 são apresentados os valores aproximados dos parâmetros hidrogeológicos para cada uma das unidades que compõem o cenário hidrogeológico da região, definidas a partir de dados da literatura disponível (e.g. SUDENE, 1967; DNPM, 1996; IPLANCE, 1997; DOMENICO & SCHWARTZ, 1997; ANJOS, 2000; MENDONÇA, 2001; KIMURA, 2003).

Tabela 4.23 - Principais características dos sistemas aquíferos na área do GCJ

Parâmetro	Sistema Aquífero Superior	Sistema Aquífero Médio	Sistema Aquífero Inferior
Espessura média total (m)	320,0	500,0	100,0
Espessura saturada (m)	30,0 a 50,0	480,0	85,0
Coefficiente de transmissividade (m ² /s)	-	5,00×10 ⁻³	3,00×10 ⁻³
Coefficiente de permeabilidade (m/s)	-	5,00×10 ⁻⁵	4,00×10 ⁻⁶
Coefficiente de armazenamento	1,00×10 ⁻⁴	2,00×10 ⁻⁴	1,00×10 ⁻⁵
Área de recarga (km ²)	5.670,0	2.100,0	850,0
Precipitação pluvial (mm/ano)	900,0	970,0	900,0
Reserva permanente (m ³)	1,02×10 ¹⁰	8,37×10 ¹⁰	4,90×10 ⁹
Reserva reguladora (recarga) (m ³ /ano)	1,00×10 ⁸	1,12×10 ⁸	1,75×10 ⁷

Fonte: DNPM (1996).

Tabela 4.24 - Parâmetros hidrogeológicos para as unidades hidroestratigráficas que compõem os sistemas aquíferos da área do GCJ

Unidade	Condução Hidráulica K (m/s)	Armazenamento Específico Ss (1/m)	Coefficiente de Armazenamento efetivo Sy	Porosidade efetiva	Porosidade total
Exu	6,7×10 ⁻⁶ (⁵) a 3,0×10 ⁻⁵ (¹³)	1,0×10 ⁻⁷ (⁶)	0,12 a 0,43(⁷)	0,01(¹³) a 0,08(²)	0,32 a 0,48(⁷)
Arajara	1,7×10 ⁻⁶ (⁶) a 6,7×10 ⁻⁶ (⁵)	1,0×10 ⁻⁷ (⁶)	0,12 a 0,43(⁷)	0,01(³) a 0,08(²)	0,32 a 0,48(⁷)
Santana	1,0×10 ⁻¹⁰ (¹³) a 1,5×10 ⁻¹⁰ (⁶)	1,0×10 ⁻⁶ (⁶)	0,0 a 0,36(⁷)	0,001 a 0,05(⁴)	0,01 a 0,1(⁷)
Rio da Batateira	4,17×10 ⁻⁶ a 6,9×10 ⁻⁶ (⁶)	1,0×10 ⁻⁷ (⁶)	2,0×10 ⁻⁴ (²) a 8,0×10 ⁻³ (³)	0,1(²)	0,32 a 0,48(⁷)
Abaiara	1,6×10 ⁻⁵ (¹³) a 5,0×10 ⁻⁵ (²)	1,0×10 ⁻⁷ (⁶)	2,0×10 ⁻⁴ (²) a 8,0×10 ⁻³ (¹³)	0,1(²)	0,32 a 0,48(⁷)
Missão Velha	1,6×10 ⁻⁵ (¹³) a 5,0×10 ⁻⁵ (²)	1,0×10 ⁻⁷ (⁶)	2,0×10 ⁻⁴ (²) a 8,0×10 ⁻³ (³)	0,1(²)	0,32 a 0,48(⁷)
Brejo Santo	1,0×10 ⁻¹¹ a 4,7×10 ⁻⁹ (⁷)	9,2×10 ⁻⁴ a 1,3×10 ⁻³ (⁷)	0,01 a 0,18(⁷)	0,005 a 0,05(⁴)	0,45 a 0,55(⁷)
Mauriti	4,0×10 ⁻⁶ (²)		1,0×10 ⁻⁴ (²)	0,02(²)	0,1 a 0,2(⁷)

Fonte: (¹)SUDENE (1967); (²)DNPM (1996); (³)IPLANCE (1997); (⁴)DOMENICO & SCHWARTZ (1997); (⁵)ANJOS (2000); (⁶)MENDONÇA (2001); (⁷)KIMURA (2003).

Ademais, cabe ressaltar que GOLDBERGER/PIVOT (2005b) realizaram uma ampla varredura de campo cobrindo os municípios de Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte, verificando um elevado número de poços na região (total de 1.441 poços). Cabe ressaltar que do total de poços cadastrados, observou-se que 1.125 possuem informações sobre uso, verificando-se que existe uma predominância de 76% de poços em uso (888 poços). Desse total, cerca de 75% deles (675 poços) são de propriedade privada e 25% são públicos (213 poços). Além dos poços,

foram reconhecidas também 69 nascentes localizadas na zona de encosta da chapada (e.g. FERNANDES & LOUREIRO, 2004; GOLDBERGER/PIVOT, 2005b).

Em termos qualitativos, estudos realizados em um conjunto de 31 poços localizados nos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha (e.g. SANTIAGO *et al.*, 1988; LEITE *et al.*, 1996 e 1997) demonstraram que as águas subterrâneas são predominantemente dos tipos bicarbonatada cálcica e cloretada mista. Além disso, a classificação das águas para agricultura mostrou que elas são de baixo risco de salinidade quando armazenadas no aquífero Rio da Batateira e de médio risco de salinidade quando armazenadas no aquífero Missão Velha.

4.2.1.3 - Hidrografia

Em termos hidrográficos, a área do Graben Crato-Juazeiro insere-se no contexto da sub-bacia do rio Salgado, conforme ilustrado na Figura 4.14.

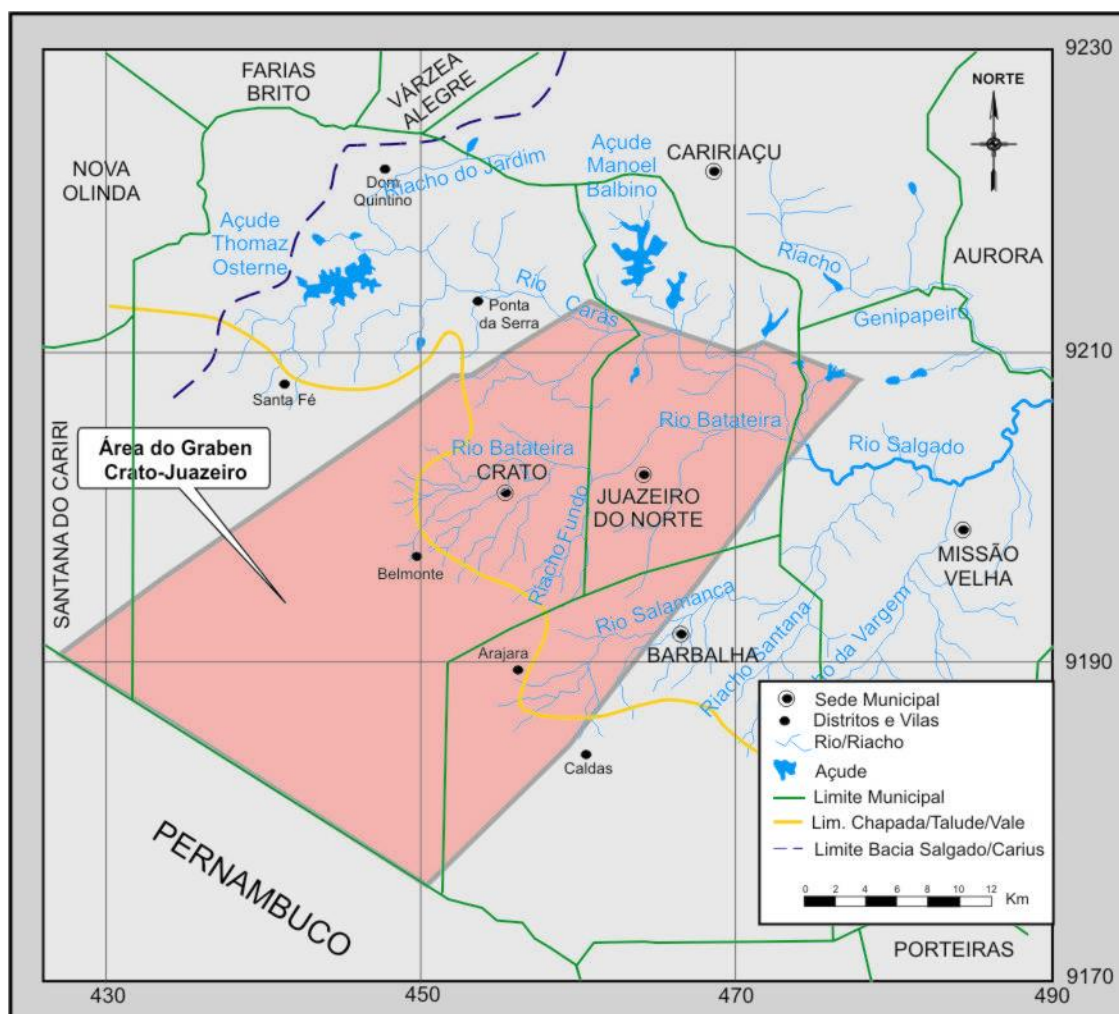


Figura 4.14 - Detalhe da rede hidrográfica da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: modificada de DNPM (1996).

A sub-bacia do Salgado soma-se às sub-bacias do Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Banabuiú e Baixo Jaguaribe para formarem a Bacia do Rio Jaguaribe, que se sobrepõe a uma área de 72.644 km², bordejando todo o leste do Estado do Ceará (e.g. COSTA *et al.* 1998; IPLANCE, 1997, CEARÁ 1992). Considerando a sub-bacia do Salgado, ela é drenada pelo rio homônimo que se desloca no sentido sul-norte até encontrar o rio Jaguaribe, próximo ao município de Orós. Das nascentes à foz, o sistema que drena esta sub-bacia percorre cerca de 308 km e abrange uma área de 12.216 km². As principais nascentes do rio Salgado originam-se na Chapada do Araripe, a partir dos municípios de Crato, Barbalha, Missão Velha, Brejo Santo, Porteiras e Jardim. Os seus principais afluentes são os rios Carás, Batateira e Salamanca e os riachos Fundo, Santana, da Vargem, Seco, Porteiras, Riachão e Jardim, que nascem na encosta da chapada.

No tocante aos limites da área de interesse, os principais afluentes do rio Salgado são: o rio Batateira; que recebe grande parte do escoamento proveniente das fontes do município de Crato; o rio Salamanca, que recebe grande parte do escoamento das fontes do município da Barbalha; e, o rio Carás, que atravessa a parte norte da área, localizando-se no limite entre os sedimentos da Bacia do Araripe e o embasamento cristalino e recebendo o aporte dos rios Batateiras e Salamanca.

A Figura 4.15 apresenta um mapa mais detalhado da hidrografia da área de interesse. Pela referida figura, pode-se constatar que a rede hidrográfica nesta região é caracterizada por: praticamente ausência de escoamento superficial no topo da Chapada do Araripe; zona de escoamento torrencial nas encostas da chapada; zona de espraiamento nas planícies, após a ruptura da declividade das vertentes; e, rede de drenagem do tipo dendrítica, com direção principal dos cursos d'água NE-SE.

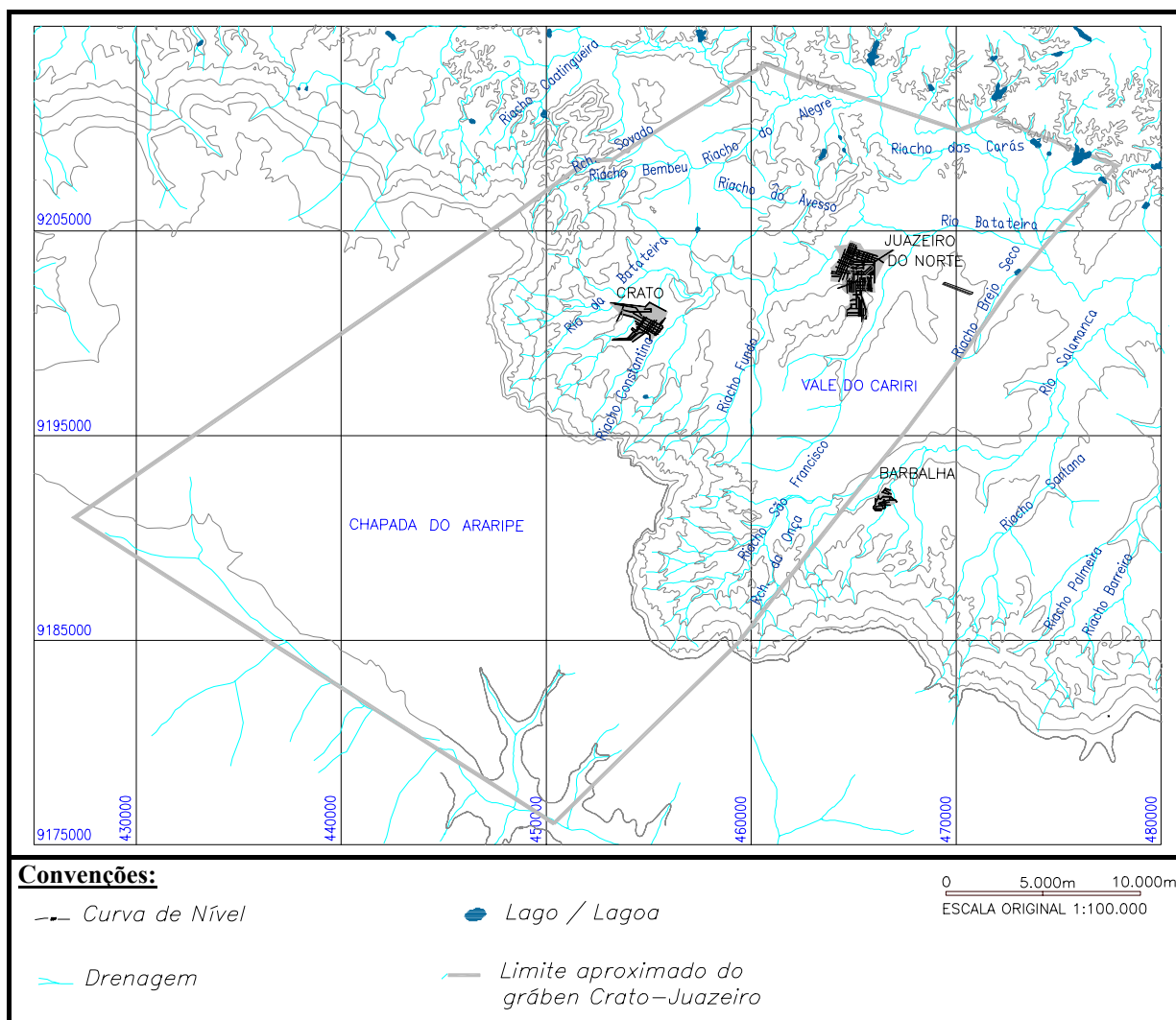


Figura 4.15 - Mapa da rede hidrográfica da região de interesse.

Fonte: modificado de DNPM (1996).

4.2.1.4 - Hidrologia e Climatologia

O regime hidrológico é extremamente dependente do regime pluviométrico e das condições geológicas. No caso da Região do Cariri, onde se localiza a área do Graben Crato-Juazeiro, postos pluviométricos construídos nos municípios de Crato e Barbalha registram uma precipitação média anual da ordem de 1.032,7 mm (TAB. 4.25). No município de Juazeiro do Norte a precipitação média anual é mais elevada (1.189 mm). No entanto, ao considerar toda a Região do Cariri a precipitação média é menor, com um valor da ordem de 920 mm/ano (COSTA *et al.* 1998; IPLANCE, 1997).

Quanto à distribuição da precipitação durante o ano na região de Crato e Barbalha, observa-se que o mês de março, com média de 254,65 mm representa o máximo mensal, enquanto que o mês de agosto, com média de apenas 5,3 mm, constitui o menor índice de precipitação mensal

(TAB. 4.25). Constata-se ainda, através da referida tabela, que o período de janeiro a abril totaliza cerca de 78% da precipitação anual (803,85 mm), ao passo que, entre os meses de maio e dezembro precipita cerca de 22% do total anual (228,85 mm).

Tabela 4.25 - Variação mensal média da precipitação nas estações de Crato e Barbalha

Estação	jan	fev	mar	abr	maio	jun	jul	ago	set	Out	nov	dez	Anual
Crato	148,0	216,0	275,0	158,0	60,0	23,0	8,0	5,0	12,0	21,0	56,0	82,0	1.064,0
Barbalha	175,2	191,4	234,3	209,8	48,1	20,8	11,5	5,6	5,2	2,5	4,8	92,2	1.001,4
Média	161,6	203,7	254,65	183,9	54,1	21,9	9,8	5,3	8,6	11,8	30,4	87,1	1.032,7

Fonte: INMET (1991).

Em virtude da baixa latitude e conseqüente proximidade com a linha do equador, o território cearense apresenta regime térmico bastante uniforme. As baixas amplitudes térmicas ocorrem em função da incidência praticamente vertical dos raios solares durante o ano, o que estabiliza a temperatura e impede a diferenciação das estações, no sentido térmico da palavra. Não obstante, as temperaturas médias anuais na região de estudo são muito pouco variáveis (entre 24°C e 26°C). Juazeiro do Norte, com média anual de 25,4°C tem o mês de julho como o mais frio (23,5°C) e o mês de novembro como o mais quente (27,4°C) (IPLANCE, 1997). Em Barbalha, verifica-se uma média anual de 25,8°C, tendo em junho o mês mais frio com 23°C e novembro o mês mais quente com 27,7°C (COSTA *et al.* 1998; IPLANCE, 1997).

Nesta região, a evapotranspiração potencial apresenta valores elevados, sendo o município de Barbalha o detentor dos maiores índices (1.566 mm/ano). No município de Juazeiro do Norte a evapotranspiração potencial é da ordem de 1.450 mm/ano. Com valores inferiores, a evapotranspiração real em Barbalha situa-se na faixa de 600 a 950 mm/ano. Em Juazeiro do Norte registra-se o índice médio mais elevado (946 mm/ano). De uma maneira geral, observa-se que no período de setembro a dezembro registram-se os maiores valores mensais de evapotranspiração potencial, ao passo que, no período de fevereiro a maio ocorrem os maiores valores mensais de evapotranspiração real (*e.g.* IPLANCE, 1997; COSTA *et al.* 1998).

4.2.1.5 - Geomorfologia

Vários autores discorreram sobre a geomorfologia da Região do Cariri, onde se localiza a área do Graben Crato Juazeiro (*e.g.* SMALL, 1913; SOUZA, 1995; DNPM, 1996). No presente trabalho, optou-se por dividir a Bacia do Araripe em três domínios geomorfológicos distintos, segundo descrito em DNPM (1996): Zona de Chapada; Zona de Talude; e, Zona de Pediplano (Figura 4.16). A Figura 4.14 mostra, em planta, o limite entre estas três zonas. A TAB. 4.26 apresentada uma descrição geral das unidades geomorfológicas citadas.

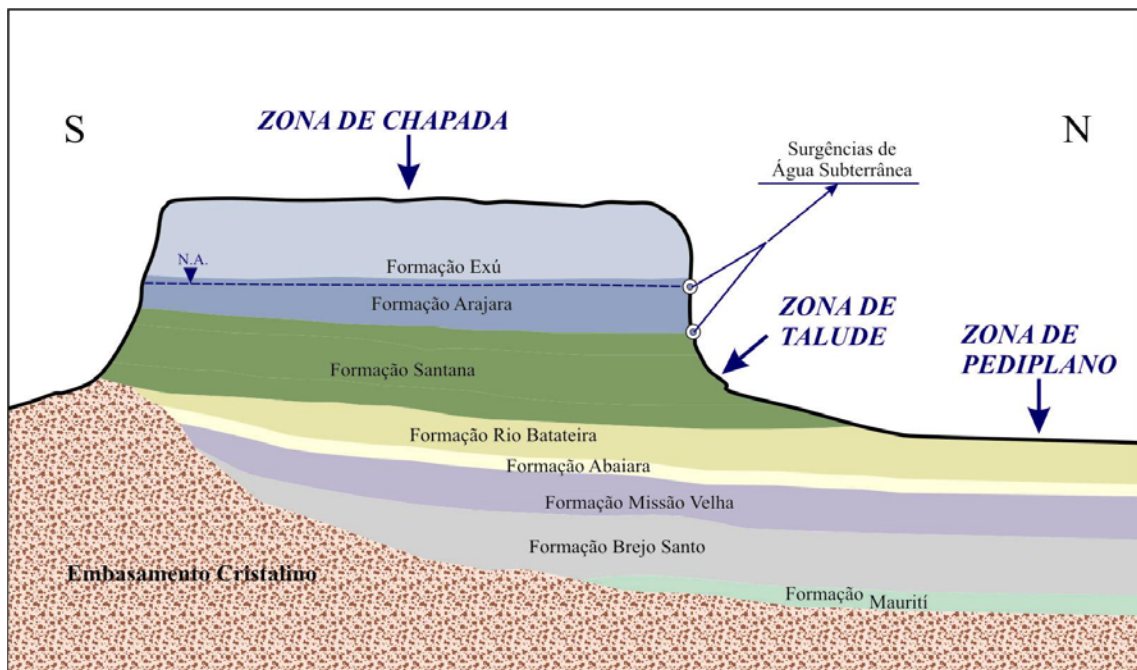


Figura 4.16 - Domínios geomorfológicos da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: DNPM (1996).

Tabela 4.26 - Unidades geofomológicas reconhecidas na área do GCJ

Unidade	Caracterização geral
Zona de Chapada ou Chapada do Araripe	Constituída de relevo tipicamente tabular e é a porção topográfica mais elevada da região, com elevações em torno de 900 metros, sustentada pelos arenitos da Formação Exu. A ausência quase total de drenagem no topo da chapada está diretamente associada ao solo arenoso que a recobre. A vegetação na chapada é constituída por zonas de mata úmida, próximo aos seus limites, e zonas de cerrado, cerradão e carrasco na sua porção mais central. É limitada por escarpas abruptas que chegam a ultrapassar 300 metros de desnível, expondo rochas da Formação Santana.
Zona de Talude	Inclui a zona de encosta e pé-de-serra, onde afloram as unidades litológicas das Formações Arajara e Santana. O solo derivado dessa associação litológica é de baixa acidez, espesso, pouco permeável e muito fértil, permitindo o desenvolvimento de uma drenagem relativamente densa e ramificada. No contato entre as formações Exu e Arajara e ainda nesta última formação existem exutórios naturais de água subterrânea, que associadas à fertilidade do solo, possibilitam o crescimento da vegetação presente. A disposição das camadas orientadas para leste favorece a ocorrência de surgências nas encostas, responsáveis pela perenidade dos rios na depressão sertaneja.
Zona de Pediplano ou Depressão Sertaneja	Constitui-se de relevos suaves e pouco dissecados, com morros alongados entremeados por vales de fundo plano, com cotas médias de 400 metros. Neste domínio ocorrem exposições de rochas das demais formações da Bacia do Araripe (<i>i.e.</i> Rio da Batateira, Abaiara, Missão Velha, Brejo Santo e Mauriti). A vegetação nativa, onde preservada, é tipicamente de caatinga. Devido às características do solo e aos mananciais de água subterrânea, a agricultura aqui é bem desenvolvida, havendo extensas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, feijão, milho, arroz e etc. As surgências na base da Formação Exu são, em grande parte, responsáveis pela rede de drenagem que atravessa a Depressão Sertaneja.

Fonte: compilado de DNPM (1996).

A descrição de DNPM (1996) é mais condizente com os objetivos deste estudo, uma vez que a zona de talude representa uma unidade de grande importância sob o ponto de vista hidrogeológico, pois nela ocorrem as principais surgências de água na região (*e.g.* DNPM, 1996; FERNANDES & LOUREIRO, 2004), responsáveis pelo funcionamento da rede de drenagem superficial que atravessa o Vale do Cariri. Além disso, a exuberante cobertura vegetal e as maiores declividades na Zona de Talude a diferencia, quanto às condições de recarga e infiltração de água, com relação às demais zonas.

4.2.2 - Caracterização do Meio Ambiente Antrópico

Esta caracterização reflete os aspectos relacionados ao uso e ocupação do meio físico. Neste sentido, reconhece-se que os municípios considerados na área do GCJ (*i.e.* Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte) dispõem de lei de planejamento dos solos. No entanto, a expansão urbana, em estágio avançado de desenvolvimento nos municípios de Crato e Juazeiro do Norte, aponta para um conflito iminente entre a utilização do meio físico e dos recursos naturais, destacando-se os recursos hídricos. Sendo assim, esta caracterização busca apresentar um panorama geral sobre o meio ambiente antrópico, ressaltando as principais características sociais e econômicas nas zonas urbana e rural dos municípios considerados.

4.2.2.1 - Município de Barbalha

Segundo IPECE (2004), o município de Barbalha tem uma área de 479,18 km² e é dividido politicamente em três distritos: Barbalha, Arajara e Estrela. Limita-se, ao norte, com o município de Juazeiro do Norte; ao oeste, com Crato; ao sul, com o município de Jardim e o Estado de Pernambuco; e, ao leste, com Missão Velha. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito por via terrestre pela BR-116 e depois CE-293, logo depois de Milagres. Através de estradas estaduais, asfaltadas e/ou carroçáveis, atinge-se as demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município, os quais encontram-se interligados e com franco acesso durante todo o ano. O município está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Salgado e tem como principais drenagens o rio Salamanca e o riacho Santana.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 47.031 habitantes (65,2% residente em zonas urbanas e 34,8% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 104,51 hab/km², taxa de urbanização de 65,21% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,27%, sendo de 2,62% em áreas urbanas e de 1,64% em áreas rurais. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.27.

Tabela 4.27 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Barbalha

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Barbalha	38.760	18.779	19.981	30.155	14.438	15.717	8.605	4.341	4.264
Arajara	5.628	2.805	2.823	227	108	119	5.401	2.697	2.704
Estrela	2.643	1.342	1.301	287	138	149	2.356	1.204	1.152
TOTAL	47.031	22.926	24.105	30.669	14.684	15.985	16.362	8.242	8.120

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), a sede do município dispõe de abastecimento de água, energia elétrica, serviço telefônico, agência de correios e telégrafos, serviço bancário, hospitais, hotéis e ensino regular de 1º, 2º e 3º graus. A principal atividade econômica está voltada para a agricultura de subsistência, com culturas de feijão, milho, mandioca, arroz, monocultura de algodão, banana, abacate, cana-de-açúcar, castanha de caju, hortaliças e frutas diversas.

Na pecuária extensiva destaca-se criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O extrativismo vegetal sobressai com a fabricação de carvão vegetal, sendo a extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, atividades bastante lucrativas. Há desenvolvimento de atividades com babaçu, oiticica e carnaúba. O artesanato de redes e bordados está representado localmente. Na área de mineração a extração de rochas ornamentais, rochas para cantaria, brita, gipsita calcário para usos diversos na construção civil representa atividade revestida de grande importância geoeconômica. A extração de areia e argila (para fabricação de telhas e tijolos) reveste-se de suma importância na economia local.

4.2.2.2 - Município de Crato

Segundo IPECE (2004), o município de Crato tem uma área de 1.009,20 km² e é dividido politicamente em dez distritos: Crato, Baixio das Palmeiras, Belmonte, Campo Alegre, Dom Quintino, Monte Alverne, Bela Vista, Ponta da Serra, Santa Fé e Santa Rosa. Limita-se, ao norte, com os municípios de Farias Brito e Caririaçu; ao oeste, com Nova Olinda e Santana do Cariri; ao sul, com o Estado de Pernambuco; e, ao leste, com Barbalha e Juazeiro do Norte.

O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito por via terrestre pela BR-116 e depois CE-293, logo depois de Milagres. Através de estradas estaduais, asfaltadas e/ou carroçáveis, atinge-se as demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município. O município está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Salgado e tem como principais drenagens o rio Carás (onde se localiza a bacia de captação do açude Thomaz Osterne) e Batateira.

Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 104.646 habitantes (80,2% residente em zonas urbanas e 19,8% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 94,05 hab/km², taxa de urbanização de 80,19% e taxa geométrica de crescimento anual total de 1,62%, sendo de 1,99% em áreas urbanas e de 0,27% em áreas rurais. Os dados demográficos, englobando as sedes distritais do município de Crato, são apresentados na TAB. 4.28.

Tabela 4.28 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Crato

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Crato	77.414	35.804	41.610	77.414	35.804	41.610	-	-	-
Baixio das Palmeiras	3.089	1.530	1.559	522	271	251	2.567	1.259	1.308
Belmonte	1.653	827	826	932	472	460	721	355	366
Campo Alegre	1.803	911	892	203	102	101	1.600	809	791
Dom Quintino	2.617	1.326	1.291	1.266	620	646	1.351	706	645
Monte Alverne	2.491	1.280	1.211	540	262	278	1.951	1.018	933
Bela Vista	2.093	1.065	1.028	903	443	460	1.190	622	568
Ponta da Serra	8.234	4.163	4.071	1.525	757	768	6.709	3.406	3.303
Santa Fé	4.031	2.036	1.995	349	158	191	3.682	1.878	1.804
Santa Rosa	1.221	628	593	263	136	127	958	492	466
TOTAL	104.646	49.570	55.076	83.917	39.025	44.892	20.729	10.545	10.184

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), o município apresenta quadro socioeconômico favorável, pouco castigado por fatores climáticos adversos. A sede do município dispõe de abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, serviço telefônico, agência de correios e telégrafos, serviço bancário, hospitais, hotéis, ginásios e/ou colégios.

A principal atividade econômica reside na agricultura, com culturas de subsistência de feijão, milho, mandioca, arroz, monocultura de algodão, banana, abacate, cana-de-açúcar, castanha de caju, hortaliças e frutas diversas. Na pecuária extensiva destaca-se criação de bovinos, ovinos, manejo com caprinos, suínos e aves. No extrativismo vegetal sobressai a extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, uso em padarias e fabricação de carvão vegetal, além de atividades com babaçu, oiticica e carnaúba. O artesanato de redes e bordados é bastante difundido no município. Na área de mineração, a extração de rochas ornamentais, rochas para cantaria, brita, fachadas e usos diversos na construção civil, é salientada. A extração de areia, argila (utilizada na fabricação de telhas e tijolos), bem como de rocha calcária (calcinação para obtenção de cal) e gipsita constituem-se em atividades difundidas no âmbito do município. A atividade pesqueira é desenvolvida em córregos.

4.2.2.3 - Município de Juazeiro do Norte

Segundo IPECE (2004), o município de Juazeiro do Norte tem uma área de 248,55 km² e é dividido politicamente em três distritos: Juazeiro do Norte, Marrocos e Padre Cícero. Limita-se, ao norte, com o município de Caririaçu; ao oeste, com Crato; ao sul, com Barbalha; e, ao leste, com Missão Velha. O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito por via

terrestre pela BR-116 e depois CE-293, logo depois de Milagres. Através de estradas estaduais, asfaltadas e/ou carroçáveis, atinge-se as demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas do município. O município está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Salgado e tem como principais drenagens o rio Carás e Batateira. Segundo IBGE (2000) e IPECE (2004), a população em 2000 era de 212.133 habitantes (95,3% residente em zonas urbanas e 4,7% residente em zonas rurais), com densidade demográfica de 905,0 hab/km², taxa de urbanização de 95,33% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,25%, sendo de 2,29% em áreas urbanas e de 1,53% em áreas rurais. Os dados demográficos englobando as sedes distritais são apresentados na TAB. 4.29.

Tabela 4.29 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os distritos do município de Juazeiro do Norte

Distritos	População Residente								
	Sexo			Urbana			Rural		
	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres	Total	Homens	Mulheres
Juazeiro do Norte	205.213	96.684	108.529	201.010	94.527	106.483	4.203	2.157	2.046
Marrocos	2.622	1.339	1.283	205	92	113	2.417	1.247	1.170
Padre Cícero	4.298	2.117	2.181	1.012	512	500	3.286	1.605	1.681
TOTAL	212.133	100.140	111.993	202.227	95.131	107.096	9.906	5.009	4.897

Fonte: modificado de IPECE (2004), com dados originais de IBGE (2000).

Segundo IPLANCE (2002), o município apresenta boa parte de sua economia dependente do turismo religioso-messiânico (romeiros). A sede dispõe de abastecimento de água, fornecimento de energia elétrica, serviço telefônico, agência de correios e telégrafos, serviço bancário, hospitais, hotéis, ginásios e/ou colégios e faculdade. A principal atividade econômica reside na agricultura, com culturas de feijão, milho, mandioca, arroz, monocultura de algodão, banana, abacaxi, abacate, cana-de-açúcar, macaúba, pequi, castanha de caju, frutas e hortaliças diversas.

Na pecuária extensiva destaca-se a criação de bovinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O extrativismo vegetal sobressai com a extração de madeiras diversas para lenha, fabricação de carvão, madeiras para construção de cercas, além do desenvolvimento de atividades com babaçu, buriti, oiticica e carnaúba. O artesanato de redes e bordados, assim como fabricação de rapadura, mel de cana, artesanato de gesso e argila, confecção de imagens de padre Cícero Romão e queijos representam atividades lucrativas para o município. Na área de mineração, a extração de rochas ornamentais, rochas para cantaria, brita, placas para fachadas, pisos e revestimentos e/ou usos diversos na construção civil é bastante promissor.

5 - RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se a integração dos resultados obtidos e daqueles compilados de outros estudos realizados no âmbito das áreas abordadas. Como se tratam de dois domínios distintos, a integração será feita caso a caso, respeitando as características existentes e as necessidades vigentes em cada um deles para a definição e caracterização de áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento.

Posto isto, inicialmente optou-se pela descrição dos resultados para a Região Metropolitana de Fortaleza, por se tratar de uma área mais complexa e com maior volume de informações. Posteriormente, apresenta-se a descrição dos resultados para a área do Graben Crato-Juazeiro. Cabe ressaltar que a itemização seguida em ambos os casos busca obedecer àquela apresentada nas etapas metodológicas descritas no Capítulo 2.

5.1 - Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)

5.1.1 - Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento

Conforme apresentado no Capítulo 2 (item 2.3), a definição e caracterização das áreas críticas envolve a integração de aspectos relativos à demanda de água e a capacidade instalada do sistema de abastecimento para atender a estas demandas. Além disso, envolve também considerações sobre possíveis cenários de evolução, em condições normais de atendimento das demandas, atual e futura, ou ainda de possíveis colapsos no sistema de abastecimento principal, criando condições emergenciais de atendimento das demandas.

Como o aumento da demanda de água se dá essencialmente em função do crescimento populacional, esta tarefa passa pela realização de estudos preliminares sobre as projeções de população e consumo, bem como sobre a infra-estrutura hídrica atual e futura.

5.1.1.1 - População e Consumo

Um estudo de demandas hídricas que necessite da projeção para diferentes horizontes se constitui em uma tarefa complexa, tendo em vista o grande número de variáveis a serem consideradas, principalmente quanto as estimativas do crescimento populacional e de consumo *per capita*. Além dos aspectos inerentes a este processo, ressalta-se ainda a falta de dados representativos sobre os diversos setores usuários da água nos municípios da **RMF**, intensificando ainda mais as dificuldades.

Neste estudo, visando homogeneizar os resultados a serem apresentados e dirimir as dificuldades existentes, o cálculo das projeções populacionais dos municípios é executado segundo os dados censitários de IBGE (2000) e as taxas de crescimento populacional apresentadas em um amplo estudo que reza sobre o gerenciamento das águas das bacias metropolitanas do Ceará (COGERH, 2001), onde foram avaliados os cenários evolutivos entre os anos de 2000 e 2010 e entre 2010 e 2020, a partir das taxas de crescimento médio anual apresentadas na TAB. 5.1.

Cabe dizer que os valores apresentados nesta tabela, além de considerar os dados censitários disponíveis a partir de 1970 para o cálculo das taxas de crescimento, consideram também os dados presentes no Plano Diretor da CAGECE, que se constitui na base de referência para a política de demandas hídricas do Governo do Estado do Ceará.

Tabela 5.1 - Dados censitários e projeções das taxas de crescimento médio anual das populações para os municípios da **RMF**

Município	População (hab.)			Taxa de Crescimento Médio Anual da População					
				Período de 2000 a 2010			Período de 2010 a 2020		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Aquiraz	60.469	54.682	5.787	1,29%	1,23%	1,58%	0,64%	0,55%	1,11%
Caucaia	250.479	226.088	24.391	2,72%	2,72%	0,00%	1,99%	1,99%	0,00%
Chorozinho	18.707	9.469	9.238	0,59%	2,43%	-2,43%	0,73%	1,94%	-2,43%
Eusébio	31.500	31.500	0	2,72%	2,72%	0,00%	1,99%	1,99%	0,00%
Fortaleza	2.141.402	2.141.402	0	2,72%	2,72%	0,00%	1,99%	1,99%	0,00%
Guaiúba	19.884	15.611	4.273	1,19%	1,33%	0,90%	0,71%	0,62%	0,90%
Horizonte	33.790	28.122	5.668	4,27%	3,99%	4,64%	2,43%	1,75%	3,27%
Itaitinga	29.217	26.546	2.671	1,00%	1,09%	0,25%	0,36%	0,39%	0,05%
Maracanaú	179.732	179.170	562	2,72%	2,72%	0,00%	1,99%	1,99%	0,00%
Maranguape	88.135	65.268	22.867	1,81%	2,02%	1,03%	1,22%	1,28%	0,94%
Pacajus	44.070	34.301	9.769	2,09%	2,70%	-0,47%	1,10%	1,39%	-0,47%
Pacatuba	51.696	47.028	4.668	2,57%	2,73%	-0,40%	2,03%	2,12%	-0,40%
S. G. Amarante	35.608	22.077	13.531	6,98%	8,40%	1,77%	3,25%	3,59%	1,30%

Fonte: compilado de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Posto isto, calculam-se as projeções populacionais para um período de 20 anos, com resultados apresentados para os anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Para este cálculo, adota-se o método geométrico de projeção populacional, amplamente utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**). Este método é de fácil aplicação e consiste na solução da seguinte equação:

$$P_F = P_{(t+n)} \times (1+i)^n; \quad \text{sendo} \quad i = \sqrt[n]{\frac{P_{(t+n)}}{P_{(t)}}} - 1 \quad (\text{Eq. 5.1})$$

onde:

P_F → população futura;

$P_{(t+n)}$ → população do último censo;

$P_{(t)}$ → população do penúltimo censo;

i → taxa de crescimento médio prevista; e,

n → intervalo entre as datas projetadas.

Aplicando-se a Eq. 5.1, com base nos dados populacionais e nas taxas de crescimento médio anual previstas para os municípios (TAB. 5.1), obtém-se a projeção futura para as populações da **RMF**, como mostrado na TAB. 5.2.

Tabela 5.2 - Projeções populacionais para os municípios da RMF

Projeção	Projeção Populacional (hab.)													
	AQU	CAUC	CHO	EUS	FOR	GUA	HOR	ITA	MARAC	MARAN	PACAJ	PACAT	SGA	TOTAL
2000	60.469	250.479	18.707	31.500	2.141.402	19.884	33.790	29.217	179.732	88.135	44.070	51.696	35.608	2.984.689
2005	64.388	282.946	18.846	36.023	2.448.912	21.146	41.309	30.729	205.461	96.201	48.730	58.383	47.815	3.400.889
2010	68.115	317.974	19.204	40.904	2.780.679	22.365	49.496	32.114	233.220	104.451	53.521	65.683	63.315	3.851.041
2015	70.204	348.371	19.577	45.139	3.068.590	23.134	54.720	32.698	257.309	110.860	56.462	72.362	73.501	4.232.927
2020	72.362	381.916	20.167	49.813	3.386.311	23.931	60.546	33.294	283.893	117.667	59.635	79.792	85.516	4.654.842

Base: dados censitários de IBGE (2000); estimativas de crescimento de COGERH (2001).

Já para o cálculo das demandas projetadas para estes anos, consideram-se os dados de consumo *per capita* levantados no **PGAM** – Plano de Gerenciamento de Águas das Bacias Metropolitanas (COGERH, 2001). A partir deste documento foi consolidada a adoção de grupos de consumo *per capita* específicos para a realidade das comunidades urbanas pertencentes à **RMF**, que, considerando as perdas d'água no sistema de distribuição, são demonstradas em termos de valores brutos na TAB. 5.3. Para a população rural adotou-se um valor de consumo *per capita* fixo e igual a 100 L/hab./dia (e.g. COGERH, 2001).

Tabela 5.3 - Grupos de consumo *per capita* para as comunidades urbanas da RMF

Dimensão da Comunidade (hab.)	Consumo Per Capita Bruto (L/hab./dia)
pop ≤ 5.000	145
5.000 < pop ≤ 20.000	158
20.000 < pop ≤ 100.000	172
pop ≥ 100.000	230

Fonte: COGERH (2001).

Assim, com base nos valores apresentados na TAB. 5.3, a distribuição das taxas de consumo *per capita* humano urbano para os municípios da Região Metropolitana de Fortaleza são listados na TAB. 5.4. Nesta tabela apresentam-se também os valores de consumo *per capita* da população rural, bem como aqueles relativos à população total (consumo doméstico), obtidos com base na soma das contribuições relativas de consumo *per capita* urbano e rural de cada município.

Tabela 5.4 - Consumo *per capita* das populações dos municípios da RMF

Município	População (hab.)			Consumo <i>Per Capita</i> (L/hab./dia)		
	Urbana	Rural	Total	Urbano	Rural	Doméstico
Aquiraz	54.682	5.787	60.469	172	100	165
Caucaia	226.088	24.391	250.479	230	100	217
Chorozinho	9.469	9.238	18.707	158	100	129
Eusébio	31.500	0	31.500	172	0	172
Fortaleza	2.141.402	0	2.141.402	230	0	230
Guaiúba	15.611	4.273	19.884	158	100	157
Horizonte	28.122	5.668	33.790	172	100	160
Itaitinga	26.546	2.671	29.217	172	100	165
Maracanaú	179.170	562	179.732	230	100	230
Maranguape	65.268	22.867	88.135	172	100	153
Pacajus	34.301	9.769	44.070	172	100	156
Pacatuba	47.028	4.668	51.696	172	100	165
S. G. Amarante	22.077	13.531	35.608	172	100	145

Fonte: IBGE (2000); COGERH (2001).

As parcelas relativas ao consumo industrial e animal também foram obtidas a partir da compilação dos valores apresentados no **PGAM** (e.g. COGERH, 2001). Neste caso, tomaram-se como base as demandas registradas e estimadas no ano de 2000 para estes setores, as quais foram convertidas em valores de consumo *per capita*, em função da população total dos municípios, para equalizar as unidades e facilitar os cálculos de demandas futuras.

Cabe dizer que no caso das demandas industriais, devido à pequena quantidade de informações existentes nos órgãos oficiais sobre futuros cenários e devido ao atual estado de expectativa de crescimento da demanda com a implantação de empreendimentos de grande porte, foram estabelecidas duas possibilidades: demanda industrial difusa e demanda industrial concentrada. No primeiro caso foi utilizada a metodologia consagrada no **PLIRHINE** – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil (BRASIL, 1980), e posteriormente adotada no **PERH-CE** – Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (CEARÁ, 1992), tomando como demanda industrial total o

somatório do produto do número de empregados por um coeficiente correspondente ao tipo de indústria, incluindo a de turismo. Cabe destacar que no cálculo da demanda industrial foram consideradas apenas as indústrias com mais de 20 funcionários, haja vista que a demanda das pequenas indústrias é computada dentro do abastecimento doméstico urbano.

No segundo caso, optou-se por um método de saturação, alocando uma vazão demandada por hectare ocupado do distrito industrial, incluindo o Complexo Industrial Portuário do Pecém. Para evitar superestimar as demandas industriais, tomou-se a maior das duas demandas (*i.e.* difusa ou concentrada), como demanda industrial consolidada para o respectivo município.

Para a estimativa das demandas animais, optou-se também pela metodologia empregada no **PLIRHINE** e no **PERH-CE**, que se baseia no cálculo de uma unidade hipotética denominada **BEDA** – Bovino Equivalente para Demanda d'Água. Esta unidade agrega diversos rebanhos (bovinos, eqüinos, asininos, ovinos, caprinos, e suínos) pela seguinte relação:

$$BEDA_{i,j} = Bovino_{i,j} + Eqüino_{i,j} + Asinino_{i,j} + \frac{Ovino_{i,j} + Caprino_{i,j}}{5} + \frac{Suino}{4} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

onde:

i → município ou região; e,

j → ano de projeção.

Feitas as projeções dos rebanhos **BEDA** (TAB. 5.5), para o cálculo da demanda de água foi aplicado o mesmo coeficiente selecionado pelo **PLIRHINE**, **PERH-CE** e **PGAM**, que admite um consumo médio de 50 L/cab./dia (*e.g.* CEARÁ, 1992; COGERH, 2001).

Tabela 5.5 - Projeções dos rebanhos **BEDA** (Bovino Equivalente para Demanda d'Água) por município da **RMF**

Município	BEDA (cab.)
Aquiraz	6.866
Caucaia	72.924
Chorozinho	4.802
Eusébio	2.422
Fortaleza	15.524
Guaiúba	5.802
Horizonte	2.994
Itaitinga	2.162
Maracanaú	7.186
Maranguape	35.439
Pacajus	8.507
Pacatuba	6.967
São Gonçalo do Amarante	11.025

Fonte: COGERH (2001).

Dessa maneira, a consolidação dos valores relativos de consumo *per capita* industrial e animal para o ano de 2000, transformados a partir das respectivas demandas, são apresentados na TAB. 5.6. Destaca-se que o consumo relativo à agricultura não foi considerado, pois é pequena a vocação para culturas irrigadas na **RMF**. Nesta região, prevalece a agricultura de subsistência, que acaba sendo computada como consumo humano.

Tabela 5.6 - Consumo *per capita* em função das demandas industriais e animais nos municípios da **RMF**

Município	População Total (hab.)	Consumo Per Capita (L/hab./dia)	
		Industrial	Animal
Aquiraz	60.469	308	6
Caucaia	250.479	102	15
Chorozinho	18.707	9	13
Eusébio	31.500	374	4
Fortaleza	2.141.402	55	0
Guaiúba	19.884	24	15
Horizonte	33.790	73	4
Itaitinga	29.217	26	4
Maracanaú	179.732	112	2
Maranguape	88.135	105	20
Pacajus	44.070	456	10
Pacatuba	51.696	62	7
S. G. Amarante	35.608	1.170	15

Fonte: compilado de BRASIL (1980); CEARÁ (1992); IBGE (2000); COGERH (2001).

Os valores relativos de consumo *per capita* na **RMF** são distribuídos, por município, conforme os principais usos da água (TAB. 5.7). Esta tabela também mostra um valor total de consumo, por município, consolidado com base nos seus respectivos valores relativos.

Tabela 5.7 - Consumo *per capita*, por município, conforme os principais usos da água nos municípios da **RMF**

Município	População Total (hab.)	Consumo Per Capita (L/hab./dia)			
		Doméstico	Industrial	Animal	Total
Aquiraz	60.469	165	308	6	479
Caucaia	250.479	217	102	15	334
Chorozinho	18.707	129	9	13	151
Eusébio	31.500	172	374	4	550
Fortaleza	2.141.402	230	55	0	285
Guaiúba	19.884	146	24	15	185
Horizonte	33.790	160	73	4	237
Itaitinga	29.217	165	26	4	195
Maracanaú	179.732	230	112	2	344
Maranguape	88.135	153	105	20	278
Pacajus	44.070	156	456	10	622
Pacatuba	51.696	165	62	7	234
S. G. Amarante	35.608	145	1.170	15	1.330

Fonte: compilado de BRASIL (1980); CEARÁ (1992); IBGE (2000); COGERH (2001).

Portanto, com base nas projeções populacionais (TAB. 5.2) e nos dados de consumo *per capita* total (TAB. 5.7), pode-se avaliar preliminarmente as demandas totais pelo uso da água nos municípios que compõem a Região Metropolitana de Fortaleza, considerando os horizontes previstos até o ano de 2020, como apresentado na TAB. 5.8.

Tabela 5.8 - Projeção das demandas para os municípios da RMF

Projeção	Projeção das Demandas (L/s)													TOTAL
	AQU	CAUC	CHO	EUS	FOR	GUA	HOR	ITA	MARAC	MARAN	PACAJ	PACAT	SGA	
2000	335	968	33	201	7.064	43	93	66	716	284	317	140	548	10.808
2005	357	1.094	33	229	8.078	45	113	69	818	310	351	158	736	12.392
2010	378	1.229	34	260	9.172	48	136	72	929	336	385	178	975	14.132
2015	389	1.347	34	287	10.122	50	150	74	1.024	357	406	196	1.131	15.568
2020	401	1.476	35	317	11.170	51	166	75	1.130	379	429	216	1.316	17.163

Fonte: calculado com base em BRASIL (1980); CEARÁ (1992); IBGE (2000); COGERH (2001).

Vale ressaltar que as demandas apresentadas na tabela acima consideram um consumo *per capita* fixo ao longo dos anos, sendo os incrementos de demanda dados em função do crescimento populacional, conforme as projeções realizadas.

5.1.1.2 - A Infra-Estrutura Hídrica Atual e Futura

O sistema principal de mananciais responsável pelo abastecimento da **RMF** é constituído por um conjunto de reservatórios superficiais, em grande parte conectados por obras de canais e túneis (Figura 5.1). Conforme mostrado na referida figura, a leste, esse sistema é formado por um conjunto de quatro reservatórios – Pacajus, Pacoti, Riachão e Gavião – que se distribuem em três bacias independentes, sendo interligados por meio de canais e túneis que permitem as transposições necessárias (*e.g.* COGERH, 2001).

O mais oriental dos reservatórios de atendimento da **RMF** é o Açude Pacajus, localizado próximo à cidade homônima, que barra o rio Choró, abrangendo uma bacia hidrográfica de 4.506 km², com capacidade de acumulação de 240,0 milhões de m³. Na vizinha bacia do rio Pacoti encontram-se os açudes Pacoti e Riachão, que são operados de maneira conjunta, possuindo inclusive um sangradouro comum, barrando uma área de 1.080 km², com capacidade de acumulação de 426,95 milhões de m³, constituindo a maior reserva do sistema. Por sua vez, na bacia do rio Cocó encontra-se o Açude Gavião que tem capacidade de acumulação de 29,52 milhões de m³, barrando uma área de 95 km².

A ligação entre os açudes Pacajus e Pacoti é realizada com o bombeamento do primeiro para o Açude Ereré, utilizado como reservatório de passagem, de onde parte um canal com cerca de 4 km de extensão. Na outra extremidade do canal encontra-se a estação de recalque com a função de destinar as águas a um segundo canal, com 5,5 km, que finalmente desemboca no Açude Pacoti. Já os açudes Pacoti e Riachão são interligados por um canal de 1,8 km que funciona gravitariamente. A partir dos Açudes Pacoti-Riachão, as águas também são derivadas gravitariamente para o Açude Gavião, ponto final do sistema principal de reservação da **RMF**, através de um trecho de túnel com extensão de 1,75 km, seguido de um canal de 4,7 km.

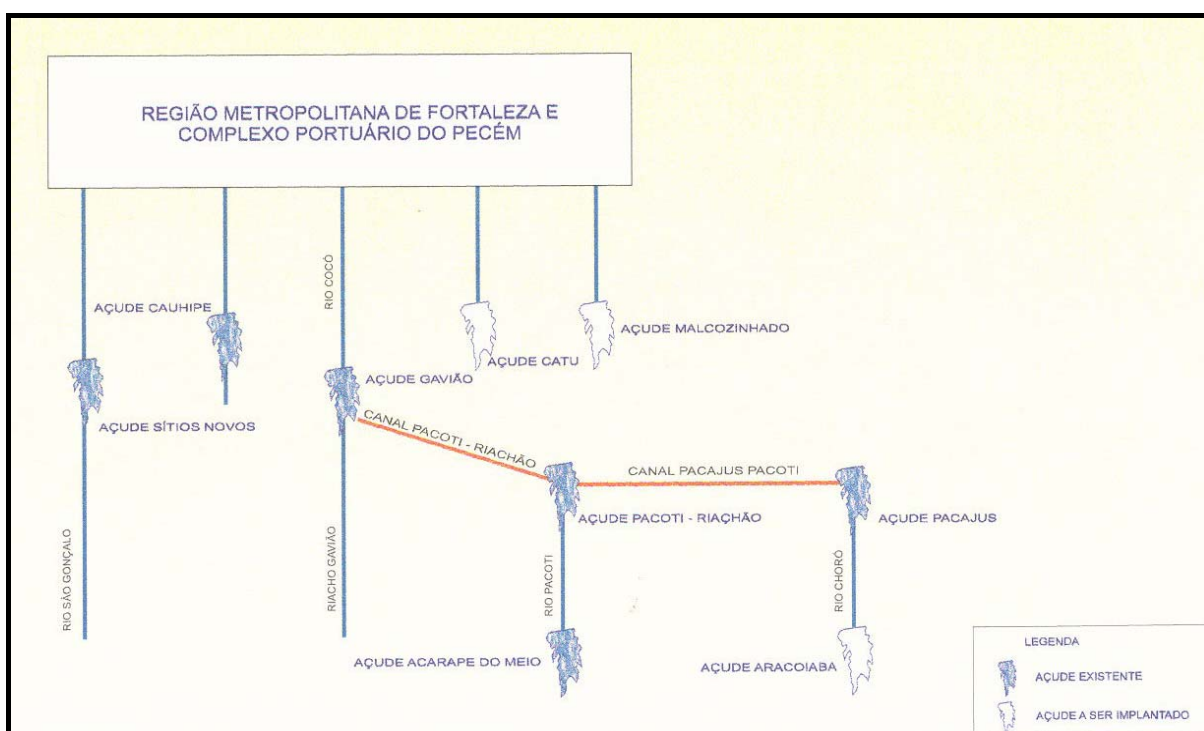


Figura 5.1 - Representação esquemática do sistema integrado de abastecimento da **RMF**, incluindo o sistema de abastecimento do complexo portuário do Pecém.

Fonte: COGERH (2001).

Esse sistema recebe o reforço da importação da Bacia do Jaguaribe, através do Canal do Trabalhador, que capta água numa pequena barragem vertedoura no leito do Rio Jaguaribe, à altura de Itaiçaba, desenvolvendo-se por 102,5 km de extensão, tendo três sifões instalados nas travessias dos riachos Macacos, Umburanas e rio Pirangi, e desembocando no Açude Pacajus.

Embora com vazão originalmente prevista para 6.000 L/s, o Canal do Trabalhador, devido à sua própria concepção e execução emergencial, tem enfrentado sérios problemas de operação

e manutenção com trechos bastante deteriorados. A capacidade de regularização deste sistema está limitada à cerca de 2.500 L/s. A capacidade nominal do sistema integrado Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião é da ordem de 6.900 L/s, sendo cerca de 4.400 L/s oriunda das bacias Metropolitanas e cerca de 2.500 L/s importada da bacia do Jaguaribe.

O sistema integrado de reservação Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião serve ao atendimento das demandas de Fortaleza, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga, Caucaia, Pacajus, Horizonte e Chorozinho. Em 2000, a vazão instalada deste sistema era da ordem de 6.320 L/s (*e.g.* COGERH, 2001). Atualmente, a vazão instalada é da ordem de 6.500 L/s (IPECE, 2004).

Além destes reservatórios, cita-se ainda o Açude Acarape do Meio (capacidade de acumulação de 31,5 milhões de m³) e a Lagoa do Catú. O açude Acarape do Meio foi construído em 1912 para abastecer Fortaleza, respondendo hoje pelo suprimento das sedes municipais de Guaiúba, Maranguape e Pacatuba, além de reforçar o suprimento dos municípios integrados ao sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião. Neste caso, ele contribui com uma vazão instalada da ordem de 800 L/s para o atendimento das demandas municipais. Já a Lagoa do Catú, responde por parte do abastecimento do município de Aquiraz, contribuindo com uma vazão instalada da ordem de 20 L/s (*e.g.* COGERH, 2001).

A implantação do Complexo Portuário do Pecém e o desenvolvimento das praias de Caucaia, priorizaram a implantação de um sistema de reservação também a oeste da Região Metropolitana de Fortaleza. Atualmente, esse sistema conta com os açudes Sítios Novos e Cauhipe. O Açude Sítios Novos barra o Rio São Gonçalo, com capacidade máxima de acumulação de 123,23 milhões de m³, abrangendo uma área de 443 km², tendo sua ligação com o Complexo Portuário do Pecém feita por um canal com 23,5 km de extensão e capacidade de vazão de 2.000 L/s.

No entanto, este sistema tem contribuído com uma vazão instalada da ordem de 680 L/s. Embora o reservatório do Cauhipe esteja concluído, possibilitando a acumulação de 12,19 milhões de m³ provenientes da bacia hidrográfica homônima, com 94 km², seu aproveitamento só pode ser feito com captação direta no leito perenizado, sendo mais racional sua integração com o Canal Sítios Novos/Pecém, através de um canal ou adutora. A sua projeção de vazão instalada é da ordem de 200 L/s, a qual não é disponibilizada ainda pela rede de abastecimento.

A TAB. 5.9 apresenta o conjunto de reservatórios que abastece a **RMF** e o Complexo Portuário do Pecém, com dados da capacidade de acumulação dos açudes e vazão instalada do sistema de abastecimento no ano de 2000 (*e.g.* COGERH, 2001).

Tabela 5.9 - Conjunto de reservatórios que abastecem a RMF

Municípios Atendidos	Reservatório	Capacidade de Acumulação (x 10 ⁶ m ³)	Vazão Instalada (L/s)
Fortaleza, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga, Caucaia (sede), Pacajus, Horizonte e Chorozinho	Açude Pacajus	240,00	6.320
	Açude Pacoti	380,00	
	Açude Riachão	46,95	
	Açude Gavião	29,52	
Guaiúba, Maranguape, Pacatuba e reforço para o sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião	Açude Acarape do Meio	31,5	800
Aquiraz	Lagoa do Catú	-	20
São Gonçalo do Amarante (região portuária do Pecém) e Caucaia (região de praias oeste)	Açude Sítios Novos	123,23	680
TOTAL		863,39	7.820

Fonte: COGERH (2001).

Atualmente, com o aumento da capacidade instalada do sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião, de 6.320 L/s para 6.520 L/s, a capacidade total instalada do sistema principal de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza é da ordem de 8.020 L/s. No sentido de complementar esse sistema de reservação, em conformidade com a política de recursos hídricos estadual, a **COGERH** passará a contar, a partir do próximo ano (2006), com os reservatórios Aracoiaba e Catú-Cinzenta como integrantes da infra-estrutura de açudagem da **RMF**.

Dentre estes, o de maior importância é o reservatório de Aracoiaba, com seu barramento localizado no rio homônimo, à altura do distrito de Vazantes. Sua capacidade máxima de reservação é da ordem de 175 milhões de m³, abrangendo uma bacia hidrográfica de 584 km², destinando-se ao abastecimento dos municípios de Baturité e Aracoiaba, além de reforçar a disponibilidade do sistema da **RMF**. Neste caso, está sendo aguardada uma vazão equivalente a 85% da vazão total instalada para reforçar o sistema da **RMF**, o que equivale a cerca de 970 L/s. O açude Catú-Cinzenta, com capacidade de acumular 33,2 milhões de m³, localiza-se próximo ao litoral leste de Fortaleza, e servirá ao atendimento das demandas do município de Aquiraz. A vazão instalada prevista para este reservatório é da ordem de 330 L/s.

Dessa maneira, o reforço adicional previsto com a implantação destes reservatórios, a partir do próximo ano (2006), corresponderá a uma vazão instalada da ordem de 1.300 L/s. Assim, a capacidade instalada passaria da vazão atual de 8.020 L/s, para uma vazão da ordem de 9.320 L/s.

Além dos sistemas de açudagem, que não são suficientes para atender as demandas totais, o sistema de abastecimento da **RMF** conta ainda com o reforço de águas subterrâneas. Segundo dados de GOLDER/PIVOT (2005a), foram cadastrados 12.710 poços tubulares, sendo 8.888 em uso na **RMF**. Estes poços (1.099 públicos e 7.789 privados) produzem a vazão adicional para o atendimento pleno das demandas existentes.

Contudo, não existe um cálculo direto da contribuição efetiva das águas subterrâneas para a regularização e atendimento das demandas na **RMF**. Este valor foi estimado em cerca de 2.990 L/s no ano 2000, com base na diferença entre a demanda total e a vazão fornecida pelo sistema de açudagem (*e.g.* COGERH, 2001). Sendo assim, constata-se que, naquele ano, cerca de 72% das demandas foram atendidas pelo sistema de açudagem, enquanto que aproximadamente 28% das demandas foram atendidas pelas águas subterrâneas.

Considerando as demandas crescentes e a infra-estrutura de açudagem atual e projetada para os próximos horizontes avaliados, observa-se que a tendência é de que as águas subterrâneas passem a ser cada vez mais requisitadas para suprir as carências de água na **RMF**. Neste sentido, considerando que não haja novos projetos de importação de águas das bacias adjacentes, além daqueles já discutidos, a utilização das águas subterrâneas na região pode ser projetada para os próximos anos como apresentado na TAB. 5.10. A partir desta tabela percebe-se que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá sofrer incrementos consideráveis nos horizontes de avaliação propostos a partir do ano de 2000.

Tabela 5.10 - Projeção das demandas para os municípios da **RMF**

Projeção	Demanda Total Projetada (L/s)	Vazão Projetada para o Sistema de Açudagem (L/s)	Vazão projetada para as Águas Subterrâneas (L/s)	Percentual de Utilização das Águas Subterrâneas
2000	10.810	7.820	2.990	28%
2005	12.402	8.020	4.382	35%
2010	14.145	9.320	4.825	34%
2015	15.580	9.320	6.260	40%
2020	17.176	9.320	7.856	46%

Base de dados: IBGE (2000); COGERH (2001).

O valor calculado para a utilização das águas subterrâneas na **RMF** no ano de 2000 é reforçado pelos dados de IBGE (2000). Segundo os dados censitários do referido ano, foram identificados 568.046 domicílios ligados à rede de distribuição do sistema de açudagem, atendendo a aproximadamente 2.272.200 habitantes. O restante da população, cerca de 712.500 habitantes, utilizava-se essencialmente de águas subterrâneas para o abastecimento.

A TAB. 5.11 mostra a distribuição da população abastecida pelo sistema de açudagem e por águas subterrâneas nos municípios que compõem a **RMF**. Com base nesta distribuição e nos valores totais de consumo *per capita* apresentados na TAB. 5.6, obtem-se o percentual relativo de utilização das águas subterrâneas em cada município e na **RMF** no ano de 2000.

Tabela 5.11 - Distribuição da população abastecida na **RMF**, considerando a participação do sistema de açudagem e das águas subterrâneas

Município	População Abastecida (hab.)			Consumo Per Capita Total (L/hab./dia)	Demanda Total (L/s)			Percentual de Utilização	
	Total	Água Superficial	Água Subterrânea		Água Superficial	Água Subterrânea	Total	Água Superficial	Água Subterrânea
Aquiraz	60.469	3.066	57.343	479	17	318	335	5%	95%
Caucaia	250.479	153.692	96.787	334	594	374	968	61%	39%
Chorozinho	18.707	3.460	15.247	151	6	27	33	18%	82%
Eusébio	31.500	2.276	29.224	550	14	187	201	7%	93%
Fortaleza	2.141.402	1.835.276	306.126	285	6.054	1.010	7.064	86%	14%
Guaiúba	19.884	9.980	9.904	185	21	22	43	50%	50%
Horizonte	33.790	1.312	32.478	237	4	89	93	4%	96%
Itaitinga	29.217	14.092	15.125	195	32	34	66	48%	52%
Maracanaú	179.732	142.152	37.580	344	566	150	716	79%	21%
Maranguape	88.135	43.216	44.919	278	139	145	284	49%	51%
Pacajus	44.070	10.148	33.922	622	73	244	317	23%	77%
Pacatuba	51.696	39.816	11.880	234	108	32	140	77%	23%
S. G. Amarante	35.608	11.144	24.464	1.330	172	376	548	31%	69%
TOTAL	2.984.689	2.272.184	712.505	5.224	7.800	3.008	10.808	72%	28%

Fonte: dados censitários de IBGE (2000); dados de consumo de COGERH (2001).

Pela tabela acima percebe-se que o percentual de utilização das águas subterrâneas é bastante heterogêneo quando se comparam os valores relativos de cada município. Além disso, constata-se que os dados de IBGE (2000) estão em conformidade com os dados de COGERH (2001), apontando para uma demanda de cerca de 3.008 L/s, no ano de 2000, a qual foi atendida pelos mananciais subterrâneos da **RMF**.

5.1.1.3 - Áreas Críticas de Abastecimento na **RMF**

Em função do contexto geral apresentado acima, podem-se reconhecer algumas deficiências atuais e outras que poderão vir a ocorrer num futuro próximo, dadas as condições normais de

desenvolvimento e expansão do sistema integrado de abastecimento na **RMF**, ou ainda, as condições emergenciais decorrentes de fatores naturais (secas) ou antrópicos (vandalismo), gerando possíveis situações de escassez de água.

Vale ressaltar que na falta de dados específicos sobre o consumo em determinados setores e domínios localizados, esta caracterização é realizada a partir de uma escala maior, que considera, integralmente, as condições de cada município que compõe a **RMF**, com base no panorama gerado sobre o uso e ocupação do meio físico (Capítulo 4 – item 4.1.2) e nas demandas projetadas para os horizontes futuros.

5.1.1.3.1 - *Município de Aquiraz*

Segundo dados de IBGE (2000), o município de Aquiraz possui uma taxa de urbanização de 90,4%, sendo as populações de todos os seus distritos amplamente dependentes das águas subterrâneas para o atendimento das demandas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 95% da demanda total do município (TAB. 5.11). Esta taxa de utilização deverá ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial, que hoje se refere apenas à Lagoa do Catú. Para os demais horizontes projetados, o município passará a contar com o reforço dos reservatórios de Catú-Cinzenta. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.12.

Tabela 5.12 - Projeção das demandas para o município de Aquiraz

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	54.682	5.787	60.469	116	216	4	335
2005	58.129	6.259	64.388	123	230	4	357
2010	61.378	6.738	68.115	130	243	5	378
2015	63.084	7.120	70.204	134	250	5	389
2020	64.838	7.524	72.362	138	258	5	401

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda industrial, principalmente em função do setor de turismo, é aquela de maior vulto, seguida pelas demandas doméstica e animal. Com base na caracterização do uso e ocupação do meio físico (item 4.1.2.1), apontam-se as áreas críticas de abastecimento no município de Aquiraz da seguinte maneira:

- regiões que circunscrevem as sedes distritais, onde se concentra a grande maioria das populações (33% só na sede municipal); e,
- região das principais praias do município (*i.e.* Porto das Dunas e Prainha), incluindo o complexo turístico do *Beach Park*, onde ocorre uma grande flutuação da população.

Em tais regiões, o sistema de atendimento das demandas depende fundamentalmente dos recursos hídricos subterrâneos, que atualmente são explorados sem planejamento e conhecimento específico sobre as suas disponibilidades, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Esta situação pode levar a um colapso futuro, seja pela falta de proteção dos mananciais subterrâneos ou pela falta de gerenciamento destes recursos. Atualmente, as deficiências deste sistema de abastecimento são amplamente sentidas durante os períodos prolongados de estiagem e/ou durante a alta estação de turismo, quando o sistema superficial fica comprometido e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado.

Para um cenário futuro, está previsto o reforço do novo reservatório superficial (*i.e.* Catú-Cinzenta), que, sem dúvida, trará um maior conforto em relação a esta situação. Ainda assim, este reforço não deve ser tomado como a solução definitiva dos problemas de abastecimento, uma vez que a disponibilidade hídrica dos reservatórios é extremamente sensível às variações climáticas interanuais. Dessa maneira, em cenários futuros as águas subterrâneas também devem ser vistas como um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades.

5.1.1.3.2 - Município de Caucaia

O Município de Caucaia possui uma taxa de urbanização de 90,26% e taxa geométrica de crescimento anual total de 4,74% (IBGE, 2000). Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 39% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial. Para os demais horizontes, o município, que faz parte do sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião e do sistema Sítios Novos/Pecém (região de praias oeste), passará a contar com o reforço do reservatório de Aracoiaba, mas sem refletir em um grande incremento na vazão instalada, a qual em 2000 era de cerca de 594 L/s. Dessa maneira, as águas subterrâneas continuarão a ser um recurso estratégico para o município. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.13.

Tabela 5.13 - Projeção das demandas para o município de Caucaia

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	226.088	24.391	250.479	630	296	42	968
2005	258.555	24.391	282.946	712	334	48	1.094
2010	293.583	24.391	317.974	800	375	54	1.229
2015	323.980	24.391	348.371	876	411	59	1.346
2020	357.525	24.391	381.916	961	451	64	1.476

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto no município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.2), as áreas críticas de abastecimento no município de Aquiraz são definidas da seguinte maneira:

- regiões que circunscrevem as áreas urbanas da sede municipal e o distrito de Jurema, onde se concentra a grande maioria da população (cerca de 90% da população total), incluindo os conjuntos habitacionais populares, e da infra-estrutura do setor industrial do município;
- região das praias de Icaraí e Cumbuco, onde há grande flutuação da população em função da implantação de hotéis e pousadas, restaurantes e clubes recreativos; e,
- a região que envolve as zonas urbanas e rurais dos distritos de Sítios Novos e Catuana, onde se concentra apenas cerca de 5% da população do município, mas é responsável pelo fornecimento de matérias primas para a construção civil, para o próprio município e para Fortaleza.

Nestas regiões, constata-se que os sistemas de atendimento das demandas, sejam eles superficiais ou subterrâneos, encontram-se sobre forte pressão dadas as taxas de crescimento populacional do município e a falta de estruturas hídricas que atendam as demandas atuais e futuras. As águas subterrâneas são uma alternativa viável, desde que haja planejamento e conhecimento específico sobre as suas disponibilidades, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade, o que não ocorre atualmente.

No cenário atual, as deficiências do sistema de abastecimento principal são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados e/ou durante a alta estação de turismo, quando o sistema de reservatórios superficiais fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado, sem se saber o quanto. Para um cenário futuro, está previsto o reforço do novo reservatório de Aracoiaba na infra-estrutura hídrica superficial. Ainda assim, a vazão instalada não será suficiente para atender as demandas

totais do município, sem que haja a utilização dos reservatórios subterrâneos. Dessa maneira, em cenários futuros as águas subterrâneas também devem ser vistas como um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades.

5.1.1.3.3 - *Município de Chorozinho*

Segundo dados de IBGE (2000), o município de Chorozinho possui uma taxa de urbanização de 50,62% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,12%. As populações urbanas e rurais de todos os seus distritos são amplamente dependentes das águas subterrâneas para o atendimento das demandas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 82% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial. Assim, para os demais horizontes, o sistema integrado Pacajus/Horizonte/Chorozinho, com ETA em Horizonte, que atende o município, deverá manter a mesma capacidade instalada para atender as demandas futuras (6,0 L/s). Dessa maneira, as águas subterrâneas passarão a ser mais requisitadas. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.14.

Tabela 5.14 - Projeção das demandas para o município de Chorozinho

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	9.469	9.238	18.707	28	2	3	33
2005	10.677	8.169	18.846	28	2	3	33
2010	11.981	7.223	19.204	29	2	3	34
2015	13.189	6.387	19.577	29	2	3	34
2020	14.519	5.648	20.167	30	2	3	35

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto no município, seguida pelas demandas animal e industrial. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.3), e dada a forte dependência das populações locais em relação aos recursos hídricos subterrâneos, as áreas críticas de abastecimento no município de Chorozinho são definidas da seguinte maneira:

- na região que envolve sede municipal, onde se concentra atualmente mais de 40% da população; e,
- nas regiões que circunscrevem as áreas urbanas dos demais distritos.

Nas regiões citadas acima, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o sistema de reservatórios superficiais fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Dessa maneira, em cenários futuros as águas subterrâneas continuam sendo um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades. Atualmente, constata-se a falta de planejamento e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade.

5.1.1.3.4 - *Município de Eusébio*

O município de Eusébio possui uma taxa de urbanização de 100% e taxa geométrica de crescimento anual de 4,94% (IBGE, 2000). A população é parcialmente atendida pelo sistema de abastecimento de reservatórios superficiais, mas é amplamente dependente das águas subterrâneas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 93% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial. Para os demais horizontes, o município, que faz parte do sistema de abastecimento composto pelos reservatórios Pacajus/Pacoti/riachão/Gavião, passará a contar com o reforço do reservatório de Aracoíaba, mas sem refletir em um grande incremento de vazão instalada, a qual em 2000 era de cerca de 14 L/s. Dessa maneira, as águas subterrâneas continuarão a ser um recurso estratégico para o município, passando a ser mais requisitadas. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.15.

Tabela 5.15 - Projeção das demandas para o município de Eusébio

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	31.500	0	31.500	63	136	1	201
2005	36.023	0	36.023	72	156	2	229
2010	40.904	0	40.904	81	177	2	260
2015	45.139	0	45.139	90	196	2	287
2020	49.813	0	49.813	99	216	2	317

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda industrial consiste na de maior vulto no município, seguida pelas demandas doméstica e animal. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.4), por não possuir oficialmente área rural, o município apresenta ocupação bastante irregular, com áreas densamente ocupadas, outras

somente loteadas. Diante disso, e dada a grande dependência da população local em relação aos recursos hídricos subterrâneos, a área crítica de abastecimento no município de Eusébio é definida da seguinte maneira:

- região que circunscreve a área urbana da sede, onde se concentra também a infra-estrutura do setor industrial.

A exemplo do que ocorre em outros municípios, nesta região as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o sistema de reservatórios superficiais fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Dessa maneira, em cenários futuros as águas subterrâneas continuam sendo um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades. Atualmente, constata-se a falta de planejamento e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade.

5.1.1.3.5 - Município de Fortaleza

Segundo dados de IBGE (2000), o município de Fortaleza possui densidade demográfica de 6.855 hab/km², taxa de urbanização de 100% e taxa geométrica de crescimento anual de 2,15%. A população residente neste município é quase totalmente atendida pelo sistema de abastecimento de reservatórios superficiais, mas ainda é dependente das águas subterrâneas.

Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 14% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial. Para os demais horizontes, o município, que faz parte do sistema integrado Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião, com ETA localizada a jusante do reservatório Gavião, passará a contar com o reforço do reservatório de Aracoiaba, mas sem refletir em um grande incremento na vazão instalada para atender este município, a qual era de cerca de 7.000 L/s em 2000.

Dessa maneira, as águas subterrâneas continuarão a ser um recurso estratégico, passando a ser mais requisitadas futuramente. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.16.

Tabela 5.16 - Projeção das demandas para o município de Fortaleza

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	2.141.402	0	2.141.402	5.701	1.363	9	7.073
2005	2.448.912	0	2.448.912	6.519	1.559	10	8.088
2010	2.780.679	0	2.780.679	7.402	1.770	12	9.184
2015	3.068.590	0	3.068.590	8.169	1.953	13	10.135
2020	3.386.311	0	3.386.311	9.015	2.156	14	11.184

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto na composição das demandas do município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.5), o município tem como principais atividades econômicas a indústria e o setor de serviços. Como não existem estimativas oficiais da composição das demandas por setor ou por localidade no município, as áreas críticas de abastecimento são definidas da seguinte maneira:

- regiões que circunscrevem a sede municipal e as sedes dos distritos de Antônio Bezerra, Parangaba, Mondubim e Messejana, onde se concentra a grande maioria da população residente;
- região de praias oeste (*i.e.* região do Mucuripi e Iracema) e região de praias leste (*i.e.* região de Praias do Futuro), onde se concentra a rede hoteleira e grande parte do setor de serviços.

Principalmente na região praiana do município, o sistema de atendimento das demandas depende fundamentalmente dos recursos hídricos subterrâneos, que atualmente são explorados sem planejamento e conhecimento específico sobre as suas disponibilidades, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Atualmente, este tipo de exploração tem contribuído para permitir a intrusão da cunha salina, o que pode comprometer o potencial futuro de aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos. Para um cenário futuro, está previsto o reforço do reservatório de Aracoiaba, que não será suficiente para atender as demandas crescentes do município. Dessa maneira, em cenários futuros as águas subterrâneas também devem ser vistas como um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que o seu aproveitamento seja devidamente planejado e que os mananciais sejam protegidos contra os efeitos da alta taxa de urbanização e da possibilidade de intrusão da cunha salina.

5.1.1.3.6 - Município de Guaiúba

O município de Guaiúba possui uma taxa de urbanização de 78,51% e taxa geométrica de crescimento anual total de 1,39% (e.g. IBGE, 2000). A população residente na sede municipal (cerca de 50% da população total) é atendida pelo sistema de abastecimento superficial, representado pelo açude Acarape do Meio. Os demais distritos (i.e. Água Verde, Baú, Dourado, Itacima e Núcleo Pio XII) são dependentes de águas subterrâneas para suprir as suas demandas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 50% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial. Assim, para os demais horizontes, o sistema Acarape do Meio deverá manter a mesma capacidade instalada para atender as demandas futuras. Dessa maneira, as águas subterrâneas passarão a ser mais requisitadas. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.17.

Tabela 5.17 - Projeção das demandas para o município de Guaiúba

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	15.611	4.273	19.884	34	6	3	43
2005	16.677	4.469	21.146	36	6	4	45
2010	17.691	4.674	22.365	38	6	4	48
2015	18.246	4.888	23.134	39	6	4	49
2020	18.819	5.112	23.931	40	7	4	51

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto na composição das demandas do município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.6), no município verifica-se uma acelerada migração das populações rurais para a zonas urbanas, caracterizando uma forma de ocupação desordenada e não sistemática, principalmente no distrito de Água Verde. Como não existem estimativas oficiais da composição das demandas por localidade, a área crítica de abastecimento em guaiúba é definida da seguinte maneira:

- em função das populações urbanas crescentes na sede do município e no distrito de Água Verde.

Na sede municipal, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o sistema superficial fica com

a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser requisitado. Já no distrito de Água Verde a deficiência reside na falta de planejamento adequado e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade.

5.1.1.3.7 - *Município de Horizonte*

Segundo dados de IBGE (2000), o município de Horizonte possui uma densidade demográfica de 176,91 hab/km² e taxa de urbanização de 83,23%. As populações urbanas e rurais de todos os seus distritos (*i.e.* Horizonte, Aningas, Dourados e Queimados) são amplamente dependentes das águas subterrâneas para o atendimento das demandas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 96% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novas estruturas de reservação superficial. Assim, para os demais horizontes, o sistema integrado Pacajus/Horizonte/Chorozinho, com ETA em Horizonte, que atende o município, deverá manter a mesma capacidade instalada para atender as demandas futuras (4,0 L/s), passando as águas subterrâneas a ser mais requisitadas. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.18.

Tabela 5.18 - Projeção das demandas para o município de Horizonte

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	28.122	5.668	33.790	63	29	2	93
2005	34.198	7.111	41.309	77	35	2	114
2010	40.692	8.804	49.496	92	42	3	136
2015	44.379	10.341	54.720	101	46	3	150
2020	48.400	12.146	60.546	112	51	3	166

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto no município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme a caracterização apresentada no Capítulo 4 (item 4.1.2.7), e dada a dependência das populações locais em relação aos recursos hídricos subterrâneos, a área crítica de abastecimento em Horizonte é definida da seguinte maneira:

- na região que circunscribe a sede municipal, onde se concentra cerca de 78% da população e o distrito industrial.

Nesta região, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são reforçadas durante os períodos de estiagem prolongada, pela queda da vazão instalada para atendimento das demandas do município. Neste período, o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado, muitas vezes, sem o conhecimento hidrogeológico necessário. Dessa maneira, constata-se a falta de planejamento e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros, como não há projeções de apoio de águas superficiais, as águas subterrâneas continuarão sendo um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades.

5.1.1.3.8 - Município de Itaitinga

O município de Itaitinga possui uma densidade demográfica de 188,98 hab/km² e taxa de urbanização de 90,86%. A sua população é parcialmente atendida pelo sistema de abastecimento superficial, representado por uma derivação do canal de interligação dos açudes Riachão/Gavião, que possuía uma vazão instalada de cerca de 32,0 L/s (aproximadamente 48% da demanda total do município). Sendo assim, constata-se que cerca de 52% das demandas são atendidas pelo sistema subterrâneo (TAB. 5.11). Esta taxa de utilização deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido à ausência de novos projetos de reservação superficial. Para os demais horizontes, o município, que faz parte do sistema integrado Pacajus/Pacoti/riachão/Gavião, passará a contar com o reforço do reservatório de Aracoíaba, o que poderá refletir em um incremento considerável de vazão instalada, dada a pequena demanda do município. Ainda assim, acredita-se que as águas subterrâneas continuarão a ser um recurso estratégico para complementação do sistema de abastecimento e atendimento pleno das demandas. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.19.

Tabela 5.19 - Projeção das demandas para o município de Itaitinga

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	26.546	2.671	29.217	56	9	1	66
2005	28.025	2.705	30.729	59	9	1	69
2010	29.381	2.733	32.114	62	10	1	72
2015	29.958	2.740	32.698	63	10	1	74
2020	30.547	2.747	33.294	64	10	1	75

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto para a composição das demandas do município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.8), Itaitinga é um município jovem, desmembrado de Pacatuba em 1992. Com base na caracterização do uso e ocupação do meio físico, reconhece-se como área crítica de abastecimento em Itaitinga:

- a região que circunscribe a área urbana da sede municipal e do distrito de Gereraú, onde se concentra também a infra-estrutura do setor industrial.

A exemplo de outros municípios, na região definida acima, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o este sistema fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Contudo, constata-se a falta de planejamento e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros, mesmo com o reforço do açude de Aracoiaba, as águas subterrâneas continuarão sendo um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades.

5.1.1.3.9 - Município de Maracanaú

Segundo dados de IBGE (2000), o município de Maracanaú possui uma densidade demográfica de 1.832,13 hab/km² e taxa de urbanização de 99,69%. A população residente neste município é essencialmente atendida pelo sistema de reservatórios superficiais, mas ainda é dependente das águas subterrâneas.

Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 21% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido à ausência de novos projetos para estruturas de reservação superficial. Para os demais horizontes, o município, que faz parte do sistema integrado Pacajus/pacoti/Riachão/Gavião, com ETA localizada a jusante do reservatório Gavião, passará a contar com o reforço do reservatório de Aracoiaba, mas sem refletir em um grande incremento na vazão instalada para atender este município, a qual era de cerca de 566 L/s em 2000. Dessa maneira, as águas subterrâneas continuarão a ser um recurso estratégico, podendo passar a ser mais requisitadas futuramente, devido as altas taxas de crescimento das demandas (TAB. 5.20).

Tabela 5.20 - Projeção das demandas para o município de Maracanaú

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	179.170	562	179.732	479	233	4	716
2005	204.899	562	205.461	547	266	5	818
2010	232.658	562	233.220	621	302	5	929
2015	256.747	562	257.309	685	334	6	1.025
2020	283.331	562	283.893	756	368	7	1.130

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto na composição das demandas do município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme apresentado no Capítulo 4 (item 4.1.2.9), como não existem estimativas oficiais da composição das demandas por localidade, as áreas críticas de abastecimento são definidas em função do uso e ocupação do meio físico, da seguinte maneira:

- na região que circunscreve as áreas urbanas dos principais distritos (*i.e.* Maracanaú e Pajuçara), onde se concentra a maioria da população; e,
- às margens das rodovias que cortam o município, onde se concentra a infra-estrutura do setor industrial.

Nestas regiões, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando este sistema fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Contudo, constata-se a falta de planejamento e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros, mesmo com o reforço do açude de Aracoiaba, as águas subterrâneas também deverão ser vistas como um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que o seu aproveitamento seja devidamente planejado e que os mananciais sejam protegidos contra os efeitos das altas taxas de urbanização e crescimento populacional.

5.1.1.3.10 - Município de Maranguape

O município de Maranguape possui uma taxa de urbanização de 74,05% e taxa geométrica de crescimento anual total de 2,32% (*e.g.* IBGE, 2000). A população residente na sede municipal (cerca de 52% da população total) é atendida essencialmente pelo sistema superficial, representado pelo açude Acarape do Meio, destinando uma vazão de aproximadamente 140

L/s (equivalente a cerca de 48% de sua demanda total no ano de 2000). Os demais distritos (*i.e.* Amanari, Antônio Marques, Cachoeira, Itapebessu, Jubaia, Ladeira Grande, Lages, Lagoa do Juvenal, Manoel Guedes, Papara, Penedo, Sapupara, São João do Amanari, Tanques, Umarizeiras e Vertentes do Lajedo) são altamente dependentes de águas subterrâneas para suprir as suas demandas.

Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 52% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novos projetos de estruturas de reservação superficial. Assim, para os demais horizontes, o sistema Acarape do Meio deverá manter a mesma capacidade instalada para atender as demandas futuras, fazendo com que as águas subterrâneas passem a ser mais requisitadas para esta função. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.21.

Tabela 5.21 - Projeção das demandas para o município de Maranguape

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	65.268	22.867	88.135	156	107	21	284
2005	72.132	24.069	96.201	171	117	22	310
2010	79.139	25.312	104.451	185	127	24	337
2015	84.335	26.524	110.860	197	135	26	357
2020	89.873	27.794	117.667	209	143	27	379

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto na composição das demandas do município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme apresentado na caracterização do uso e ocupação do meio físico (item 4.1.2.10), não existem estimativas oficiais da composição das demandas por localidade, e nestas por setor. Sendo assim, a áreas crítica de abastecimento em Maranguape é definida da seguinte maneira:

- em função da necessidade de atendimento das populações de seus principais distritos, dentre eles Penedo e Lagoa do Juvenal.

Neste caso, constata-se que a sede municipal é plenamente atendida pelo sistema superficial (açude Acarape do Meio) e os outros distritos contam com o sistema da pequena açudagem para atendimento de suas demandas (*e.g.* açudes Amanari, Umarizeiras e Cavalcanti Ribeiro).

Na região crítica definida acima, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o sistema superficial fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Contudo, constata-se, de maneira geral, a falta de planejamento adequado e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros isto pode por em risco o potencial de atendimento das demandas, seja pela ineficiência do sistema superficial e/ou pela má utilização dos aquíferos.

5.1.1.3.11 - *Município de Pacajus*

Segundo dados de IBGE (2000), o município de Pacajus possui uma densidade demográfica de 182,94 hab/km², taxa de urbanização de 77,83% e taxa geométrica de crescimento anual total de 3,69%. As populações urbanas e rurais de todos os seus distritos (*i.e.* Pacajus, Itaipaba e Pascoal) são amplamente dependentes das águas subterrâneas para o atendimento das demandas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 77% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novos projetos de estruturas de reservação superficial. Assim, para os demais horizontes, o sistema integrado Pacajus/Horizonte/Chorozinho que atende o município, com ETA em Horizonte, deverá manter a mesma capacidade instalada para atender as demandas futuras (73,0 L/s), com as águas subterrâneas passando a ser mais requisitadas para esta função (TAB. 5.22).

Tabela 5.22 - Projeção das demandas para o município de Pacajus

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	34.301	9.769	44.070	80	233	5	317
2005	39.189	9.542	48.730	88	257	5	351
2010	44.201	9.319	53.521	97	283	6	385
2015	47.360	9.102	56.462	102	298	6	406
2020	50.744	8.891	59.635	108	315	7	429

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda industrial consiste na de maior vulto no município, seguida pelas demandas doméstica e animal. Conforme a caracterização apresentada no Capítulo 4 (item 4.1.2.11), e dada a dependência das populações locais em relação aos recursos hídricos subterrâneos, as áreas críticas de abastecimento em Pacajus são definidas:

- nas regiões que circunscrevem a sede municipal, onde se concentra cerca de 91% da população total (urbana e rural) e o distrito industrial; e,
- nas regiões que circunscrevem as sedes distritais de Pascoal e Itaipaba.

No cenário atual destas regiões, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são reforçadas durante os períodos de estiagem prolongada, devido a queda da vazão instalada para atendimento das demandas do município. Neste período, o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado, muitas vezes, sem o conhecimento hidrogeológico necessário. Dessa maneira, constata-se a falta de planejamento e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros, como não há projeções de apoio de águas superficiais, as águas subterrâneas continuarão sendo um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecidas as suas disponibilidades.

5.1.1.3.12 - Município de Pacatuba

O município de Pacatuba possui uma densidade demográfica de 376,52 hab/km² e taxa de urbanização de 90,97% (e.g. IBGE, 2000). A população residente na sede municipal (cerca de 22% da população total) é atendida essencialmente pelo sistema superficial, representado pelo açude Acarape do Meio, destinando uma vazão de aproximadamente 28 L/s (equivalente a cerca de 20% da demanda total no ano de 2000). Já os demais distritos (i.e. Monguba, Pavuna e Senador Carlos Jereissati) são atendidos pelo sistema integrado Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião, o qual forneceu cerca de 80,0 L/s no ano de 2000 (equivalente a 57% da demanda total do município). Em todos os casos, constata-se ainda a dependência com as águas subterrâneas para suprir as demandas restantes. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 23% da demanda total do município (TAB. 5.11).

Para os demais horizontes, o sistema Acarape do Meio deverá manter a mesma capacidade instalada para atender apenas as demandas futuras da sede municipal. Já os distritos abastecidos pelo sistema integrado deverá contar com um incremento devido ao reforço do açude de Aracoiaba, minimizando, a curto prazo, a dependência com as águas subterrâneas. A longo prazo, percebe-se que a falta de novos projetos de estruturas de reservação superficial para atendimento das demandas municipais fará com que as águas subterrâneas passem a ser mais requisitadas para esta função, tanto na sede quanto nos demais distritos. As demandas atuais e futuras projetadas para este município são apresentadas na TAB. 5.23.

Tabela 5.23 - Projeção das demandas para o município de Pacatuba

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	47.028	4.668	51.696	99	37	4	140
2005	53.808	4.575	58.383	112	42	5	158
2010	61.199	4.485	65.683	126	47	5	178
2015	67.967	4.396	72.362	139	52	6	196
2020	75.483	4.308	79.792	153	57	6	216

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica consiste na de maior vulto na composição das demandas do município, seguida pelas demandas industrial e animal. Conforme a caracterização apresentada no Capítulo 4 (item 4.1.2.12), como não existem estimativas oficiais da composição das demandas por localidade, e nestas por setor, as áreas críticas de abastecimento em Pacatuba são definidas:

- em função da necessidade de atendimento das populações da sede municipal, haja vista que não há projetos futuros de implementação da oferta hídrica por parte dos reservatórios superficiais.

Neste cenário, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o sistema superficial fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Contudo, constata-se, de maneira geral, a falta de planejamento adequado e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros isto pode por em risco o potencial de atendimento das demandas, seja pela ineficiência do sistema superficial e/ou pela má utilização dos aquíferos.

5.1.1.3.13 - Município de São Gonçalo do Amarante

O município de São Gonçalo do Amarante possui uma densidade demográfica de 42,28 hab/km² e taxa de urbanização de 62,0% (e.g. IBGE, 2000). As populações urbanas e rurais de todos os seus distritos (i.e. São Gonçalo do Amarante, Croatá, Pecém, Serrote, Siupé, Taíba e Umarituba) são amplamente dependentes das águas subterrâneas para o atendimento das demandas. Em 2000, foi registrada uma taxa de utilização das águas subterrâneas equivalente a cerca de 69% da demanda total do município (TAB. 5.11), a qual deve ser mantida aproximadamente constante no ano de 2005, devido a ausência de novos projetos de

estruturas de reservação superficial. Para os demais horizontes, o sistema integrado que atende apenas a sede e o distrito de Pecém, representado pelo sistema Sítios Novos/Pecém, deverá manter a mesma capacidade instalada para atender as demandas futuras, com as águas subterrâneas passando a ser mais requisitadas para esta função em todo o município (TAB. 5.24).

Tabela 5.24 - Projeção das demandas para o município de São Gonçalo do Amarante

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
	Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
2000	22.077	13.531	35.608	60	482	6	548
2005	33.044	14.772	47.815	80	648	9	736
2010	47.263	16.052	63.315	106	857	11	975
2015	56.378	17.122	73.501	123	995	13	1.132
2020	67.251	18.265	85.516	143	1.158	15	1.317

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Pela referida tabela, percebe-se que em todos os horizontes de projeção a demanda industrial consiste na de maior vulto na composição das demandas do município, seguida pelas demandas doméstica e animal. Conforme a caracterização apresentada no Capítulo 4 (item 4.1.2.13), as áreas críticas de abastecimento em São Gonçalo do Amarante são definidas:

- em função da necessidade de atendimento das populações da sede municipal e dos distritos de Pecém, Siupé e taíba, que juntos concentram mais de 60% da população total do município, haja vista também o grande potencial industrial e turístico da região; e,
- a região que circunscreve os distritos de Serrote, Croata e Umarituba, onde se concentra a atividade agropastoril e o restante da população do município.

Nas regiões apontadas em São Gonçalo do Amarante, as deficiências do sistema de abastecimento superficial são amplamente sentidas durante os períodos de estiagem prolongados, quando o sistema superficial fica com a sua capacidade comprometida e o sistema subterrâneo passa a ser mais requisitado. Contudo, constata-se, de maneira geral, a falta de planejamento adequado e conhecimento específico sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Em cenários futuros isto poderá por em risco a capacidade de atendimento das demandas, seja pela ineficiência do sistema superficial e/ou pela má utilização dos aquíferos.

5.1.2 - Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento (Micro-Áreas Estratégicas)

5.1.2.1 - Definição Preliminar

Na Região Metropolitana de Fortaleza foram definidas, preliminarmente, 31 áreas potencialmente estratégicas de abastecimento, as quais foram chamadas de micro-áreas estratégicas de acordo com a sua distribuição por município (TAB. 5.25).

Tabela 5.25 - Identificação e localização das micro-áreas estratégicas na RMF

Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Localização	Área (km ²)
01		MA1-AQU	NE do Açude Pacoti	27,4
02	Aquiraz	MA2-AQU	Lagoa do Meio	14,6
03		MA3-AQU	Beach Park	19,2
04		MA4-AQU	Lagoa Juçara	43,1
05		MA1-CAUC	Lagoa Pabuçu	31,7
06	Caucaia	MA2-CAUC	Catuama – Sítios Novos	80,0
07		MA3-CAUC	Tabapuã	26,3
08		MA4-CAUC	Praia do Icarai	10,0
09		MA5-CAUC	Praia do Parazinho	17,7
10	Chorozinho	MA1-CHO	Rch. Curral Velho	35,8
11	Eusébio	MA1-EUS	WNW a 3km da sede	1,5
12	Fortaleza	MA1-FOR	Pici	1,4
13		MA2-FOR	Praia de Iracema	4,0
14		MA3-FOR	Papicu- Cidade 2000	9,1
15		MA4-FOR	Barra do Cocó	1,7
16		MA5-FOR	Jardim Cearense	2,7
17		MA6-FOR	Passaré	2,1
18		MA7-FOR	Cambeba	1,8
19		MA8-FOR	Sabiaguaba	1,4
20	Guaiúba	MA1-GUA	Distrito Água Verde	36,1
21	Horizonte	MA1-HOR	SW da sede	67,9
22	Itaitinga	MA1-ITA	sede	9,4
23	Maracanaú	MA1-MARAC	NNW da sede	19,4
24	Maranguape	MA1-MARAN	Amanari	17,0
25		MA2-MARAN	sede	27,8
26	Pacajus	MA1-PACAJ	Lagoa Curimatá	54,7
27		MA2-PACAJ	Centro da sede	32,0
28	Pacatuba	MA1-PACAT	Leste da sede	26,6
29	São Gonçalo do Amarante	MA1-SGA	Litoral	73,6
30		MA2-SGA	Rch. Cedro	22,6
31		MA3-SGA	Lagoa Grossa	34,3

Fonte: GOLDER/PIVOT (2005a).

A especificação destas áreas potencialmente estratégicas foi realizada independentemente da caracterização das áreas críticas de abastecimento apresentadas no item anterior. Ela se deu a partir da análise das informações coletadas no cadastro de poços da **RMF** (GOLDER/PIVOT, 2005a), envolvendo a caracterização dos sistemas hidrogeológicos da região, com suas respectivas capacidades de produção de água, em quantidade e qualidade. Para tanto, foram considerados os três critérios técnicos descritos no item 2.4 (*i.e.* critério vazão dos poços; critério qualidade das águas subterrâneas; e, critério conhecimento do sistema aquífero),

enfocando os aspectos relativos de capacidade de produção e de qualidade das águas subterrâneas nos respectivos sistemas aquíferos.

A TAB. 5.26 apresenta uma caracterização geral destas micro-áreas, por município, com base nos critérios técnicos descritos acima. Já a distribuição das mesmas, por município na **RMF**, pode ser visualizada no mapa DE-A02-01 (ANEXO II).

Tabela 5.26 - Definição e caracterização geral das micro-áreas estratégicas na RMF (continua)

Município	Micro-Área Estratégica	Caracterização Geral
Aquiraz	MA1-AQU	Destacam-se 2 poços tubulares com vazões acima de 5,0 m ³ /h, com máximo de 10,0 m ³ /h que captam águas das unidades Barreiras e Cristalino (fissural). O nível estático denota um aquífero raso, cujas profundidades de nível da água oscilam de 3,0 a 15,0 metros. A profundidade dos poços oscila entre 40,0 e 80,0 m. As medidas de STD denotam valores predominantemente inferiores a 500 mg/L. A partir dos trabalhos de campo desenvolvidos pelo Cadastro de Poços obtiveram-se informações de vazões que atingem até 20,0 m ³ /h.
	MA2-AQU	Apresenta 3 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h, máxima de 5,5 m ³ /h, que também captam águas das unidades Barreiras e Cristalino (fissural). O nível estático, nos dados obtidos, oscila de 9,0 a 26,5 metros. A profundidade dos poços varia entre 15,0 a 79,0 metros, captando águas cujos valores de STD são predominantemente inferiores a 500 mg/L.
	MA3-AQU	Apresenta 16 poços tubulares profundos (profundidades oscilando de 7,0 a 63,0 metros) com vazões acima de 5,0 m ³ /h, chegando a 30 m ³ /h, que captam águas das unidades Dunas, Paleodunas e Barreiras de excelentes concentrações de STD, todas inferiores a 500 mg/L.
	MA4-AQU	Destacam-se 6 poços tubulares profundos, cujas profundidades oscilam de 6,0 a 65,0 metros, com vazões acima de 4,3 m ³ /h, máxima de 7,0 m ³ /h, oriundas das unidades Dunas, Paleodunas e Barreiras. As águas possuem valores de STD predominantemente inferiores a 500 mg/L.
Caucaia	MA1-CAUC	Destacam-se 82 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h que captam água das unidades Barreiras e/ou Cristalino (fissural).
	MA2-CAUC	Destacam-se 7 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h que captam água da Unidade Cristalino (fissural).
	MA3-CAUC	Destacam-se 20 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h que captam água das unidades Barreiras e/ou Cristalino (fissural).
	MA4-CAUC	Destacam-se 7 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h que captam água das unidades Dunas e/ou Barreiras.
	MA5-CAUC	Destaca-se uma bateria com 5 poços tubulares pertencentes a CAGECE que captam água da Unidade Dunas com vazões acima de 20,0 m ³ /h/poço.
Chorozinho	MA1-CHO	Destacam-se 5 poços tubulares profundos com profundidades que atingem 76,0 metros, construídos na Unidade Barreiras. O nível estático atinge até 17,0 metros e as águas possuem valores de STD predominantemente superiores a 500 mg/L.
Eusébio	MA1-EUS	Apresenta um poço com vazão acima de 5,0 m ³ /h que capta água da Unidade Cristalino (fissural). A profundidade dos poços da região oscila até 80,0 metros.
Fortaleza	MA1-FOR	Destacam-se 10 poços tubulares profundos que captam água das unidades Dunas, Paleodunas e/ou Barreiras. A profundidade dos poços oscila entre 20,0 a 102,0 metros. O nível estático atinge até 13,0 metros e as vazões dos poços atingem até 22,6 m ³ /h. Os valores de STD são, predominantemente, inferiores a 500 mg/L.
	MA2-FOR	Destacam-se com 35 poços tubulares profundos que captam água das unidades Dunas, Paleodunas e/ou Barreiras. As profundidades dos poços alcançam até 80,0 metros. O nível estático está quase que totalmente inferior a 10,0 metros de profundidade, caracterizando aquíferos freáticos. Os valores de STD são, predominantemente, inferiores a 500 mg/L.
	MA3-FOR	Constitui-se em uma área de expansão imobiliária onde foram identificados 85 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h, alcançando um máximo de 52,8 m ³ /h. Encontra-se também, aí implantada, uma bateria de poços pertencentes à CAGECE que foi utilizada outrora como reforço ao sistema de abastecimento da região, estando hoje parcialmente desativada. Os poços alcançam profundidades de até 80,0 metros e as águas captadas possuem STD, predominantemente, inferior a 500 mg/L.

Fonte: compilado do cadastro de poços da **RMF** (GOLDER/PIVOT, 2005a).

Tabela 5.26 - Definição e caracterização geral das micro-áreas estratégicas na RMF (continuação)

Município	Micro-Área Estratégica	Caracterização Geral
Fortaleza	MA4-FOR	Na década de 90, durante um longo período de seca que ameaçou o sistema de abastecimento de água, a CAGECE implantou 3 baterias de poços tubulares rasos, que captavam água da Unidade Dunas, com os poços distribuídos paralelos à linha de costa, apresentando vazões em torno de 10 m ³ /h. Atualmente, apenas uma destas baterias está preservada estando entretanto desativada. No geral, os poços possuem profundidades inferiores a 30,0 metros, captando águas com STD inferior a 500 mg/L.
	MA5-FOR	Apresenta 5 poços tubulares profundos que atingem 90,0 metros de profundidade, com vazão acima de 5m ³ /h, chegando a 17,8 m ³ /h, construídos nos domínios da Unidade Cristalino (fissural). O STD é inferior a 500 mg/L.
	MA6-FOR	Apresenta 7 poços tubulares profundos implantados nos domínios da Unidade Cristalino (fissural), com profundidades que chegam a 120,0 metros, com vazão de até 11,6 m ³ /h e STD inferior a 500 mg/L.
	MA7-FOR	Apresenta 3 poços tubulares profundos, profundidade máxima de 80,0 metros, com vazões acima de 5 m ³ /h, alcançando 11,7 m ³ /h, que captam águas das unidades Barreiras e/ou Cristalino (fissural), com STD inferior a 500 mg/L.
	MA8-FOR	Apresenta uma bateria de poços, pertencente à CAGECE, que encontra-se desativada. A profundidade dos poços é, no geral, inferior a 30,0 metros, alcançando um máximo de 54,0 metros, com vazões que chegam a 13 m ³ /h. O nível estático, quase sempre, é inferior a 6,0 metros e as águas possuem STD inferior a 500 mg/L.
Guaiúba	MA1-GUA	Apresenta apenas um poço tubular profundo, com vazão entre 1,0 e 3,0 m ³ /h. Na escolha desta área, o que prevaleceu foi a necessidade e uso da água.
Horizonte	MA1-HOR	Apresenta 24 poços tubulares profundos com vazões acima de 5,0 m ³ /h, chegando a 15 m ³ /h, captando água da Unidade Barreiras. Os poços possuem profundidades que alcançam 117,0 metros. O nível estático oscila predominantemente entre 20,0 a 35,0 metros, alcançando 52,0 metros. As águas apresentam STD predominantemente inferior a 500 mg/L.
Itaitinga	MA1-ITA	Destacam-se 8 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h captando água da Unidade Cristalino (fissural).
Maracanaú	MA1-MARAC	Destacam-se 11 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h captando água da Unidade Cristalino (fissural).
Maranguape	MA1-MARAN	Destacam-se 3 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h captando água da Unidade Cristalino (fissural).
	MA2-MARAN	Destacam-se 11 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h captando água da Unidade Cristalino (fissural).
Pacajus	MA1-PACAJ	Apresenta 17 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h, alcançando 18,0 m ³ /h. A profundidade dos poços oscila, no geral, entre 40,0 e 70,0 metros. As águas são captadas das unidades Barreiras e/ou Cristalino
	MA2-PACAJ	Destacam-se 21 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h, chegando a 10,0 m ³ /h, captadas por poços com profundidades de até 84,0 metros nas unidades Barreiras e/ou Cristalino. As águas possuem STD, predominantemente, inferior a 500 mg/L.
Pacatuba	MA1-PACAT	Está totalmente inserida nos domínios da Unidade Cristalino, onde concentram-se 6 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h.
S. G. do Amarante	MA1-SGA	Foram identificados poços tubulares com vazões acima de 5m ³ /h. Existe, ainda, uma bateria de poços tubulares pertencentes à CAGECE situada nas proximidades da Lagoa das Cobras que produz vazões entre 10 a 18 m ³ /h, explotando as unidades Dunas e Paleodunas.
	MA2-SGA	Destacam-se 4 poços tubulares profundos com vazões acima de 5 m ³ /h construídos no embasamento cristalino.
	MA3-SGA	Destacam-se 04 poços tubulares profundos com vazões acima de 5m ³ /h construídos em rochas pertencentes ao embasamento cristalino.

Fonte: compilado do cadastro de poços da RMF (GOLDER/PIVOT, 2005a).

5.1.2.2 - Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas

Do volume total de água subterrânea que é produzida pelos mananciais da RMF, mais de 85% se destina ao consumo humano. Sendo assim, a qualidade constitui-se em um dos aspectos mais importantes para a caracterização das micro-áreas estratégicas.

Neste item apresenta-se uma descrição do sistema de monitoramento implantado, com os pontos monitorados, as campanhas realizadas e a consistência dos dados coletados. Além disso, apresentam-se também os resultados obtidos, inicialmente, com a caracterização do comportamento hidroquímico geral dos parâmetros monitorados e, posteriormente, com a caracterização da qualidade das águas subterrâneas em função dos parâmetros de maior interesse. Com base nisto, pretende-se estabelecer e hierarquizar o potencial qualitativo das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da **RMF**.

5.1.2.2.1 - Descrição do Sistema de Monitoramento Implantado

Conforme já apresentado no Capítulo 2 – item 2.4.1, em função do desconhecimento das condições de uso dos poços, fez-se necessária a implantação de uma rede de monitoramento, no tempo e no espaço, com a coleta de dados sobre alguns parâmetros hidroquímicos para a avaliação da qualidade das águas subterrâneas na **RMF**. A seleção dos poços para a implantação desta rede de monitoramento foi feita com base no cadastro de poços existentes e no panorama gerado pela caracterização preliminar das áreas potencialmente estratégicas. Além disso, buscou-se obedecer a uma ordem de critérios, prioritariamente estabelecidos, quais sejam: importância da área; dados disponíveis; e, capacidade de produção (item 2.4).

Assim, considerando os critérios acima, foram selecionados 200 poços na **RMF** para a implantação da rede de monitoramento, conforme apresentado na TAB. A01-1 (ANEXO I), sendo a distribuição dos mesmos mostrada no mapa DE-A02-01 (ANEXO II). Estes poços foram monitorados manualmente e as campanhas realizadas contemplaram 8 períodos intercalados (TAB. 5.27), onde a coleta de dados se deu de maneira irregular, devido a dificuldades encontradas em campo (*e.g.* poços temporariamente desativados; impedimento de acesso pelo proprietário). Para facilitar o tratamento dos dados, estes períodos foram transformados para uma data de referência, correspondente ao último dia de cada campanha.

Tabela 5.27 - Período e data de referência das campanhas de monitoramento na **RMF**

Campanha	Período de Realização	Data de Referência
1 ^a	entre os dias 06 e novembro e 22 de dezembro de 2003	22/12/2003
2 ^a	entre os dias 29 de janeiro e 01 de março de 2004	01/03/2004
3 ^a	entre os dias 21 e 28 de maio de 2004	28/05/2004
4 ^a	entre os dias 15 e 21 de setembro de 2004	21/09/2004
5 ^a	entre os dias 29 e novembro e 13 de dezembro de 2004	13/12/2004
6 ^a	entre os dias 25 de janeiro e 05 de março de 2005	05/03/2005
7 ^a	entre os dias 07 e 26 de abril de 2005	26/04/2005
8 ^a	entre os dias 10 de maio e 09 de junho de 2005	09/06/2005

Fonte: Compilado de GOLDER/PIVOT (2005a).

Ademais, observa-se uma descontinuidade de informações, tanto no espaço quanto no tempo, conforme mostra a TAB. 5.28.

Tabela 5.28 - Distribuição dos poços efetivamente monitorados, por município e por campanha realizada na RMF

Município	Micro-Área	Nº de Pontos	Pontos Monitorados por Campanha							
			1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
Aquiraz	MA1-AQU	3	3	3	-	3	3	2	3	3
	MA2-AQU	7	4	6	-	6	6	7	7	7
	MA3-AQU	4	1	3	-	3	3	3	3	3
	MA4-AQU	8	5	6	-	6	6	8	8	8
SUB-TOTAL		22	13	18	-	18	18	20	21	21
Caucaia	MA1-CAUC	32	20	31	31	-	32	31	30	31
	MA2-CAUC	2	2	2	1	-	2	2	2	2
	MA3-CAUC	8	5	8	7	-	8	5	7	8
	MA4-CAUC	5	1	2	2	-	2	5	5	5
	MA5-CAUC	14	4	13	12	-	13	14	14	14
SUB-TOTAL		61	32	56	53	-	57	57	58	60
Chorozinho	MA1-CHO	20	16	19	-	20	20	20	20	20
SUB-TOTAL		20	16	19	-	20	20	20	20	20
Eusébio	MA1-EUS	1	-	-	-	1	-	1	-	-
SUB-TOTAL		1	-	-	-	1	-	1	-	-
Fortaleza	MA1-FOR	8	3	4	7	-	7	8	8	8
	MA2-FOR	2	1	1	1	-	1	2	2	2
	MA3-FOR	3	2	2	2	-	2	3	3	3
	MA4-FOR	2	-	1	1	-	1	2	2	2
	MA5-FOR	4	4	4	4	-	4	4	4	4
	MA6-FOR	8	5	6	1	-	6	7	8	8
	MA7-FOR	2	1	2	2	-	2	2	2	2
	MA8-FOR	1	-	-	-	-	-	1	1	1
SUB-TOTAL		30	16	20	18	-	23	29	30	30
Guaiúba	MA1-GUA	1	-	-	-	1	-	1	-	-
SUB-TOTAL		1	-	-	-	1	-	1	-	-
Horizonte	MA1-HOR	15	13	13	-	15	15	15	15	15
SUB-TOTAL		15	13	13	-	15	15	15	15	15
Itaitinga	MA1-ITA	1	1	1	1	1	1	-	1	1
SUB-TOTAL		1	1	1	1	1	1	-	1	1
Maracanaú	MA1-MARAC	3	-	1	-	1	1	2	3	3
SUB-TOTAL		3	-	1	-	1	1	2	3	3
Maranguape	MA1-MARAN	2	1	1	-	1	1	2	2	2
	MA2-MARAN	1	-	-	-	-	-	1	-	-
SUB-TOTAL		3	1	1	-	1	1	3	2	2
Pacajus	MA1-PACAJ	14	14	14	-	14	14	12	13	13
	MA2-PACAJ	16	11	13	-	16	16	14	16	16
SUB-TOTAL		30	25	27	-	30	30	26	29	29
Pacatuba	MA1-PACAT	1	-	-	-	-	-	1	-	-
SUB-TOTAL		1	-	-	-	-	-	1	-	-
São Gonçalo do Amarante	MA1-SGA	9	1	1	8	-	1	7	9	9
	MA2-SGA	1	-	-	-	-	-	1	-	-
	MA3-SGA	2	2	2	-	-	2	2	2	2
SUB-TOTAL		12	3	3	8	-	3	10	11	11
TOTAL		200	120	159	80	88	169	185	190	192

Fonte: Compilado de GOLDER/PIVOT (2005a).

Na primeira campanha, apenas 120 poços foram efetivamente monitorados. A partir da segunda campanha, alguns dos problemas observados anteriormente foram sanados, e então o número de poços efetivamente monitorados passou a ser de 159. As duas campanhas seguintes (terceira e quarta campanhas) foram interrompidas na metade dos trabalhos, devido a problemas ocorridos com a sonda multi-sensores, tendo sido monitorados 80 e 86 poços, respectivamente. Nas campanhas seguintes (quinta, sexta, sétima e oitava campanhas) o número de poços efetivamente monitorados aumentou, passando a ser de 169, 185, 190 e 192, respectivamente.

Os resultados destas campanhas, com a identificação dos poços efetivamente monitorados e os dados que foram coletados, são mostrados nas TAB. A01-2 a TAB. A01-9 (ANEXO I). A partir da interpretação dos dados coletados nestas campanhas é que se faz a caracterização do comportamento hidroquímico na **RMF** e nas suas respectivas micro-áreas estratégicas.

5.1.2.2.2 - Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas

O comportamento hidroquímico das águas subterrâneas na **RMF** será descrito tanto no tempo quanto no espaço. Para descrever a evolução temporal dos parâmetros monitorados, inicialmente serão considerados os seus valores mínimos, máximos e médios. Posteriormente, será feita uma análise integrada dos dados coletados, buscando caracterizar o comportamento dos valores medidos pela correlação entre os parâmetros de interesse. Já para avaliar a distribuição espacial dos dados obtidos, serão consideradas as isolinhas geradas pela interpolação das médias dos valores coletados para cada ponto.

Consideram-se ainda os critérios de potabilidade e de classificação das águas, segundo estabelecem as normas brasileiras (*e.g.* Portaria N° 518, do Ministério da Saúde; e, Resolução N° 20, do **CONAMA**). Além disso, para facilitar a caracterização do comportamento hidroquímico, será considerada a seguinte ordem de apresentação para os parâmetros monitorados, qual seja: T, pH, OD, NH₃, NO₃⁻, Cl⁻, e STD.

Temperatura da Água

Com relação ao comportamento dos valores médios de temperatura da água, pode-se distinguir dois comportamentos distintos (TAB. 5.29 – Figura 5.2). O primeiro, com temperaturas médias mais baixas, referindo-se aos períodos de ocorrência de chuvas na região, compreende a segunda, terceira e quinta campanhas. Por sua vez, o segundo, com

temperaturas médias um pouco mais elevadas compreende as demais campanhas, referindo-se ao período onde a ocorrência das chuvas foi mais restrita.

Tabela 5.29 - Valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de Temperatura (°C)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	27,7	33,5	30,4
2ª (01/03/04)	26,3	32,5	29,9
3ª (28/05/04)	28,4	32,4	30,0
4ª (21/09/04)	27,2	32,9	30,4
5ª (13/12/04)	28,7	31,9	30,2
6ª (05/03/05)	29,1	33,0	30,6
7ª (26/04/05)	28,2	32,4	30,4
8ª (09/06/05)	29,4	32,0	30,4

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

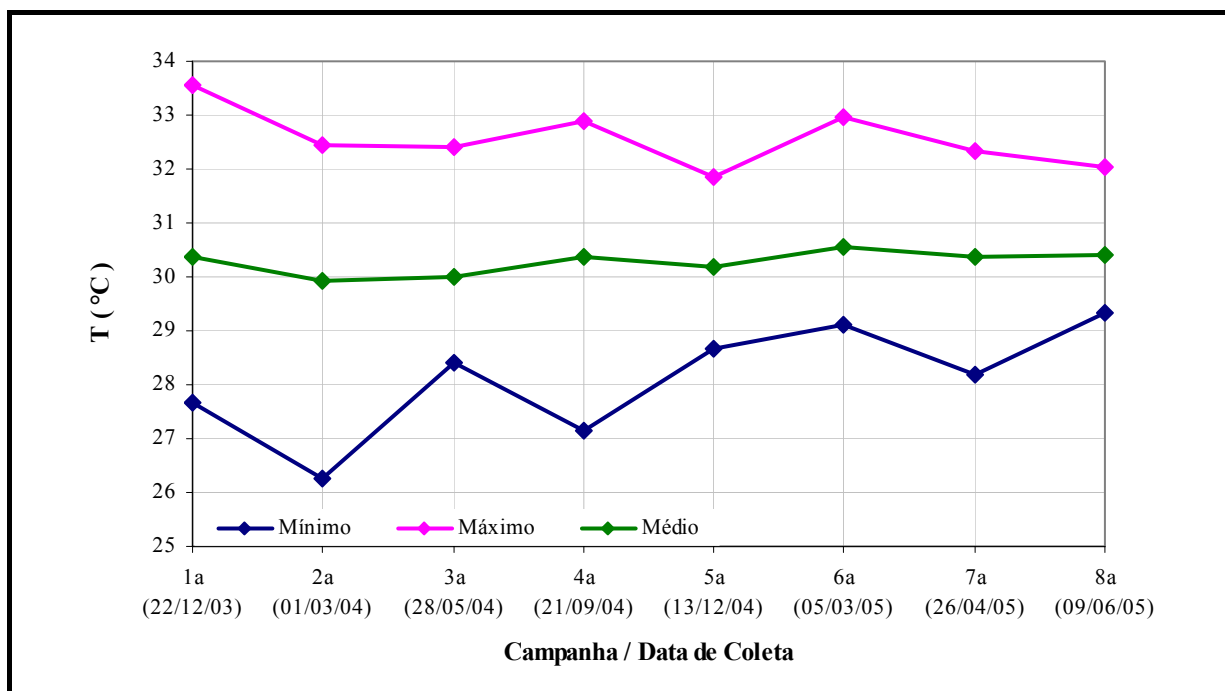


Figura 5.2 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento que foram realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Como não foi possível proceder à coleta dos dados sobre o nível d'água nos pontos de monitoramento, devido ao risco de perder o equipamento de medição durante este processo, a análise da influência da profundidade na variação da temperatura da água subterrânea (*i.e.* grau geotérmico) é feita a partir dos dados de profundidade dos poços (Figura 5.3). Esta análise tem um caráter aproximativo, uma vez que o nível de exploração é sempre superior à

profundidade total dos poços. No entanto, acredita-se que essa análise possa fornecer resultados passíveis de interpretação, pois a coleta das amostras se deu a partir da profundidade de instalação dos equipamentos de bombeamento, que, muitas vezes, é próxima da profundidade total do poço.

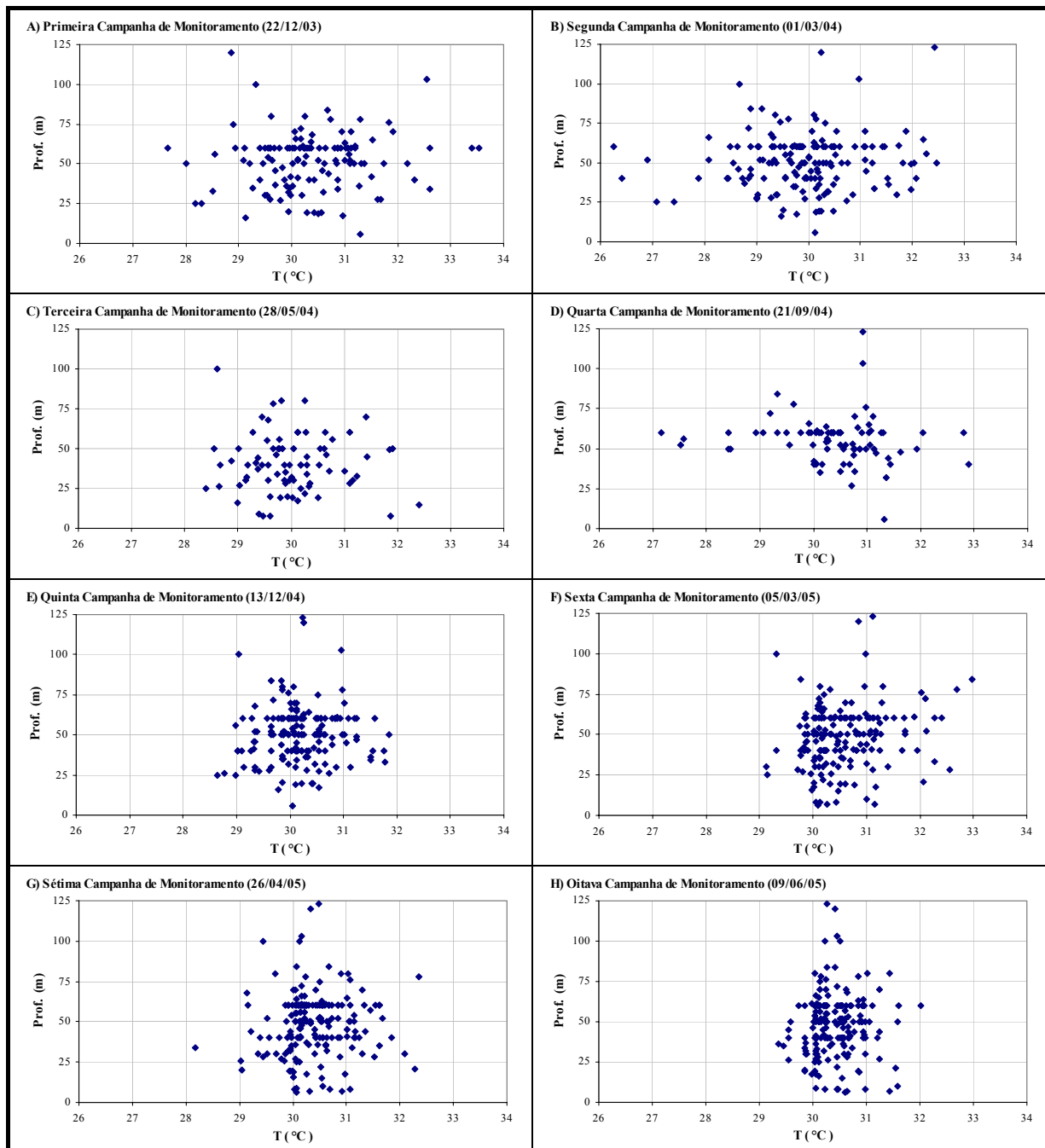


Figura 5.3 - Correlação dos valores de temperatura da água com a profundidade dos poços monitorados na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Posto isto, pela Figura 5.3 pode-se observar que em qualquer das campanhas realizadas não existe uma tendência aparente de aumento ou diminuição da temperatura da água subterrânea

em função da profundidade dos poços. Isto sugere que o grau geotérmico tenha pouca influência sobre a variação da temperatura, devido a pequena profundidade da maioria dos poços, e corrobora a idéia de que, na verdade, ela seja mais influenciável pela variação da temperatura atmosférica, que apresenta valores médios anuais na faixa de variação de $30 \pm 5^\circ\text{C}$, para a região de sertão, e de $27 \pm 5^\circ\text{C}$, para a zona litorânea. De fato, quando se avalia a distribuição espacial dos valores médios de temperatura da água (Figura 5.4), observa-se que as maiores temperaturas são registradas pontualmente, como por exemplo, na região de sertão dos municípios de Maranguape, Caucaia e Guaiúba, próximo à divisa entre as bacias de São Gonçalo, Pacoti e do Sistema Ceará/Maranguape. Nestes locais, a temperatura média das águas subterrâneas é comumente superior a $31,0^\circ\text{C}$ (Figura 5.4).

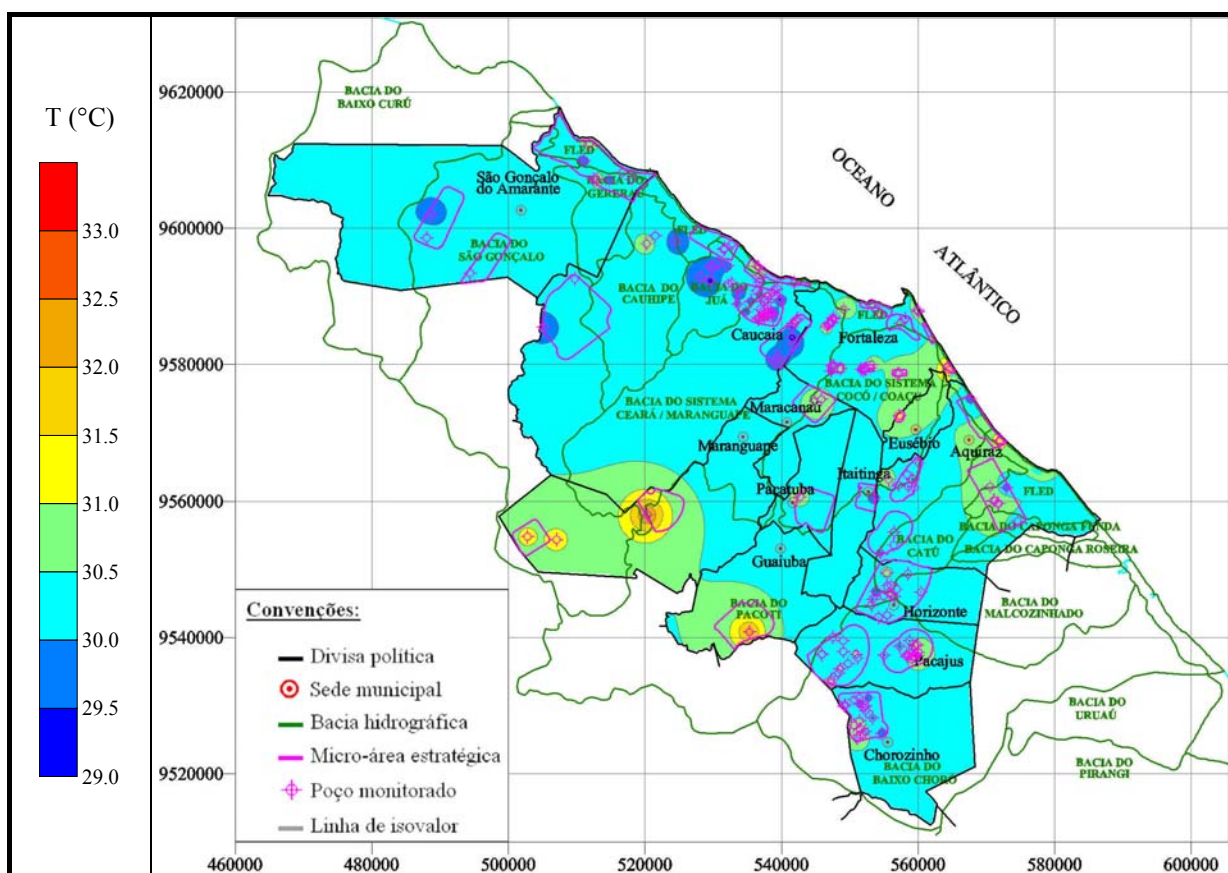


Figura 5.4 - Distribuição espacial dos valores médios de temperatura das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

Como descrito no Capítulo 4 (item 4.1.1.4), as temperaturas médias mais elevadas, tanto das águas subterrâneas quanto da atmosfera, se devem à baixa altitude ($< 400\text{m}$), à alta evapotranspiração e aos baixos valores de umidade relativa do ar. Assim, percebe-se que os aspectos climáticos influenciam na variação da temperatura das águas subterrâneas.

Potencial Hidrogeniônico

De uma maneira geral, pela TAB. 5.30, observa-se que a distribuição dos valores médios de pH se manteve dentro da faixa normal de variação para as águas subterrâneas, que é descrita comumente entre 5,0 e 8,0 (*e.g.* FEITOSA & MANUEL FILHO, 1998). No entanto, quando se verifica os valores mínimos e máximos, percebe-se que alguns pontos apresentaram pH mais ácido ou mais alcalino, dependendo do período monitorado. Neste caso, nota-se que no auge do período chuvoso (maio) as águas subterrâneas se mostraram mais ácidas (Figura 5.5).

Tabela 5.30 - Valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de pH		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	5,0	7,6	6,6
2ª (01/03/04)	4,8	8,0	6,6
3ª (28/05/04)	4,6	7,6	6,3
4ª (21/09/04)	6,4	8,9	7,7
5ª (13/12/04)	5,1	8,0	6,7
6ª (05/03/05)	5,2	8,7	6,8
7ª (26/04/05)	5,1	8,8	6,8
8ª (09/06/05)	5,0	8,0	6,7

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

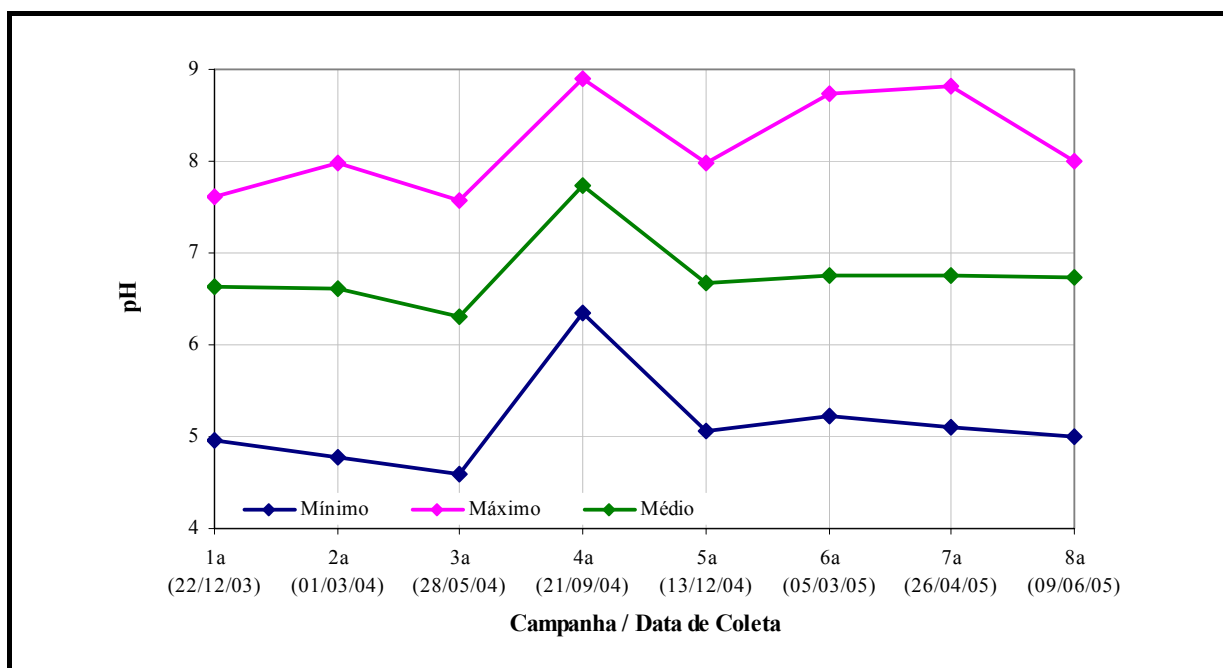


Figura 5.5 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

O fato descrito acima seria resultante da introdução de águas recentes no aquífero (águas de chuva), com concentrações mais elevadas de CO₂, promovendo a diminuição pH. Em contraposição, no auge do período seco (setembro), nota-se uma elevação dos valores de pH,

correspondendo a um período de produção de águas mais alcalinas (Figura 5.5), estando associado à ocorrência de reações de equilíbrio entre a água e o meio geológico. Ademais, a correlação dos valores de pH com os valores de temperatura da água (Figura 5.6) mostra que, aparentemente, estes dois parâmetros não têm relação. No entanto, pode-se observar que no período onde a faixa de variação da temperatura é mais ampla (período chuvoso) os valores de pH tendem a ser menores. Em contraposição, no período onde a faixa de variação da temperatura é menor (período seco) os valores de pH da água tendem a ser maiores. Isto corrobora o comportamento sazonal observado anteriormente.

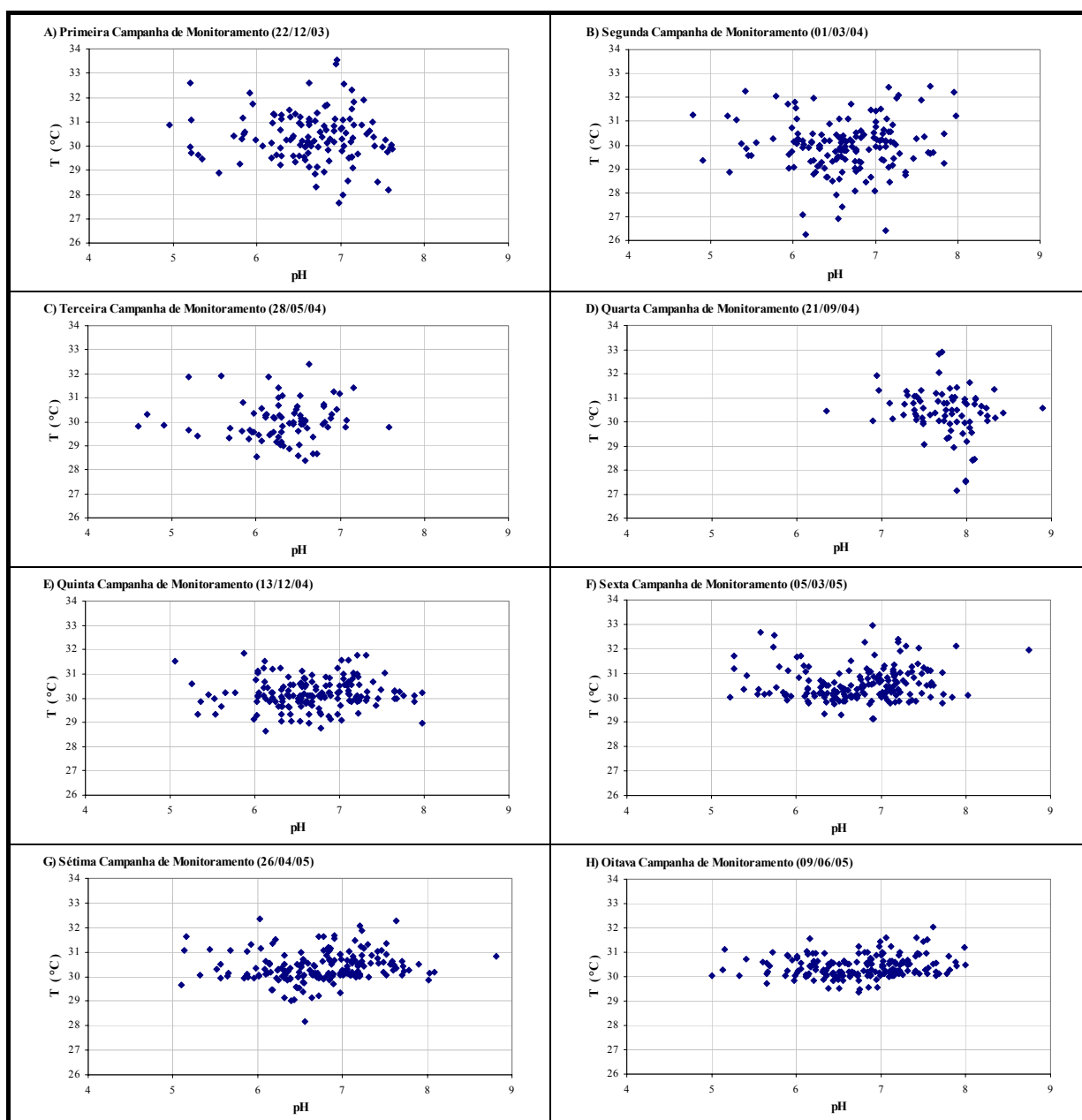


Figura 5.6 - Correlação dos valores de pH com os valores de temperatura da água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Por outro lado, quando se avalia a distribuição espacial dos valores médios de pH (Figura 5.7), nota-se que as águas subterrâneas na porção central da Região Metropolitana de Fortaleza encontram-se, predominantemente, na faixa de transição entre ácidas e alcalinas (pH entre 6,5 e 7,5). Além disso, nota-se que na porção norte, onde ocorrem as rochas das unidades Dunas e Paleodunas (e.g. zona litorânea dos municípios de São Gonçalo do Amarante, Caucaia e Fortaleza), as águas tendem a ser mais ácidas, ao passo que na porção sul, onde predominam as rochas do embasamento cristalino e da Formação Barreiras (e.g. zona litorânea do município de Aquiraz; e zona sertaneja dos municípios de Guaiúba, Pacajus e Chorozinho), as águas tendem a ser mais alcalinas. Isto sugere a influência do meio geológico (como na concentração de sílica), afetando o pH das águas subterrâneas.

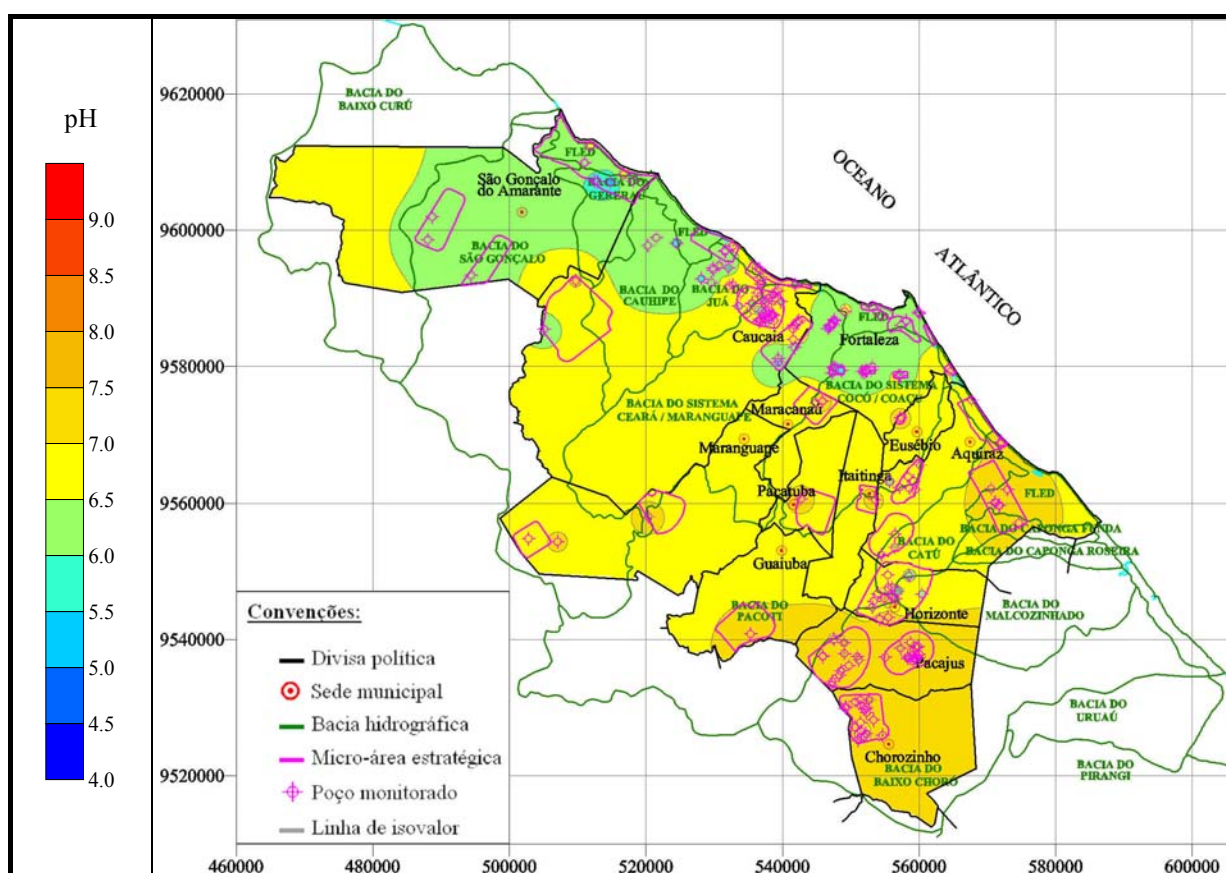


Figura 5.7 - Distribuição espacial dos valores médios de pH das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDBERGER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

Oxigênio Dissolvido

De uma maneira geral, pela TAB. 5.31, observa-se que a distribuição dos valores de OD se manteve dentro do limite normal esperado, ou seja, inferior à concentração de saturação de

oxigênio na água, que varia em função da temperatura e da pressão atmosférica, sendo de aproximadamente 8,0 mg/L na **RMF**, conforme descrito no Capítulo 2 (item 2.4.1.3).

Além disso, podem-se observar comportamentos diferenciados em dois períodos de monitoramento (Figura 5.8). Neste sentido, nota-se que no auge da estação chuvosa (mês de maio) as águas subterrâneas se mostraram com teores mais elevados de OD. Isto seria resultante da introdução de águas recentes do aquífero (águas de chuva), com concentrações mais elevadas de O₂. Em contraposição, no auge do período seco (mês de setembro), nota-se uma queda generalizada dos valores de OD, que estaria associada à perda de O₂ pela ocorrência de reações químicas, bem como à inexistência de uma fonte contínua de reposição.

Tabela 5.31 - Valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de OD (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	0,33	5,17	1,29
2ª (01/03/04)	0,99	2,41	1,57
3ª (28/05/04)	1,04	7,87	5,16
4ª (21/09/04)	0,35	2,85	0,96
5ª (13/12/04)	1,01	7,98	5,44
6ª (05/03/05)	1,65	7,91	5,73
7ª (26/04/05)	2,18	7,22	4,06
8ª (09/06/05)	1,25	5,65	3,39

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

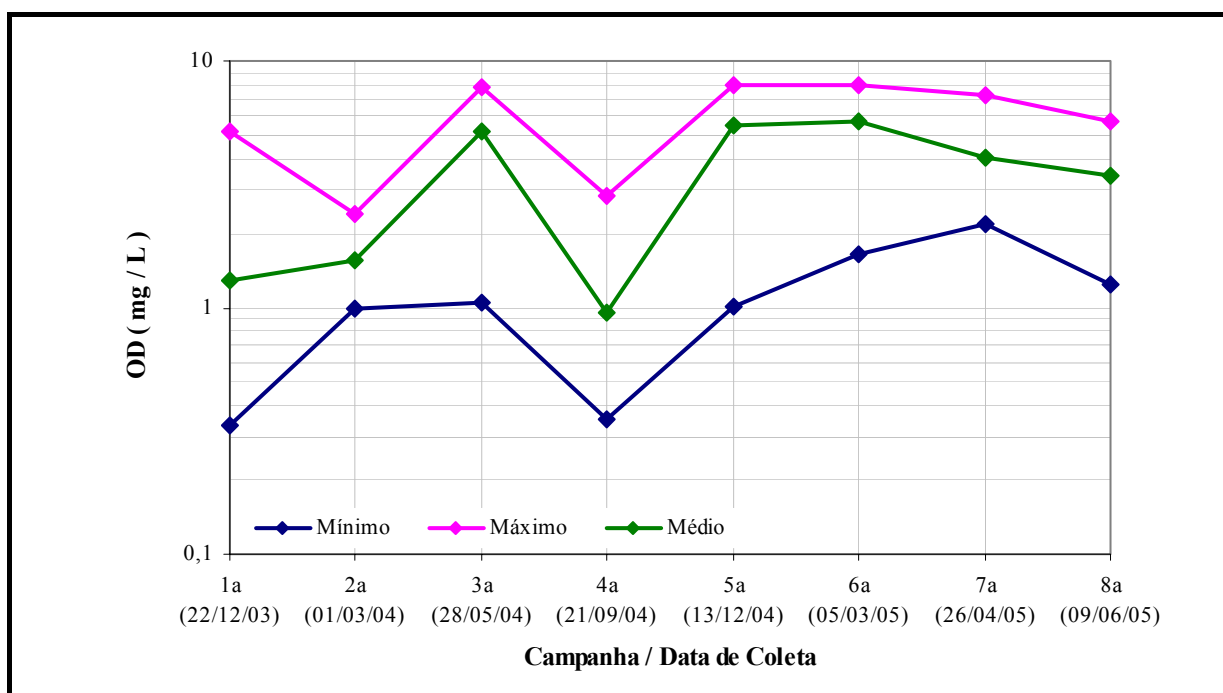


Figura 5.8 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.
Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Cabe ressaltar que o comportamento descrito acima é o inverso daquele observado para os valores de pH. Por esta razão, ao correlacionar estes dois parâmetros (Figura 5.9), nota-se na terceira e quarta campanhas (Figura 5.9C e D) um comportamento diferenciado. Na terceira campanha (auge do período chuvoso), os teores de OD tendem a ser maiores e os valores de pH menores. Em contraposição, na quarta campanha os teores de OD tendem a ser menores e os valores de pH maiores. Em princípio, isto estaria associado a um período mais seco, onde as águas subterrâneas passariam a se equilibrar com os íons dissociados do meio geológico.

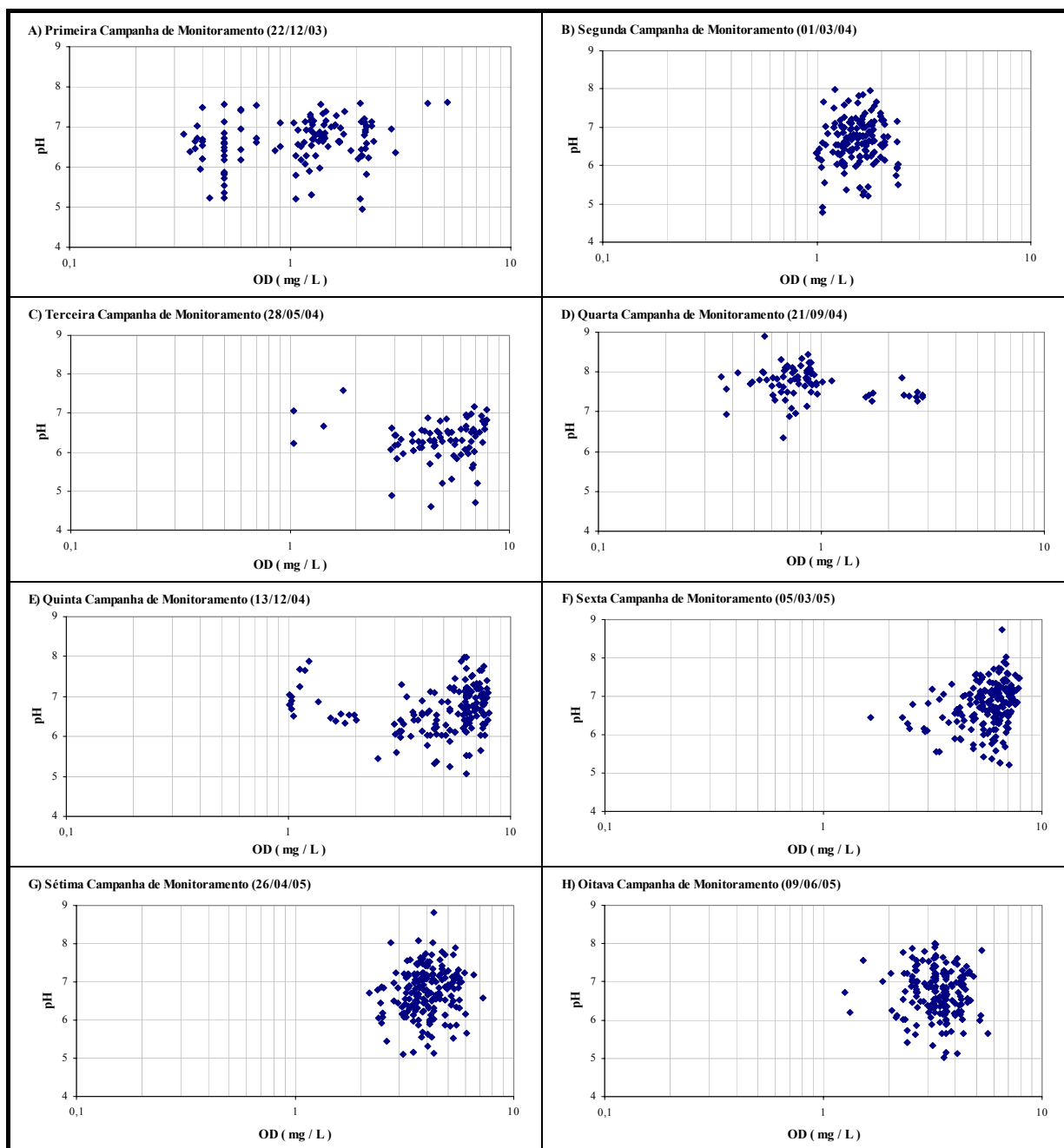


Figura 5.9 - Correlação dos valores de OD com os valores de pH da água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de **GOLDER/PIVOT** (2005a).

Por outro lado, a distribuição espacial dos valores médios de oxigênio dissolvido mostra uma predominância de teores inferiores a 5,0 mg/L (Figura 5.10). Estes valores são considerados normais porque a maior parte do oxigênio dissolvido na água que infiltra no solo é consumida na oxidação da matéria orgânica e por outras reações, durante a sua percolação pela zona de aeração. Apenas em porções específicas da **RMF** (por exemplo, em Maranguape, Guaiúba, Pacatuba e Eusébio) observa-se que os teores médios de OD se mostraram acima de 5,0 mg/L, podendo implicar em pontos de introdução contínua de águas superficiais no aquífero.

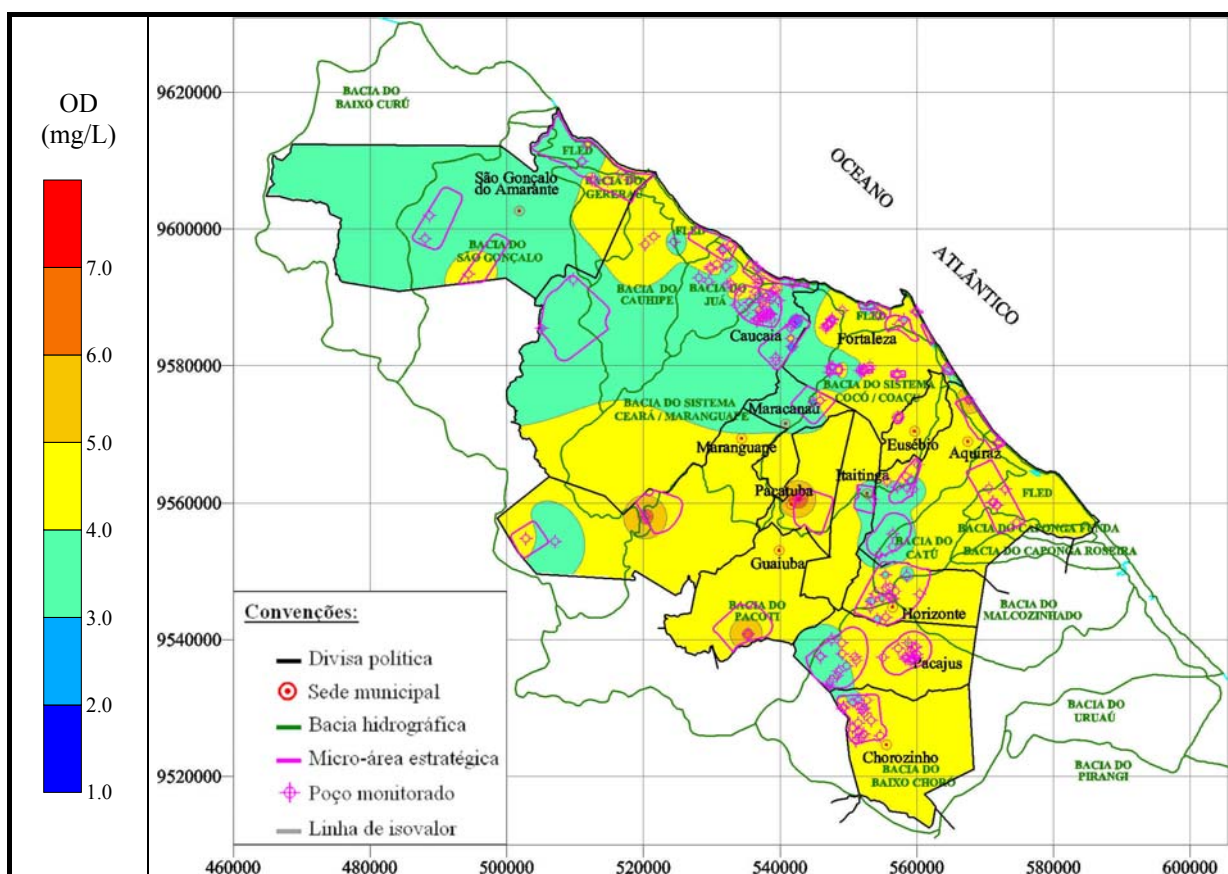


Figura 5.10 - Distribuição espacial dos valores médios de oxigênio dissolvido nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

Amônia

Pela variação dos valores mínimos, máximos e médios (TAB. 5.32), pode-se observar uma tendência de queda dos teores de amônia até a segunda campanha de monitoramento. A partir de então, nota-se uma tendência de crescimento dos teores, que se verifica até a quarta campanha de monitoramento. Então, na quinta campanha, se inverte de maneira generalizada, mostrando teores menores e, a partir da sexta campanha, volta a se estabilizar com teores maiores (Figura 5.11).

No caso dos períodos relacionados à segunda e quinta campanhas de monitoramento, mostrando teores mais baixos de NH_3 , acredita-se que o comportamento observado reflita uma aceleração do processo de oxidação da amônia, em função da percolação de águas de chuva com teores mais elevados de oxigênio dissolvido. Já nas demais campanhas, onde os teores de NH_3 tendem a se estabilizar com valores maiores, acredita-se que isto reflita um processo contínuo de percolação de águas residuárias e de lixiviação de solos com cargas excessivas de poluentes (*e.g.* esgoto doméstico), bem como a diminuição do processo de oxidação da amônia devido a ausência de oxigênio disponível para promover esta reação.

Tabela 5.32 - Valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH_3 , em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de NH_3 (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	1,51	40,20	8,93
2ª (01/03/04)	1,80	24,55	8,79
3ª (28/05/04)	5,00	37,95	15,90
4ª (21/09/04)	2,32	81,65	30,18
5ª (13/12/04)	1,95	24,21	8,91
6ª (05/03/05)	1,25	66,22	14,82
7ª (26/04/05)	1,12	59,86	11,01
8ª (09/06/05)	2,01	55,23	10,67

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

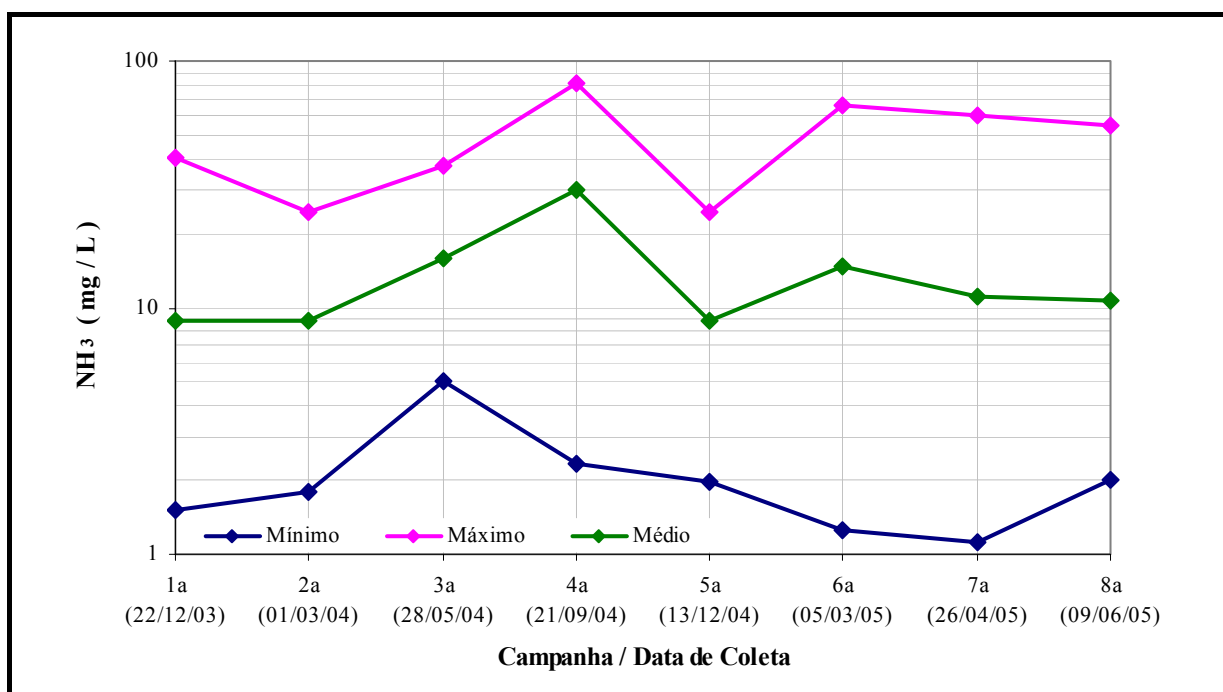


Figura 5.11 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH_3 , em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Quando se correlacionam os valores de amônia, NH_3 , com os valores de oxigênio dissolvido, OD (Figura 5.12), percebe-se o comportamento descrito acima. Neste caso, o comportamento é mais marcante na Figura 5.12D, onde se nota uma tendência de aumento dos teores de amônia com uma diminuição dos teores de OD, caracterizada no auge do período seco da região. Além disso, na segunda, terceira e quinta campanhas os valores de amônia tendem a ser menores que nos demais períodos, em função das reações de oxidação que acontecem devido a introdução de águas de chuva no sistema, com teores mais elevados de O_2 .

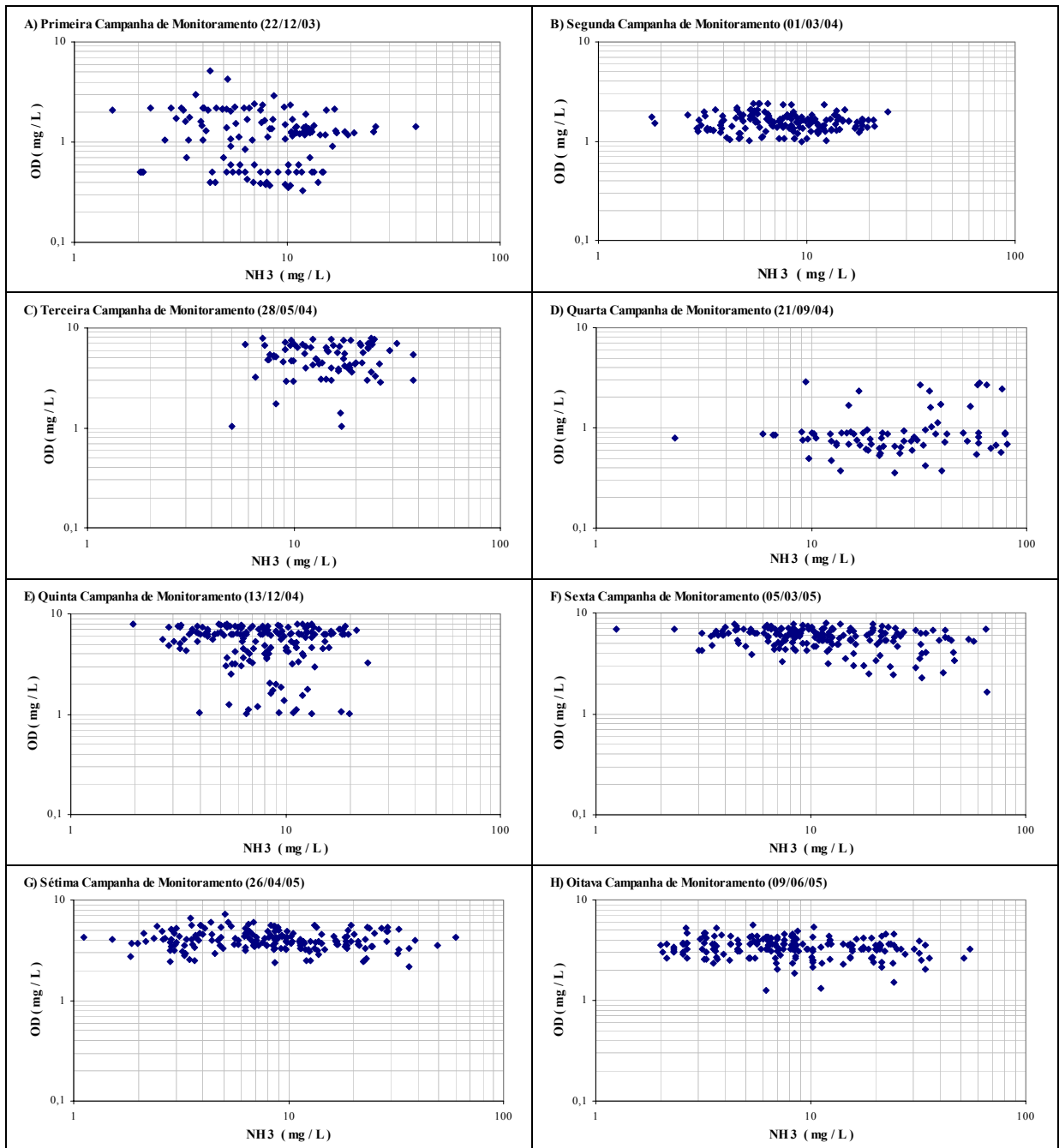


Figura 5.12 - Correlação dos valores de NH_3 com os valores de OD, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na RMF

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Além da variação temporal e espacial dos teores de amônia, os dados obtidos são avaliados em função do limite de potabilidade deste parâmetro (*i.e.* 1,5 mg/L – Portaria N° 518 do Ministério da Saúde), com o intuito de determinar o grau de poluição das águas subterrâneas em função da percolação de efluentes líquidos (*e.g.* esgoto doméstico).

Dessa maneira, em termos de padrões ambientais, percebe-se que os valores de NH₃ apresentam uma ampla variação, seja em relação aos pontos monitorados ou às campanhas realizadas. Quase sempre, estes valores encontram-se acima do padrão de potabilidade das águas (1,5 mg/L), conforme estabelecido pela Portaria N° 518, do Ministério da Saúde. Isto corrobora a existência de fontes contínuas na maior porção da Região Metropolitana de Fortaleza (*e.g.* fossas e esgotos domésticos), indicando a poluição recente das águas subterrâneas. Neste sentido, a interpolação dos valores médios de NH₃ (Figura 5.13), também mostra que as águas subterrâneas da **RMF** são muito susceptíveis à poluição, principalmente naqueles domínios associados às zonas urbanas e peri-urbanas dos municípios. Este fato se deve, essencialmente, à falta de saneamento básico apropriado.

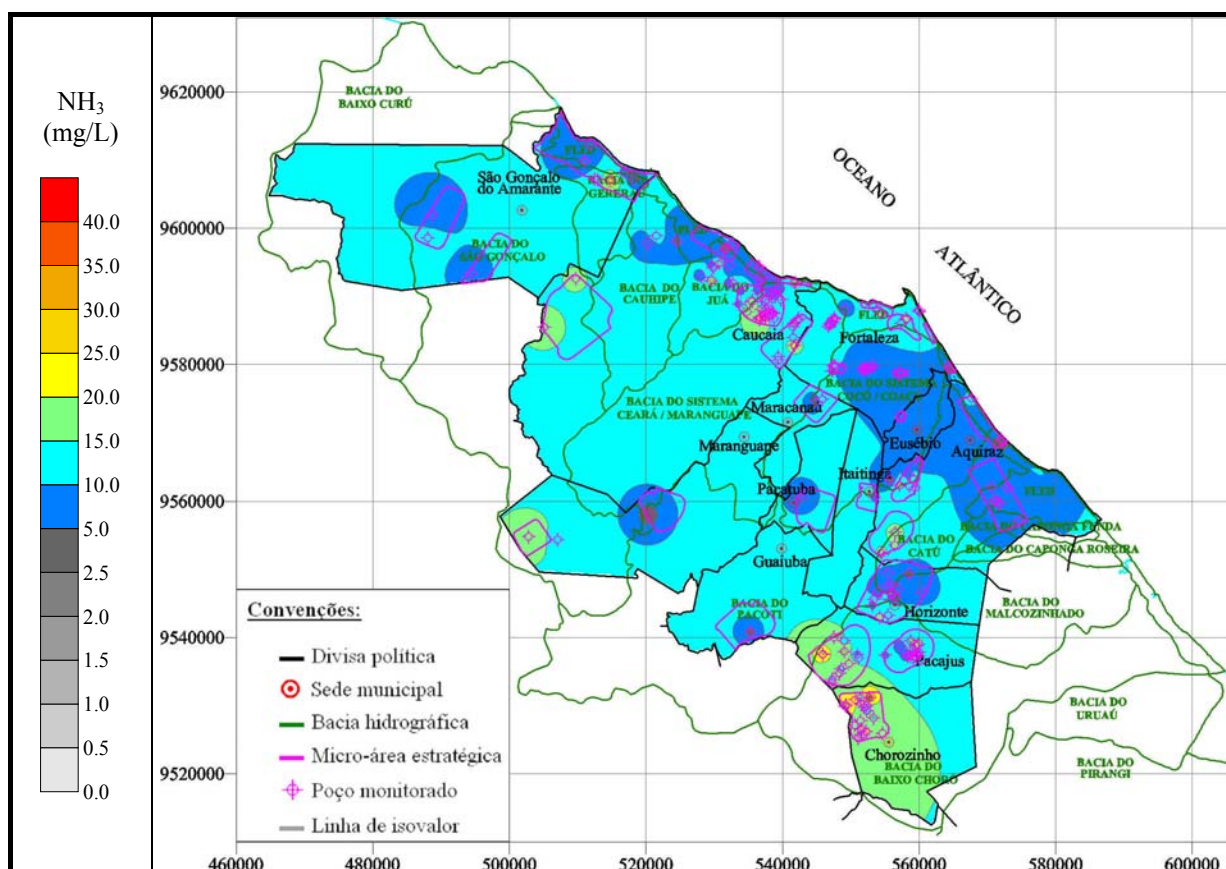


Figura 5.13 - Distribuição espacial dos valores médios de amônia nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

Nitrato

Pela variação dos valores mínimos, máximos e médios apresentados na TAB. 5.33, o comportamento mais marcante dos valores de nitratos acontece na quarta campanha de monitoramento (auge do período seco), quando se registra uma diminuição generalizada dos teores medidos (Figura 5.14). Em princípio, este comportamento estaria associado àquele descrito para os teores de NH_3 e de OD. Neste caso, como discutido no item anterior, acontece uma diminuição do processo de oxidação da amônia devido à falta de oxigênio suficiente para realizar esta reação. Isto reflete também na diminuição dos teores de nitratos, uma vez que ele se constitui numa forma reduzida de nitrogênio, proveniente principalmente da amônia.

Tabela 5.33 - Valores mínimos, máximos e médios de nitrato na água, NO_3^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de NO_3^- (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	0,56	87,10	17,87
2ª (01/03/04)	0,68	101,40	18,26
3ª (28/05/04)	1,12	99,95	22,14
4ª (21/09/04)	1,07	39,28	11,35
5ª (13/12/04)	1,07	72,65	18,08
6ª (05/03/05)	0,18	87,28	14,23
7ª (26/04/05)	0,11	68,95	11,39
8ª (09/06/05)	0,23	65,35	11,63

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

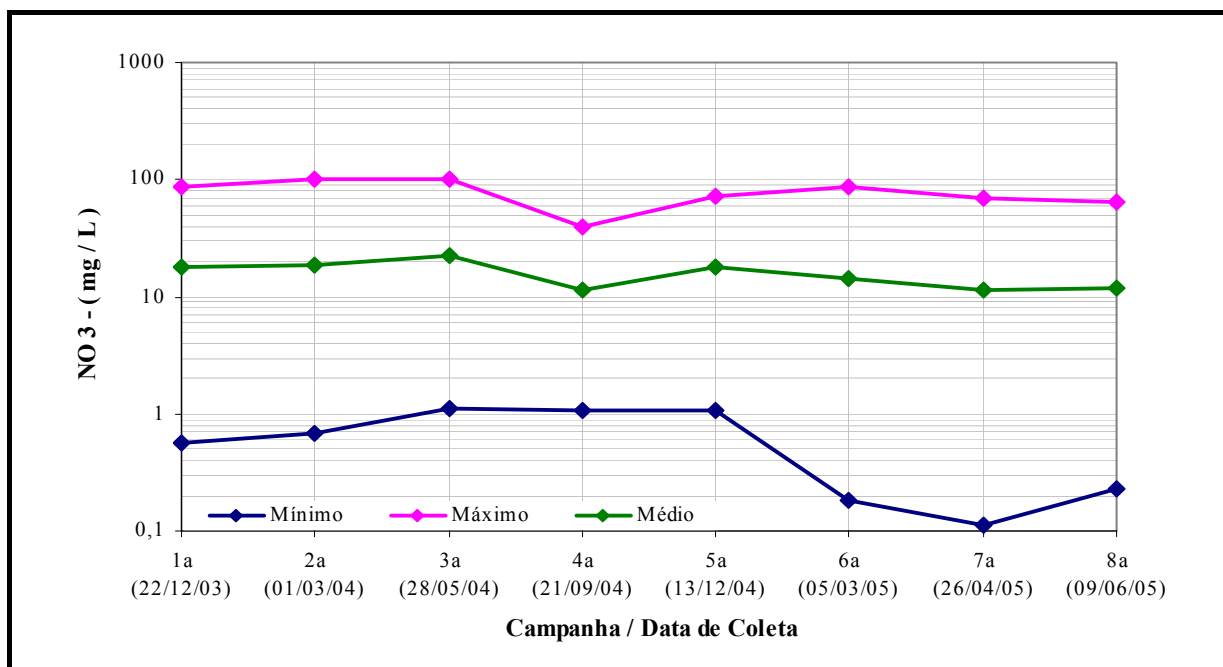


Figura 5.14 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de nitratos na água, NO_3^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Quando se plotam os valores de nitrato, NO_3^- , com os valores de amônia, NH_3 (Figura 5.15), percebe-se uma correlação clara entre estes parâmetros. Neste caso, ao longo do tempo, nota-se uma tendência acentuada de aumento dos teores de nitrato, em função dos teores de amônia. Isto ocorre porque à medida que a amônia é oxidada, surgem formas reduzidas de nitrogênio, como o nitrato. Assim, quanto maior a concentração de amônia na água, e havendo oxigênio disponível para oxidá-la, tanto maior será a concentração de nitrato, como mostra a Figura 5.15.

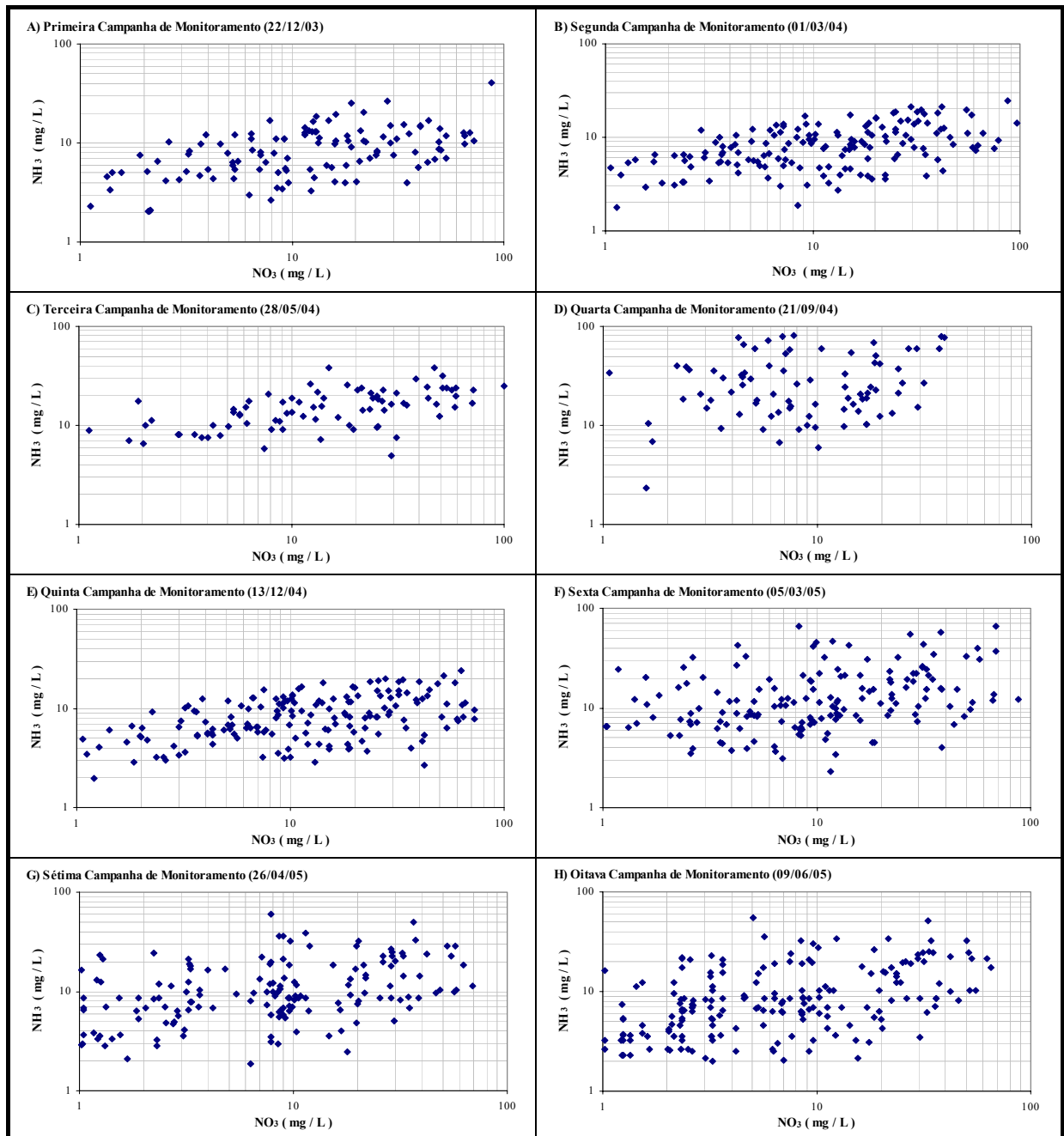


Figura 5.15 - Correlação dos valores de NO_3^- com os valores NH_3 na água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Por outro lado, uma vez que este comportamento se torna mais aparente no período seco da região, isto poderia indicar também uma diminuição do nível d'água no aquífero, promovendo a captura de águas em níveis mais profundos e menos afetados pela poluição. Considerando a distribuição espacial dos teores médios de nitrato, pode-se observar que as situações mais críticas são verificadas na porção mais ocidental da **RMF** (Figura 5.16), pois os valores médios encontram-se acima do padrão de potabilidade das águas (10 mg/L – Portaria N° 518, do Ministério da Saúde). Este comportamento sugere uma poluição remota que, aparentemente, reflete uma condição contínua nesta porção do sistema aquífero. Já na porção oriental, o comportamento dos valores médios de NO_3^- revela a presença de domínios com águas subterrâneas de boa qualidade ($\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$ – Figura 5.16).

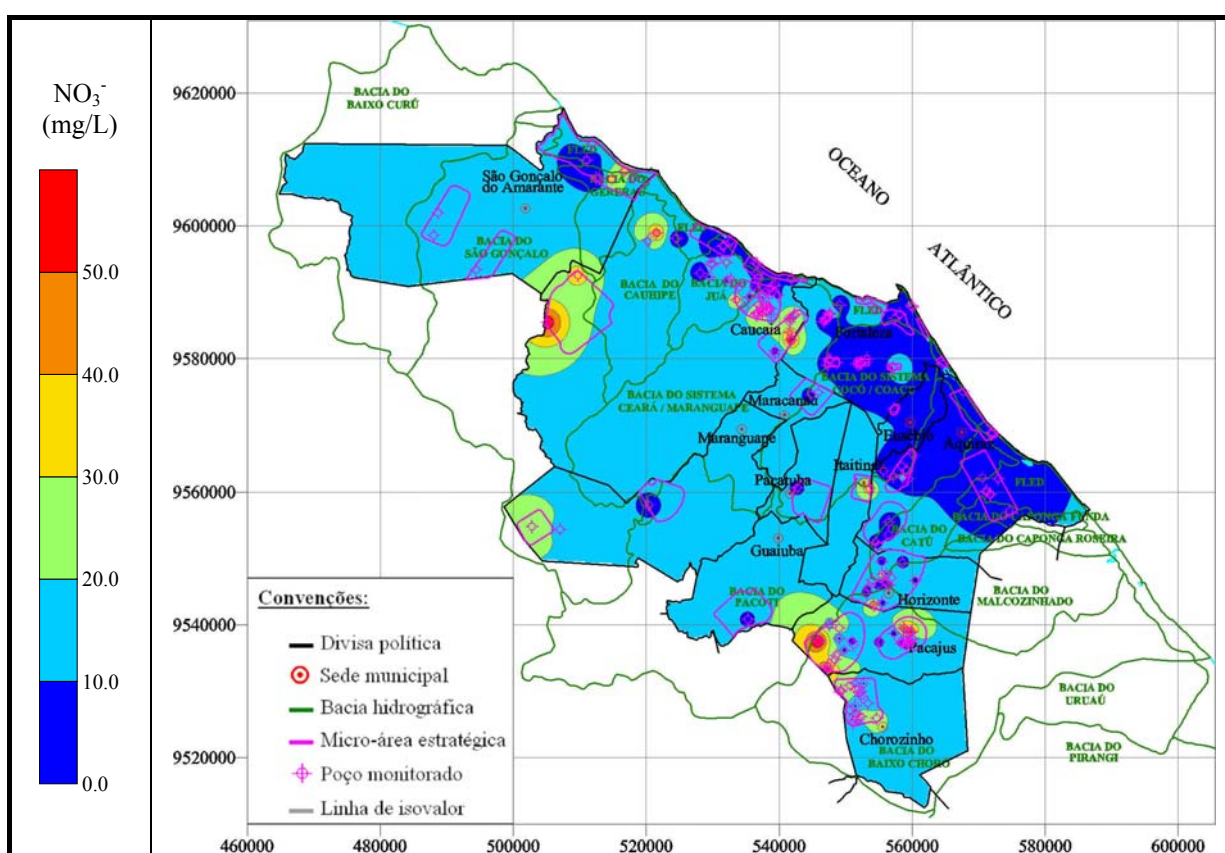


Figura 5.16 - Distribuição espacial dos valores médios de nitratos nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

Cloreto

Os valores de cloretos, Cl^- , foram monitorados apenas na segunda, terceira e quarta campanhas devido a problemas com o sensor específico da sonda utilizada para as medições. Da mesma forma que os valores de STD, estes dados serão utilizados como uma forma simples de avaliar a salinidade das águas. Para tanto, além do comportamento espacial e

temporal dos valores medidos, será apresentada uma caracterização em função do padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04). Posto isto, pela variação dos valores apresentados na TAB. 5.34, nota-se uma tendência de diminuição dos teores de Cl^- na terceira campanha de monitoramento. Esta tendência se inverte na quarta campanha, com a retomada do crescimento dos valores (Figura 5.17). Este comportamento estaria refletindo um processo de incorporação de águas recentes no aquífero. Aparentemente, este processo é imediato, ocorrendo apenas durante o período chuvoso da região.

Tabela 5.34 - Valores mínimos, máximos e médios de cloretos na água, Cl^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de Cl^- (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	-	-	-
2ª (01/03/04)	10,17	2.312,00	588,96
3ª (28/05/04)	7,73	1.650,00	240,13
4ª (21/09/04)	7,97	3.198,00	547,22
5ª (13/12/04)	-	-	-
6ª (05/03/05)	-	-	-
7ª (26/04/05)	-	-	-
8ª (09/06/05)	-	-	-

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

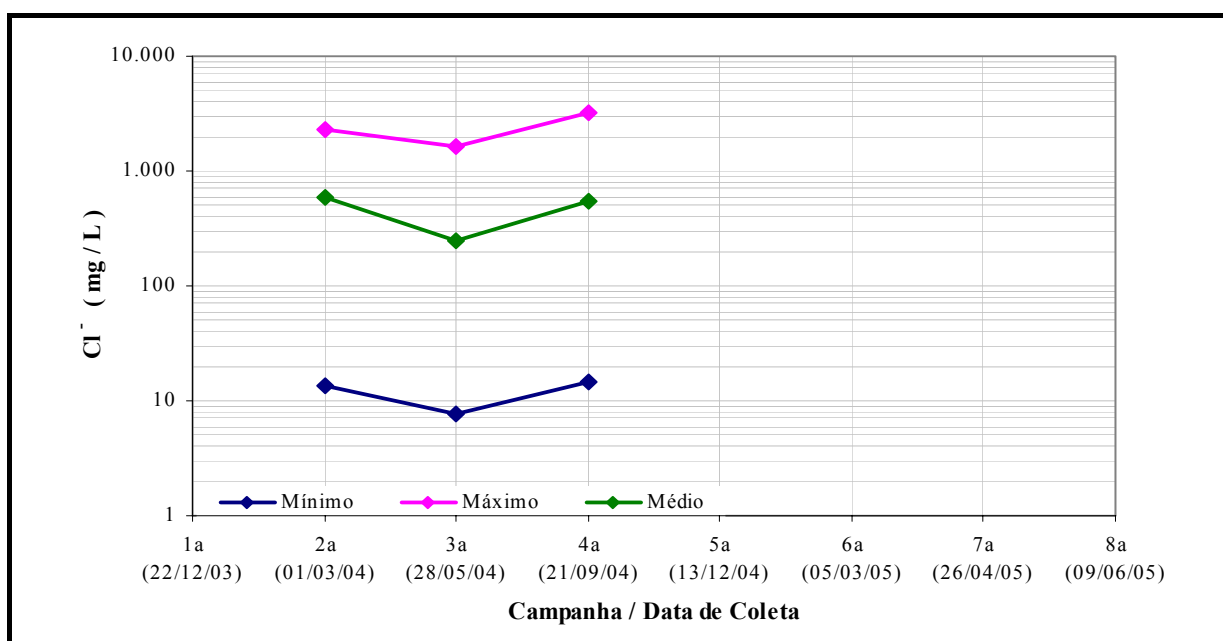


Figura 5.17 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de cloretos, Cl^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Uma caracterização mais ampla da variação dos valores de cloreto, Cl^- , pode ser obtida quando se avalia o seu comportamento em função dos valores correspondentes de nitratos,

NO_3^- (Figura 5.18). Esta figura demonstra uma tendência de aumento dos teores de cloreto com os de nitratos na água, indicando uma possível fonte em comum (e.g. esgoto doméstico).

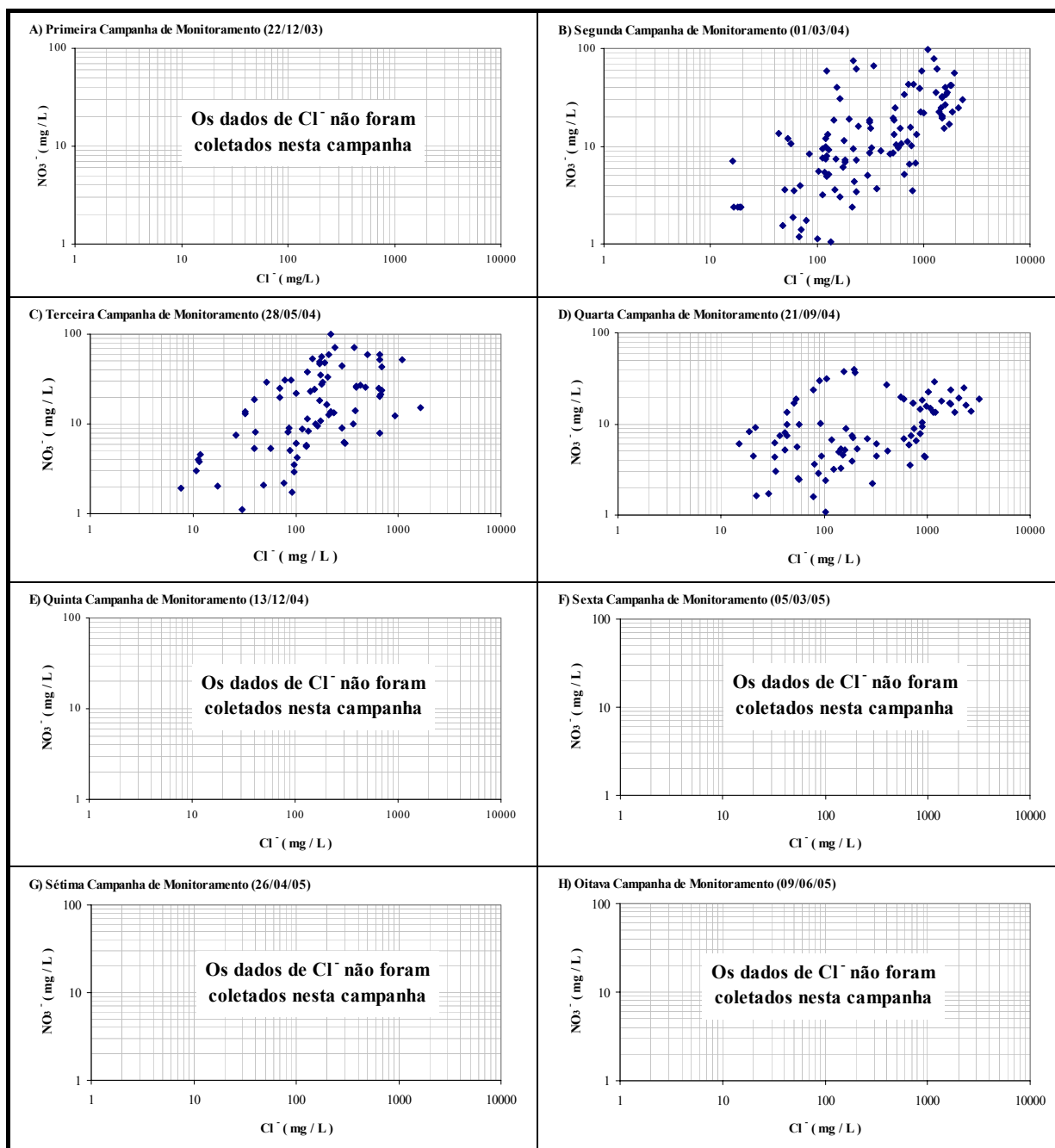


Figura 5.18 - Correlação dos teores de cloretos com os teores de nitratos na água, de acordo com as campanhas de monitoramento na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Considerando as três campanhas de medição executadas, percebe-se que a situação mais crítica, com relação à medida de cloretos, ou de salinidade das águas, verifica-se sempre na porção mais ocidental da Região Metropolitana de Fortaleza (Figura 5.19). Nesta porção, os valores médios de cloretos indicam concentrações acima do padrão de potabilidade das águas

(250,0 mg/L – Portaria N° 518, do Ministério da Saúde). Aparentemente, este comportamento não está relacionado a um período específico, podendo refletir uma condição contínua desta porção do sistema aquífero e ter relação direta com o meio geológico. De fato, as áreas com teores mais elevados de Cl⁻ se relacionam aos pontos localizados no cristalino, ou àqueles que atravessam as coberturas sedimentares e penetram no cristalino, captando água desta unidade. Já na porção mais oriental, onde ocorre a interface com o Oceano Atlântico e os principais centros urbanos da Região Metropolitana de Fortaleza, o comportamento observado foi bastante variável, muitas vezes, com valores de Cl⁻ inferiores a 250,0 mg/L, caracterizando as águas como apropriadas ao consumo humano direto, mas também revelando a possibilidade de intrusão da cunha salina pela presença de teores acima de 200 mg/L, principalmente, na zona litorânea dos municípios de Aquiraz, Fortaleza e Caucaia (Figura 5.19).

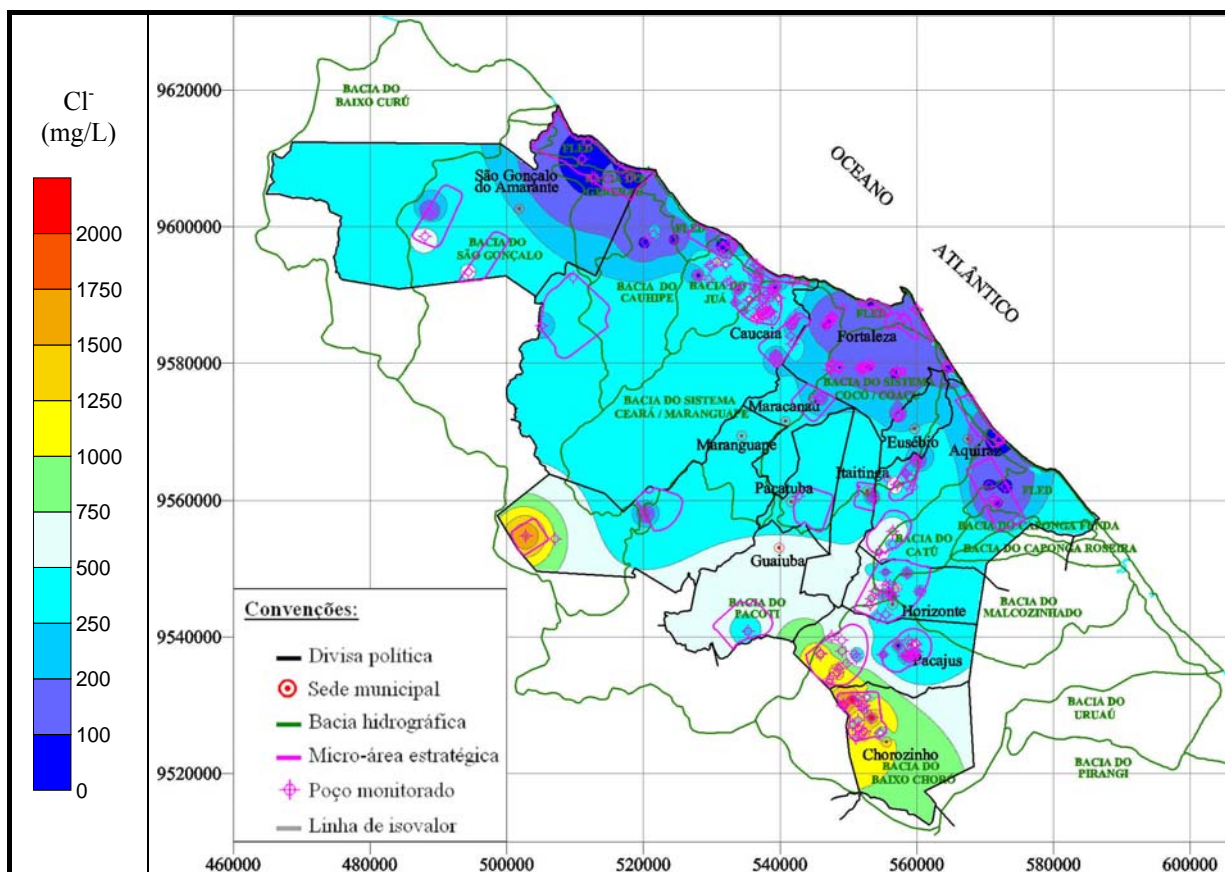


Figura 5.19 - Distribuição espacial dos valores médios de Cl⁻ nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

Sólidos Totais Dissolvidos

Os valores de sólidos totais dissolvidos, STD, serão utilizados como uma forma simples de avaliar a salinidade das águas. Para tanto, além do comportamento espacial e temporal dos

valores de STD, será apresentada uma caracterização em função da norma de classificação (Resolução N° 20, do CONAMA) e do padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde).

Pela variação dos valores apresentados na TAB. 5.35, nota-se uma tendência de diminuição dos teores de STD na terceira campanha, passando a se inverter a partir da quarta campanha, com a retomada do crescimento dos teores (Figura 5.20). Este comportamento é semelhante àquele observado para os cloretos, refletindo um processo de incorporação de águas recentes (águas de chuva), fazendo com que ocorra a diluição das concentrações de íons dissolvidos na água. Aparentemente, este processo é imediato e ocorre apenas durante o período chuvoso, após o qual as concentrações tendem a se reequilibrar.

Tabela 5.35 - Valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**

Campanha / Data de Coleta	Valores de STD (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (22/12/03)	42,90	5.346,25	1.161,71
2ª (01/03/04)	41,60	5.563,35	988,03
3ª (28/05/04)	46,15	2.844,40	583,01
4ª (21/09/04)	50,70	5.408,65	1.272,54
5ª (13/12/04)	44,20	5.522,40	954,37
6ª (05/03/05)	27,00	5.241,60	1.050,27
7ª (26/04/05)	21,00	5.198,70	966,77
8ª (09/06/05)	46,15	6.413,55	941,33

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

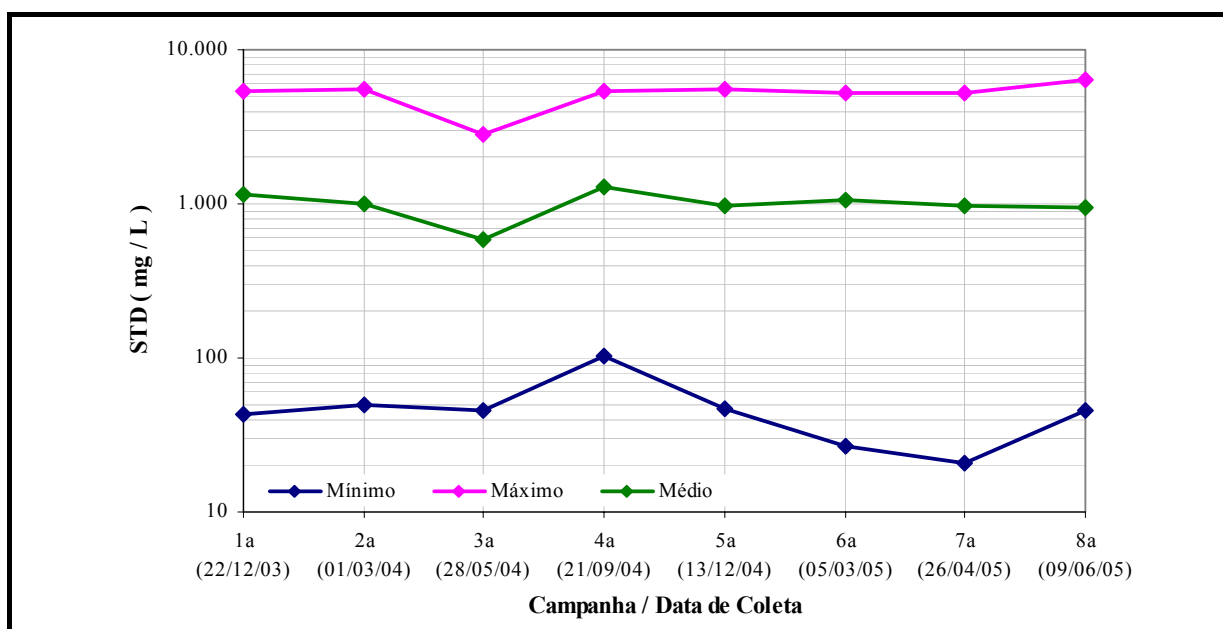


Figura 5.20 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.
Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Quando se avalia o comportamento dos valores de STD em função dos valores de nitratos e cloretos (Figuras 5.21 e 5.22), constata-se uma correlação clara entre estes parâmetros, que demonstra uma tendência de aumento de seus teores. Este comportamento pode ser explicado pela contribuição direta dos teores de nitratos e cloretos na concentração de íons dissolvidos na água. Além disso, nota-se que esta correlação ocorre ao longo de todas as campanhas de monitoramento que foram realizadas, comprometendo, de maneira contínua, porções específicas do sistema aquífero da **RMF**.

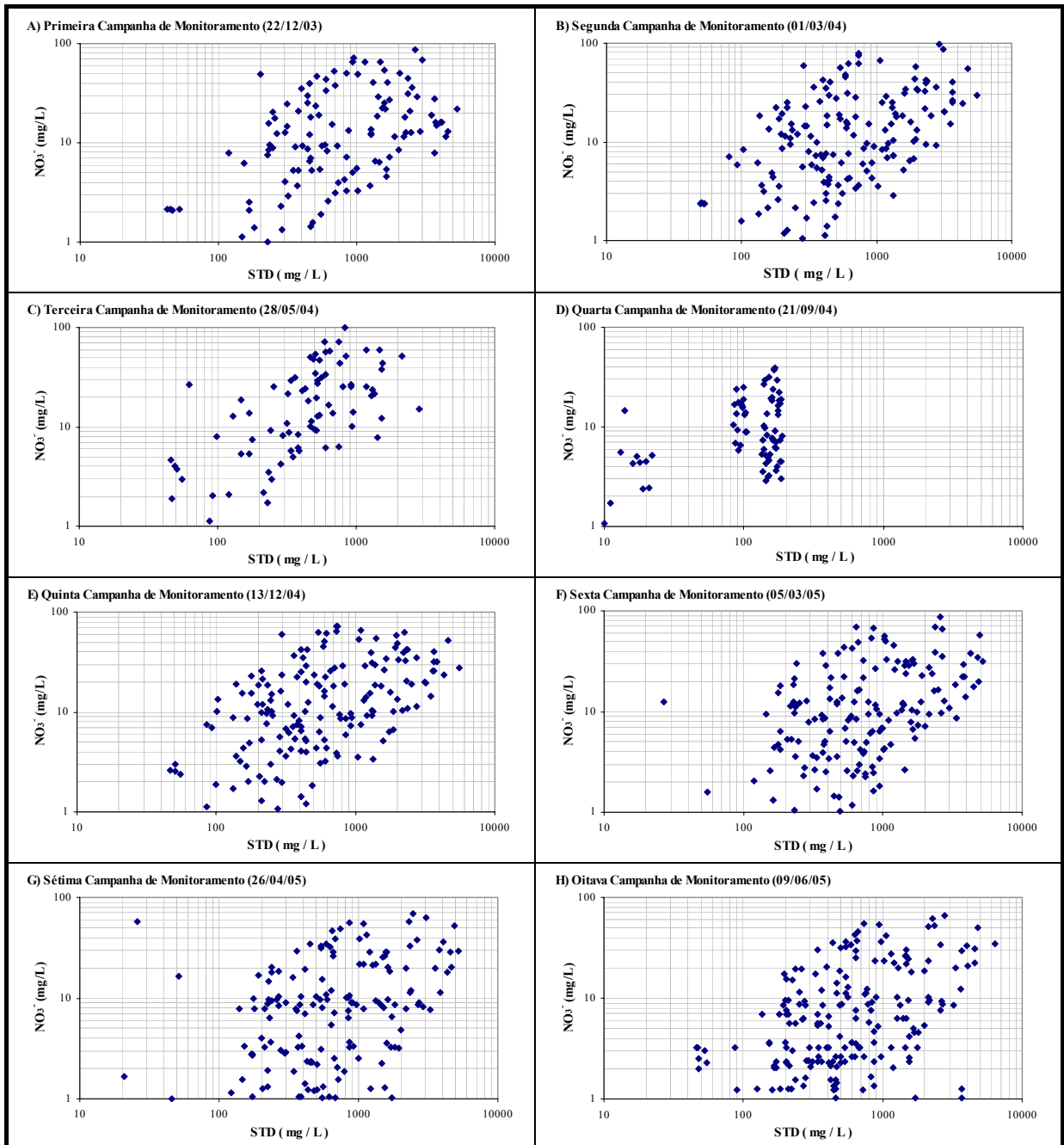


Figura 5.21 - Correlação dos teores de STD com os teores de NO₃⁻ na água, de acordo com as campanhas de monitoramento realizadas na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

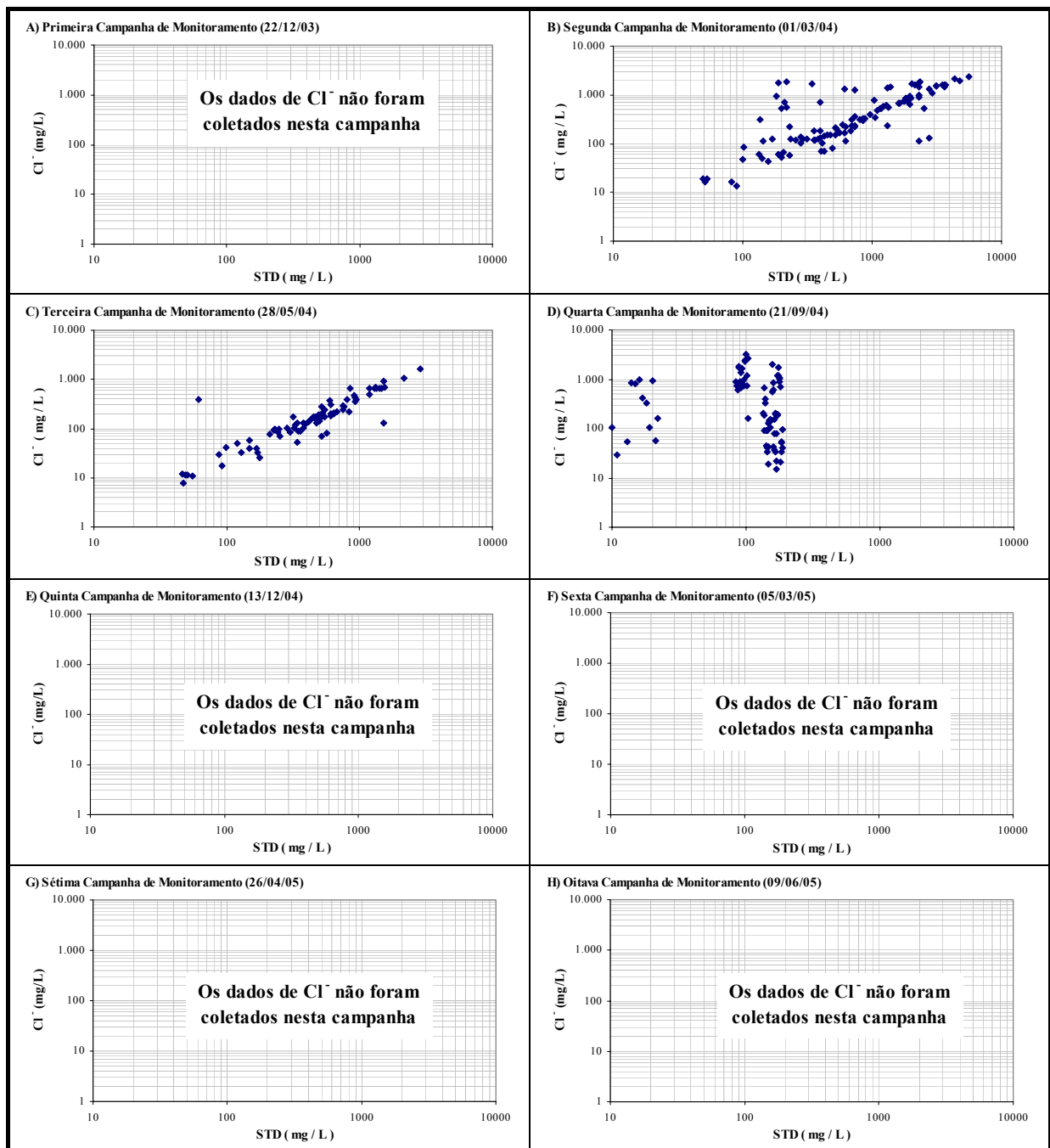


Figura 5.22 - Correlação dos teores de STD com os teores de Cl⁻ na água, de acordo com as campanhas de monitoramento na **RMF**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Considerando a distribuição espacial dos teores médios de STD, verifica-se na porção mais ocidental da Região Metropolitana de Fortaleza (Figura 5.23) a situação mais crítica com relação à medida da salinidade das águas. Lá ocorrem, predominantemente, as rochas do embasamento cristalino, e, subordinadamente, as rochas da Formação Barreiras. Nesta porção da área as águas são classificadas como salobras (STD > 500 mg/L – Resolução N^o 20, do CONAMA), porém, são inapropriadas ao consumo humano apenas aquelas com teores de

STD acima do padrão de potabilidade das águas (1.000 mg/L – Portaria N° 518, do Ministério da Saúde). Aparentemente, este comportamento não está relacionado a um período específico e, por esta razão, pode refletir uma condição contínua desta porção do sistema aquífero, pela acumulação natural de íons.

Já na porção mais oriental, onde ocorre a interface com o Oceano Atlântico, o comportamento observado foi bastante variável, revelando valores de STD, quase sempre, inferiores a 1.000 mg/L, caracterizando águas sem restrições ao consumo humano direto e classificando-as, na maioria das vezes, como doces (STD < 500 mg/L) a levemente salobras (STD < 1.000 mg/L). A exceção ocorre na porção norte do município de Aquiraz, onde os teores de STD atingem valores acima de 1.500 mg/L, caracterizando as águas como impróprias ao consumo humano direto e dando forte indicação da intrusão da cunha salina (Figura 5.23).

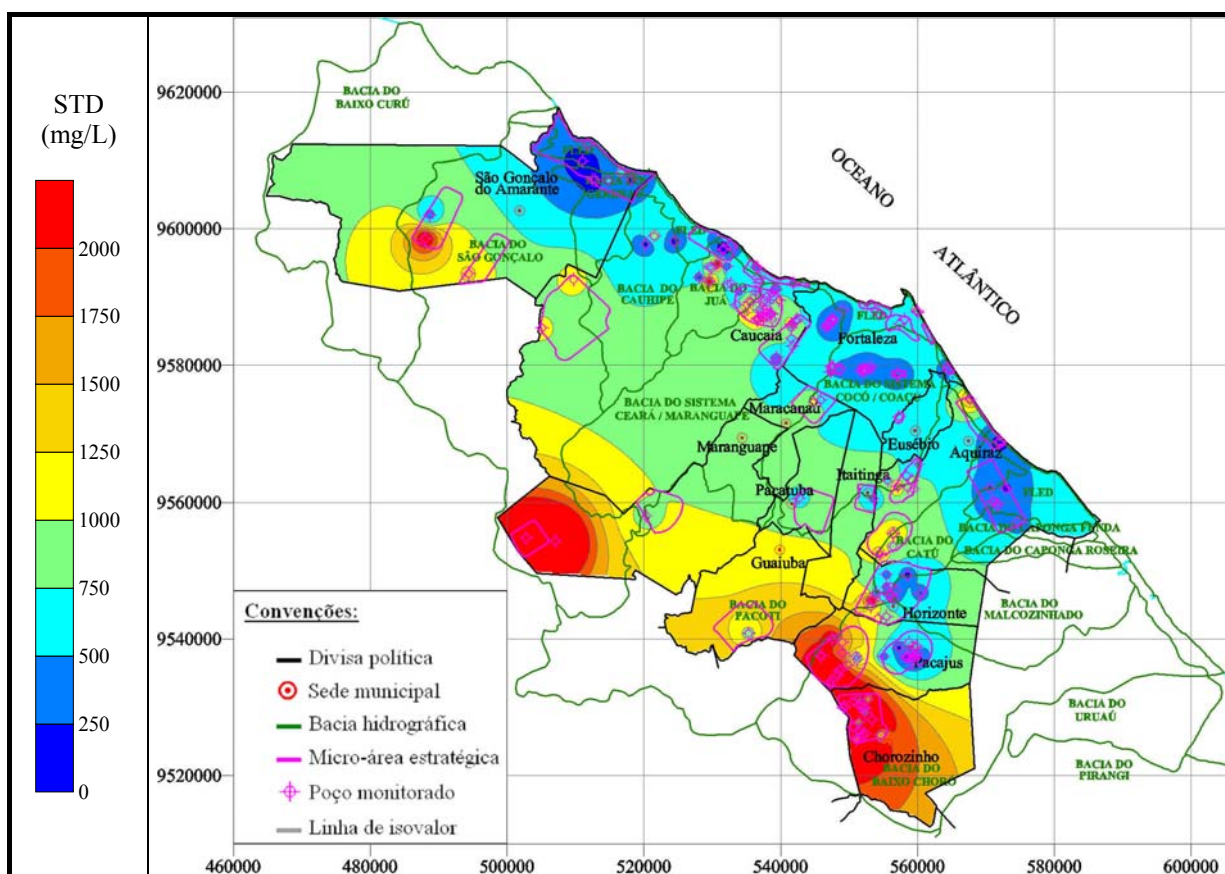


Figura 5.23 - Distribuição espacial dos valores médios de STD nas águas subterrâneas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a); base modificada de IPLANCE (1997).

5.1.2.2.3 - Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas

Para definir o potencial de qualidade das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da **RMF**, consideram-se apenas as variações dos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de maior interesse para aplicação das normas e padrões ambientais de classificação e potabilidade das águas (*e.g.* Resolução N° 20, do CONAMA, de 18/06/86; Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04).

Neste estudo, os parâmetros considerados são os seguintes: nitratos, NO_3^- ; cloretos, Cl^- e sólidos totais dissolvidos, STD. Os demais parâmetros que foram monitorados (*i.e.* temperatura, T; potencial hidrogeniônico, pH; oxigênio dissolvido, OD; e, amônia, NH_3) também apresentaram características importantes, como descrito no item anterior. Entretanto, com o intuito de priorizar e de encaminhar as discussões para a hierarquização do potencial de qualidade das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas, não serão explicitamente considerados nesta análise.

Outra tarefa executada neste item consistiu na reavaliação das fronteiras das micro-áreas estratégicas preliminarmente definidas, com base em critérios hidrográficos e hidrológicos mais representativos, como também nos dados gerados sobre a qualidade das águas subterrâneas. Neste caso, a apresentação definitiva das fronteiras das micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza são apresentadas no mapa DE-A02-01 (ANEXO II).

Ademais, destaca-se que os resultados serão apresentados conforme a ordem de distribuição das micro-áreas, por município e por campanha realizada. Neste caso, os dados de localização e identificação dos pontos representativos de cada micro-área estratégica são apresentados na TAB. A01-1 (ANEXO I), podendo a distribuição dos mesmos ser vista no mapa DE-A02-01 (ANEXO II).

Município de Aquiraz

No município de Aquiraz foram definidas preliminarmente 4 micro-áreas estratégicas, para as quais os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.* STD, Cl^- e NO_3^-) são apresentados na TAB. 5.36. O comportamento hidroquímico nestas micro-áreas é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.36 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Aquiraz

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-AQU	NO ₃ ⁻	Mín.	4,61	5,14	-	4,30	5,11	10,51	3,61	4,21
		Máx.	7,10	9,58	-	14,46	8,67	11,63	10,58	11,25
		Méd.	5,69	7,07	-	7,95	6,71	11,07	6,91	7,26
	Cl ⁻	Mín.	-	119,00	-	104,10	-	-	-	-
		Máx.	-	839,90	-	946,10	-	-	-	-
		Méd.	-	429,00	-	488,13	-	-	-	-
	STD	Mín.	845,65	843,70	-	847,60	845,65	880,10	867,10	755,95
		Máx.	1.647,75	1.742,00	-	1.729,00	1.740,70	899,60	1.744,60	1.539,85
		Méd.	1.378,00	1.392,95	-	1.429,78	1.393,60	889,85	1.402,70	1.260,13
MA2-AQU	NO ₃ ⁻	Mín.	0,92	3,67	-	2,20	3,64	1,03	0,41	2,62
		Máx.	15,40	17,75	-	6,94	18,04	12,32	8,95	9,25
		Méd.	7,56	9,08	-	4,34	8,65	7,96	6,26	6,45
	Cl ⁻	Mín.	-	119,00	-	55,07	-	-	-	-
		Máx.	-	839,90	-	946,10	-	-	-	-
		Méd.	-	358,48	-	330,75	-	-	-	-
	STD	Mín.	262,60	258,70	-	197,60	256,10	27,00	269,75	273,65
		Máx.	2.242,50	1.876,55	-	1.923,35	1.881,75	1.781,65	1.474,20	1.276,60
		Méd.	909,09	814,13	-	797,01	814,23	891,29	829,96	770,71
MA3-AQU	NO ₃ ⁻	Mín.	0,56	1,13	-	1,58	1,21	0,98	0,22	1,25
		Máx.	0,56	13,25	-	6,64	13,02	11,62	8,58	8,54
		Méd.	0,56	7,19	-	4,48	7,10	6,45	5,04	5,59
	Cl ⁻	Mín.	-	100,17	-	77,97	-	-	-	-
		Máx.	-	874,20	-	797,10	-	-	-	-
		Méd.	-	321,38	-	288,53	-	-	-	-
	STD	Mín.	460,15	235,85	-	266,40	245,60	241,70	229,35	209,20
		Máx.	460,15	1.826,60	-	500,70	1.964,10	1.653,60	1.840,70	1.704,20
		Méd.	460,15	707,48	-	379,42	752,01	785,37	731,95	685,69
MA4-AQU	NO ₃ ⁻	Mín.	0,87	1,06	-	1,07	1,07	0,84	0,66	1,23
		Máx.	1,57	3,91	-	9,81	4,11	9,32	4,21	6,56
		Méd.	1,19	1,86	-	3,19	1,90	3,13	1,40	3,48
	Cl ⁻	Mín.	-	60,01	-	21,98	-	-	-	-
		Máx.	-	135,40	-	103,70	-	-	-	-
		Méd.	-	80,44	-	54,36	-	-	-	-
	STD	Mín.	146,90	133,25	-	131,95	132,60	164,45	173,55	170,95
		Máx.	483,60	491,40	-	490,10	488,80	445,25	488,80	447,85
		Méd.	312,91	324,24	-	323,16	319,91	336,21	356,28	338,65

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MAI-AQU

Esta micro-área localiza-se no limite entre as bacias Pacoti e Catú, envolvendo o distrito de Justiniano Serpa, e, em superfície, está associada às rochas da Formação Barreiras, mas, em profundidade, os poços comumente alcançam as rochas do embasamento cristalino, dada a proximidade do contato entre estas duas unidades. Nesta micro-área, os teores de nitratos (TAB. 5.36) mostram-se, quase sempre, dentro do padrão de potabilidade ($\text{NO}_3^- < 10$

mg/L), caracterizando águas de boa qualidade para o consumo humano direto. Por outro lado, mostra pontos ou períodos de produção de águas com qualidade inferior, indicando a possibilidade de contaminação por esgotos domésticos e corroborando a necessidade de se manter o monitoramento deste parâmetro. Por sua vez, os valores de cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas (TAB. 5.36), mostram uma tendência de teores acima dos padrões ambientais ($Cl^- > 250,0$ mg/L). Contudo, há pontos ou períodos de produção de águas dentro do padrão de potabilidade, como demonstram os valores mínimos coletados. Isto pode ocorrer no período chuvoso da região, quando as concentrações de íons são diluídas em função da introdução de águas recentes no aquífero, ou simplesmente pode indicar a presença de poços não associados às rochas do embasamento cristalino, ou ainda isolados das fontes de contaminação superficiais (*i.e.* esgotos domésticos). Já a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.36) mostra que, de um modo geral, as águas são classificadas como salobras ($STD > 500,0$ mg/L). Além disso, observa-se que elas encontram-se fora dos padrões de potabilidade, com teores médios de STD superiores a 1.000 mg/L, sendo portanto, inapropriadas ao consumo humano direto. Estes valores demonstram ainda que os teores de STD são normalmente elevados e, em princípio, independentes da variação climática sazonal. Sendo assim, acredita-se que possam estar associados à influência direta de rochas do embasamento cristalino, comumente com teores mais altos de STD, em função da acumulação natural de íons como o cloreto. Dessa maneira, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam sua qualidade comprometida, principalmente, em função dos teores de STD e Cl^- .

MA2-AQU

Esta micro-área localiza-se no limite entre as bacias do Sistema Cocó/Coaçu e do Pacoti, englobando as sedes distritais de Camará e João de Castro, estando associada às rochas da Formação Barreiras e do embasamento cristalino. Nesta micro-área, o comportamento apresentado pelos nitratos mostra que, na média, as águas subterrâneas são de boa qualidade, com teores inferiores a 10,0 mg/L. Contudo, há pontos e períodos de produção de águas com qualidade comprometida, em função dos valores de nitratos acima de 10,0 mg/L, como demonstram os valores máximos coletados (TAB. 5.36). Isto indica a possibilidade de contaminação por esgotos domésticos e corrobora a necessidade de se manter o monitoramento deste parâmetro, principalmente, nos pontos próximos às sedes distritais. Os cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas, mostram um comportamento semelhante aos nitratos. Neste caso, além dos valores máximos, os valores médios

também denotam teores fora do padrão de potabilidade das águas. Por outro lado, os valores mínimos demonstram a possibilidade de produção de águas de boa qualidade, em determinados pontos ou períodos (TAB. 5.36). Já os valores mínimos e máximos de STD mostraram uma variação entre pontos e períodos de produção de águas doces e salobras, sendo que, na média, as águas são classificadas como salobras ($STD > 500,0 \text{ mg/L}$), mas apropriadas ao consumo humano ($STD < 1.000 \text{ mg/L}$). Contudo, considerando os valores máximos obtidos, observa-se que em certos locais elas encontram-se fora do padrão de potabilidade, com teores de STD superiores a 1.000 mg/L (TAB. 5.36). Com base nestas informações, pode-se admitir que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área encontram-se parcialmente comprometidas, uma vez que apresenta pontos ou períodos onde os teores dos parâmetros de interesse se mostraram fora dos padrões ambientais.

MA3-AQU

Esta micro-área localiza-se entre as bacias do Pacoti e do Catú, englobando duas importantes localidades na zona litorânea do município de Aquiraz, quais sejam: Prainha e Porto das Dunas. Os pontos monitorados nesta área estão associados às rochas da Unidade Dunas. Nesta micro-área, os teores de nitratos mostram-se, quase sempre, dentro do padrão de potabilidade das águas, uma vez que os valores mínimos e médios encontram-se abaixo de $10,0 \text{ mg/L}$. Por outro lado, os valores máximos coletados indicam a existência de pontos e períodos com produção de águas de qualidade inferior (teores de $\text{NO}_3^- > 10,0 \text{ mg/L}$ – TAB. 5.35), possivelmente, em função da contaminação por esgotos domésticos. Já os cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas, apresentaram valores médios e máximos sempre acima dos padrões ambientais, superiores a $250,0 \text{ mg/L}$ (TAB. 5.36). Por outro lado, os valores mínimos se mantiveram sempre inferiores a $250,0 \text{ mg/L}$. Assim, acredita-se que as águas subterrâneas nesta micro-área encontram-se comprometidas em pontos específicos, devido à intrusão da cunha salina, dada a proximidade dos poços com a orla marítima. A variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.36) mostra que, de um modo geral, as águas subterrâneas desta micro-área podem ser classificadas como doces ($STD < 500,0 \text{ mg/L}$) e enquadradas dentro do padrão de potabilidade ($STD < 1.000,0 \text{ mg/L}$). Contudo, ressalta-se a existência de pontos ou períodos de produção de águas salobras, inapropriadas ao consumo humano direto. Este fato, corrobora a hipótese de intrusão da cunha salina. Sendo assim, com base nos dados disponíveis, observa-se que nesta micro-área a qualidade das águas subterrâneas encontra-se, de maneira geral, dentro dos padrões de potabilidade e apresentam boa qualidade para o consumo humano. No entanto, merecem

um acompanhamento contínuo para verificação dos valores dos parâmetros de interesse (principalmente os cloretos) e monitoramento do avanço da cunha salina.

MA4-AQU

Esta micro-área localiza-se entre as bacias do Catú e Caponga Funda, abrangendo as sedes distritais de Tapera e Patacas, e está associada às rochas da Formação Barreiras. A partir do comportamento apresentado pelos nitratos, pode-se observar que os seus valores se mantiveram dentro do limite potabilidade, caracterizando águas de boa qualidade para o consumo humano ($\text{NO}_3^- < 10,0 \text{ mg/L}$ – TAB. 5.36). Por sua vez, os cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas, também mostraram valores dentro dos padrões ambientais, com teores inferiores $250,0 \text{ mg/L}$ (TAB. 5.36). Já a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD mostraram que as suas águas podem ser classificadas como doces ($\text{STD} < 500,0 \text{ mg/L}$) e, portanto, encontram-se dentro do padrão de potabilidade, pois apresentam teores de STD inferiores a 1.000 mg/L (TAB. 5.36). Sendo assim, em função dos parâmetros analisados e dos pontos monitorados, conta-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são de boa qualidade.

Município de Caucaia

No município de Caucaia foram definidas, preliminarmente, 5 micro-áreas estratégicas. Os valores mínimos, máximos e médios relativos aos pontos monitorados são apresentados na TAB. 5.37. O comportamento hidroquímico nestas micro-áreas é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.37 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Caucaia (continua)

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-CAUC	NO_3^-	Mín.	3,27	1,71	5,04	-	3,34	0,24	0,56	1,02
		Máx.	53,58	40,02	59,31	-	54,12	43,84	31,62	32,62
		Méd.	21,04	14,84	28,60	-	19,37	12,13	7,77	8,44
	Cl^-	Mín.	-	145,30	32,07	-	-	-	-	-
		Máx.	-	321,30	1.085,00	-	-	-	-	-
		Méd.	-	211,52	358,29	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	437,45	131,95	61,75	-	133,25	209,30	267,15	261,95
		Máx.	2.043,60	1.995,50	2.155,40	-	2.004,60	2.147,60	1.838,20	1.777,75
		Méd.	995,86	780,48	823,38	-	810,83	911,34	867,79	824,81

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Tabela 5.37 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Caucaia (continuação)

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1ª (22/12/03)	2ª (01/03/04)	3ª (28/05/04)	4ª (21/09/04)	5ª (13/12/04)	6ª (05/03/05)	7ª (26/04/05)	8ª (09/06/05)
MA2-CAUC	NO ₃ ⁻	Mín.	65,00	24,95	99,95	-	28,78	31,12	28,51	27,56
		Máx.	65,65	28,84	99,95	-	65,82	50,16	42,07	42,01
		Méd.	65,30	26,90	99,95	-	47,30	40,64	35,29	34,79
	Cl ⁻	Mín.	-	-	219,40	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	219,40	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	219,40	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	1.143,35	1.101,10	835,25	-	1.090,70	1.037,40	1.136,85	1.064,70
		Máx.	1.477,45	1.180,40	835,25	-	1.171,30	1.268,80	1.192,75	1.145,30
		Méd.	1.310,40	1.140,75	835,25	-	1.131,00	1.153,10	1.164,80	1.105,00
MA3-CAUC	NO ₃ ⁻	Mín.	12,14	5,83	8,43	-	6,24	0,77	2,35	1,54
		Máx.	65,50	87,50	71,84	-	63,35	69,13	62,31	65,35
		Méd.	31,74	30,92	32,75	-	30,01	23,55	29,03	26,01
	Cl ⁻	Mín.	-	-	101,90	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	371,70	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	192,59	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	304,85	291,85	315,25	-	293,15	414,05	387,40	365,30
		Máx.	935,35	3.120,00	642,20	-	2.265,90	1.060,80	3.081,65	2.753,40
		Méd.	521,82	768,30	468,74	-	667,96	622,57	964,79	825,50
MA4-CAUC	NO ₃ ⁻	Mín.	5,32	4,04	8,80	-	4,00	1,18	0,95	1,65
		Máx.	5,32	13,86	16,55	-	14,47	5,09	3,26	5,64
		Méd.	5,32	8,95	12,68	-	9,24	2,51	2,20	3,34
	Cl ⁻	Mín.	-	-	117,10	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	202,80	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	159,95	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	344,50	447,20	325,65	-	445,25	486,85	302,25	300,30
		Máx.	344,50	595,40	638,30	-	600,60	654,55	891,80	820,95
		Méd.	344,50	521,30	481,98	-	522,93	579,67	522,73	493,74
MA5-CAUC	NO ₃ ⁻	Mín.	2,09	1,56	2,06	-	1,86	0,18	0,65	2,01
		Máx.	2,15	2,39	4,61	-	3,02	8,42	9,62	8,65
		Méd.	2,13	2,21	3,49	-	2,48	2,09	2,43	3,83
	Cl ⁻	Mín.	-	16,61	10,80	-	-	-	-	-
		Máx.	-	47,41	48,93	-	-	-	-	-
		Méd.	-	23,96	18,89	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	42,90	49,40	46,15	-	46,80	49,40	44,20	46,15
		Máx.	52,65	99,45	119,60	-	100,10	322,40	258,70	250,90
		Méd.	46,80	60,97	64,09	-	60,71	113,43	98,04	99,67

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-CAUC

Esta micro-área localiza-se no limite entre as bacias do Juá e do sistema Ceará/Maranguape, englobando a sede do município de Caucaia, e está associada às rochas da Formação Barreiras, limitando-se a sul com o contato do embasamento cristalino. Nesta micro-área, os teores máximos e médios de nitratos mostram-se, quase sempre, fora do padrão de potabilidade das águas (NO₃⁻ > 10,0 mg/L – TAB. 5.37), indicando a possibilidade de contaminação por esgotos domésticos. Por outro lado, é possível observar pontos ou períodos com produção de águas de boa qualidade, como demonstram os valores mínimos medidos (NO₃⁻ < 10,0mg/L – TAB. 5.37). Já os cloretos, monitorados apenas na segunda e terceira

campanhas, apresentam também alguns valores fora dos padrões ambientais ($\text{Cl}^- > 250,0$ mg/L – TAB. 5.37), corroborando a possibilidade de contaminação por esgotos ou ainda de acumulação natural nos poços próximos ao embasamento cristalino. Por sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.37) mostra que, de um modo geral, as suas águas subterrâneas podem ser classificadas como salobras ($\text{STD} > 500,0$ mg/L), mas com períodos ou pontos específicos de produção de águas doces ($\text{STD} < 500,0$ mg/L). No caso das águas salobras, observa-se que elas encontram-se fora do padrão de potabilidade, com teores de STD superiores a 1.000 mg/L. Dessa maneira, constata-se que, no geral, os teores avaliados encontram-se fora dos padrões ambientais, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas captadas nesta micro-área. Acredita-se que esta falta de qualidade esteja relacionada, predominantemente, à poluição gerada pelo lançamento de esgotos, como sugerem os teores de NO_3^- e Cl^- . Concomitantemente, pode relacionar-se também à extração de águas a partir do embasamento cristalino, onde os teores de STD são elevados, em função da acumulação natural de íons. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA2-CAUC

Esta micro-área localiza-se no limite entre as bacias de São Gonçalo e Cauhipe, englobando as sedes distritais de Sítios Novos e Catuana, e associado-se às rochas do embasamento cristalino, com características hidroquímicas, comumente, mais restritivas. Nesta micro-área, o comportamento apresentado pelos nitratos é muito marcante, observando-se teores acima dos padrões de potabilidade ($\text{NO}_3^- > 10,0$ mg/L – TAB. 5.37). Já os cloretos, monitorados apenas na terceira campanha, apresentaram valores dentro dos padrões ambientais, inferiores a 250,0 mg/L, mas muito próximo deste limite (TAB. 5.37), indicando a tendência de salinização destas águas. Por sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.37) mostra que as águas subterrâneas, de um modo geral, podem ser classificadas como salobras ($\text{STD} > 500,0$ mg/L), e, na maioria das vezes, encontram-se fora dos padrões de potabilidade, apresentado teores de superiores a 1.000 mg/L (TAB. 5.37). Mesmo com características de salinização, estas águas são consumidas com alguma restrição ou após tratamento prévio (dessalinizador). Assim, constata-se que tanto os teores de NO_3^- quanto de STD nesta micro-área são normalmente superiores aos limites estabelecidos para a potabilidade, impondo a utilização restritiva destas águas. Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a englobar uma área de contribuição maior, marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto

incorra em prejuízos à qualidade de suas águas subterrâneas. Neste sentido, apresenta-se a expansão da micro-área em questão para os limites de contribuição da cabeceira do rio do Anil, tendo como limite oeste o leito do rio Cauhipe.

MA3-CAUC

Esta micro-área localiza-se na Bacia do Sistema Ceará/Maranguape, entre os leitos dos rios homônimos, envolvendo a sede distrital de Jurema e estando associada às rochas da Formação Barreiras e do embasamento cristalino. Os teores de nitratos (TAB. 5.37) mostram-se, quase sempre, fora do padrão de potabilidade das águas, atingindo valores até 10 vezes maiores que o limite permitido. Por outro lado, mostram também a existência de pontos ou períodos com produção de águas de boa qualidade. Já os cloretos, monitorados apenas na terceira campanha, apresenta valores acima dos padrões ambientais para os pontos situados no embasamento cristalino, enquanto que para a aqueles na Formação Barreiras os teores são inferiores a 250,0 mg/L (TAB. 5.37). Esta tendência é acompanhada pelos valores de STD. Neste caso, a variação dos valores mínimos, máximos e médios (TAB. 5.37) mostra que, de um modo geral, as águas podem ser classificadas como salobras (STD > 500,0 mg/L), mas com períodos ou pontos específicos de produção de águas doces (STD < 500,0 mg/L). No caso das águas salobras, observa-se ainda que há períodos de produção de águas fora dos padrão de potabilidade, com teores de STD superiores a 1.000 mg/L (porção do embasamento). Sendo assim, observa-se que nesta micro-área a qualidade das águas está associada à distribuição das unidades geológicas, sendo as águas produzidas a partir da Formação Barreiras de melhor qualidade que aquelas produzidas a partir do embasamento cristalino. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA4-CAUC

Localizando-se na foz das bacias do Juá e do Sistema Ceará/Maranguape, a micro-área em questão abrange as localidades de Icaraí e Iparana, estando associada, principalmente, às rochas da Unidade Dunas e, subordinadamente, Paleodunas. A partir do comportamento apresentado pelos nitratos (TAB. 5.37), pode-se observar que, para alguns períodos, os teores foram ligeiramente superiores a 10,0 mg/L. Contudo, na maioria dos casos, estes valores se mantiveram abaixo do limite máximo permitido, caracterizando águas de boa qualidade. Já os cloretos, monitorados apenas na terceira campanha, mostraram valores dentro dos padrões ambientais, uma vez que os teores obtidos foram inferiores a 250,0 mg/L (TAB. 5.37). Por

sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.37) mostra que as águas subterrâneas nesta micro-área, de um modo geral, podem ser classificadas como doces ($STD < 500,0 \text{ mg/L}$), mas com períodos específicos de produção de águas ligeiramente salobras ($STD > 500,0 \text{ mg/L}$). Contudo, no caso das águas salobras, observa-se que elas encontram-se dentro do padrão de potabilidade, sempre com teores de STD inferiores a 1.000 mg/L . Sendo assim, observa-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são, quase sempre, de boa qualidade. No entanto, durante alguns períodos, observa-se uma ligeira queda na qualidade. Neste caso, a situação é mais crítica durante os meses de seca da região. Ressalta-se ainda que as fronteiras desta micro-área também foram alteradas para incorporarem os limites municipais e um contorno hidrográfico mais representativo.

MA5-CAUC

Localizando-se no limite entre as bacias do Cauhipe e do Juá, esta micro-área engloba a Praia do Cumbuco, uma das localidades mais importantes da orla marítima de Caucaia. Em termos geológicos, ela está associada às rochas das unidades Paleodunas e Dunas. O comportamento apresentado pelos nitratos corrobora a expectativa de boa qualidade das águas, pois os teores observados encontram-se sempre de acordo com os padrões ambientais (TAB. 5.37). Já os cloretos, monitorados apenas na segunda e terceira campanhas, mostraram também valores excepcionalmente baixos (TAB. 5.37). Por sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.37) mostra que as águas produzidas nesta micro-área podem ser classificadas como doces ($STD < 500,0 \text{ mg/L}$) e, portanto, de boa qualidade para o consumo humano. Sendo assim, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são de boa qualidade. Além disso, quando se observam os teores de STD e de NO_3^- nos pontos a noroeste desta área, verifica-se a mesma tendência, indicando a possibilidade de expansão das fronteiras desta micro-área. Portanto, estas fronteiras foram expandidas de tal forma a englobar uma área de contribuição maior, marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto reflita em prejuízo na qualidade das águas subterrâneas. Assim, apresenta-se a expansão desta micro-área para a área de contribuição da Lagoa da Banana.

Município de Chorozinho

No município de Chorozinho, apenas uma micro-área foi preliminarmente definida. Os valores mínimos, máximos e médios para os parâmetros STD, Cl^- e NO_3^- , obtidos com a coleta de dados nos pontos de monitoramento, são apresentados na TAB. 5.38. O comportamento hidroquímico nesta micro-área é descrito em função destes valores.

Tabela 5.38 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Chorozinho

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MAI-CHO	NO ₃ ⁻	Mín.	6,41	8,38	-	5,88	7,53	7,82	0,89	1,25
		Máx.	29,26	55,45	-	24,87	52,32	57,61	52,63	50,14
		Méd.	16,09	23,63	-	14,25	24,01	23,19	19,56	19,20
	Cl ⁻	Mín.	-	486,90	-	602,60	-	-	-	-
		Máx.	-	2.312,00	-	3.198,00	-	-	-	-
		Méd.	-	1.235,33	-	1.411,60	-	-	-	-
	STD	Mín.	1.352,00	1.088,10	-	1.119,95	1.097,20	1.095,25	1.078,35	1.264,25
		Máx.	5.346,25	5.563,35	-	5.408,65	5.522,40	5.241,60	5.198,70	6.413,55
		Méd.	2.899,57	2.526,55	-	2.676,38	2.588,66	2.827,14	2.733,90	2.751,58

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MAI-CHO

Esta micro-área 1 localiza-se na Bacia do Baixo Choró, envolvendo parte da sede do município e a sede distrital de Campestre e estando associada às rochas da Formação Barreiras. Nesta micro-área, os nitratos (TAB. 5.38) apresentam teores máximos e médios sempre acima do padrão de potabilidade, em certos casos, atingindo valores superiores 5 vezes o limite máximo permitido. Por outro lado, é possível perceber também que em alguns períodos ocorre a produção de águas com teores de nitratos inferiores a 10,0 mg/L e, portanto, dentro do padrão de potabilidade das águas.

Já os cloretos, medidos apenas na segunda e quarta campanhas de monitoramento (TAB. 5.38), mostram teores sempre acima do padrão de potabilidade, corroborando a presença de águas salinizadas nesta micro-área em função da proximidade do contato com o embasamento, onde os teores são naturalmente elevados. Esta condição também pode ser comprovada pelos teores de STD. Neste caso, os valores mínimos, máximos e médios (TAB. 5.38) mostraram que as águas subterrâneas nesta micro-área podem ser classificadas como salobras (STD > 500,0 mg/L). Além disso, mostram ainda que estas águas encontram-se sempre fora dos padrões de potabilidade, com teores de STD superiores a 1.000 mg/L. Em certos casos, estes teores atingem mais de 6.000 mg/L, caracterizando águas inapropriadas até para o consumo animal. Contudo, estas águas são utilizadas depois de um tratamento prévio, com o uso de dessalinizadores.

Assim, nesta micro-área, constata-se que os teores dos parâmetros de interesse são normalmente muito superiores ao limite estabelecido para a potabilidade das águas, o que

compromete a qualidade das águas subterrâneas que são produzidas. Acredita-se que este comportamento esteja relacionada à presença do embasamento subjacente que, comumente, apresenta águas com qualidade inferior, principalmente em termos dos teores de STD e Cl^- . Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a englobar uma área de contribuição maior, marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto incorra em prejuízos à qualidade de suas águas subterrâneas ou de micro-áreas vizinhas. Neste sentido, apresenta-se esta expansão para a área de contribuição do riacho dos Cavacos, a oeste do açude de Pacajus.

Município de Eusébio

No município de Eusébio, apenas uma micro-área estratégica foi preliminarmente definida. Os valores mínimos, máximos e médios para os parâmetros STD, Cl^- e NO_3^- , obtidos com a coleta de dados nos pontos de monitoramento, são apresentados na TAB. 5.39. O comportamento hidroquímico nesta micro-área é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.39 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Eusébio

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1ª (22/12/03)	2ª (01/03/04)	3ª (28/05/04)	4ª (21/09/04)	5ª (13/12/04)	6ª (05/03/05)	7ª (26/04/05)	8ª (09/06/05)
MA1-EUS	NO_3^-	Mín.	-	-	-	8,90	-	9,40	-	-
		Máx.	-	-	-	8,90	-	9,40	-	-
		Méd.	-	-	-	8,90	-	9,40	-	-
	Cl^-	Mín.	-	-	-	164,40	-	-	-	-
		Máx.	-	-	-	164,40	-	-	-	-
		Méd.	-	-	-	164,40	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	-	-	697,54	-	789,75	-	-
		Máx.	-	-	-	697,54	-	789,75	-	-
		Méd.	-	-	-	697,54	-	789,75	-	-

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-EUS

Esta micro-área localiza-se nos domínios de rochas do embasamento cristalino, situando-se na Bacia do Sistema Cocó/Coaçu. Nesta micro-área apenas um ponto foi monitorado, ainda assim, de maneira descontínua, tanto em função dos parâmetros de interesse quanto das campanhas realizadas. Sendo assim, os dados são pouco representativos, mas são capazes de fornecer uma idéia de seu comportamento hidroquímico. Neste sentido, os valores de nitratos

obtidos revelam teores inferiores a 10,0 mg/L, caracterizando as águas extraídas como de boa qualidade em função deste parâmetro. Por outro lado, revelam também que estes valores estão muito próximos do limite de potabilidade. Os valores de cloretos mostram um comportamento semelhante, com teores inferiores a 250,0 mg/L. Já os valores de STD indicam que estas águas são salobras (STD > 500,0 mg/L), mas são ainda apropriadas ao consumo humano (STD < 1.000,0 mg/L). Com base nestas poucas informações, acredita-se que, de modo geral, as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área sejam de boa qualidade. Contudo, em função das características das rochas do embasamento, é possível que este comportamento varie em determinados períodos, comprometendo a qualidade destas águas. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo.

Município de Fortaleza

No município de Fortaleza foram preliminarmente definidas 8 micro-áreas estratégicas. Os valores mínimos, máximos e médios para os parâmetros STD, Cl⁻ e NO₃⁻, obtidos com a coleta de dados nos pontos de monitoramento, são apresentados na TAB. 5.40. O comportamento hidroquímico nesta micro-área é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.40 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Fortaleza (continua)

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	2,07	0,92	1,73	-	2,01	0,32	0,11	1,25
		Máx.	33,90	45,90	56,52	-	44,85	11,83	26,31	25,32
		Méd.	13,33	13,50	11,32	-	9,32	4,69	4,65	5,00
	Cl ⁻	Mín.	-	-	40,50	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	179,50	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	97,96	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	167,05	92,95	98,80	-	93,60	273,65	150,80	153,40
		Máx.	596,05	590,85	601,90	-	591,50	1.421,55	654,55	638,95
		Méd.	354,68	277,23	271,98	-	259,16	635,70	274,30	271,86
MA2-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	25,10	14,32	25,45	-	25,32	0,92	0,22	3,20
		Máx.	25,10	14,32	25,45	-	25,32	56,32	3,32	3,22
		Méd.	25,10	14,32	25,45	-	25,32	28,62	1,77	3,21
	Cl ⁻	Mín.	-	-	480,91	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	480,91	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	480,91	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	444,60	304,85	1.701,05	-	404,30	1.030,25	350,35	344,50
		Máx.	444,60	304,85	1.701,05	-	404,30	1.701,05	390,65	397,80
		Méd.	444,60	304,85	1.701,05	-	404,30	1.365,65	370,50	371,15

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Tabela 5.40 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Fortaleza (continuação)

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª
			(22/12/03)	(01/03/04)	(28/05/04)	(21/09/04)	(13/12/04)	(05/03/05)	(26/04/05)	(09/06/05)
MA3-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	2,61	3,62	5,69	-	3,23	2,39	0,68	2,35
		Máx.	9,21	7,34	5,71	-	8,84	6,02	5,41	3,62
		Méd.	5,91	5,48	5,70	-	6,04	4,23	3,10	3,20
	Cl ⁻	Mín.	-	148,60	126,80	-	-	-	-	-
		Máx.	-	151,90	127,50	-	-	-	-	-
		Méd.	-	150,25	127,15	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	563,55	477,75	341,25	-	557,05	748,80	618,80	599,30
		Máx.	619,45	518,70	387,40	-	612,95	1.034,80	861,25	865,15
		Méd.	591,50	498,23	364,33	-	585,00	863,63	706,98	689,87
MA4-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	-	30,75	26,96	-	28,86	0,82	0,77	1,02
		Máx.	-	30,75	26,96	-	28,86	4,24	1,02	2,30
		Méd.	-	30,75	26,96	-	28,86	2,53	0,90	1,66
	Cl ⁻	Mín.	-	164,40	430,60	-	-	-	-	-
		Máx.	-	164,40	430,60	-	-	-	-	-
		Méd.	-	164,40	430,60	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	611,00	924,95	-	807,95	183,30	412,75	410,15
		Máx.	-	611,00	924,95	-	807,95	657,15	1.723,80	1.717,95
		Méd.	-	611,00	924,95	-	807,95	420,23	1.068,28	1.064,05
MA5-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	3,92	3,41	6,29	-	3,89	1,71	0,12	0,23
		Máx.	9,15	14,92	18,30	-	12,42	5,24	2,22	3,20
		Méd.	6,79	9,20	11,61	-	8,29	3,82	0,82	1,96
	Cl ⁻	Mín.	-	121,00	85,52	-	-	-	-	-
		Máx.	-	232,50	299,20	-	-	-	-	-
		Méd.	-	176,75	190,73	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	225,55	198,25	243,10	-	228,15	219,70	300,95	302,90
		Máx.	733,20	694,85	752,05	-	730,60	938,60	772,85	690,30
		Méd.	443,79	420,39	492,86	-	443,63	564,04	499,36	475,48
MA6-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	0,87	2,56	10,03	-	1,98	0,56	0,31	1,25
		Máx.	14,55	5,16	10,03	-	15,02	4,35	2,31	4,21
		Méd.	4,91	3,53	10,03	-	5,63	1,64	1,33	2,22
	Cl ⁻	Mín.	-	61,20	155,70	-	-	-	-	-
		Máx.	-	127,70	155,70	-	-	-	-	-
		Méd.	-	94,45	155,70	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	167,70	170,95	468,65	-	165,75	166,40	201,50	210,60
		Máx.	469,95	424,45	468,65	-	404,95	1.177,80	618,80	625,95
		Méd.	314,73	297,05	468,65	-	267,04	666,16	421,04	419,01
MA7-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	20,80	2,16	7,45	-	4,35	2,63	2,77	2,05
		Máx.	20,80	25,80	23,30	-	22,30	28,75	16,25	17,25
		Méd.	20,80	13,98	15,38	-	13,33	15,69	9,51	9,65
	Cl ⁻	Mín.	-	-	26,08	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	138,20	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	82,14	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	376,35	156,00	178,10	-	156,65	325,65	171,60	170,95
		Máx.	376,35	380,90	408,85	-	377,65	388,70	339,95	326,95
		Méd.	376,35	268,45	293,48	-	267,15	357,18	255,78	248,95
MA8-FOR	NO ₃ ⁻	Mín.	-	-	8,15	-	-	3,52	0,25	3,25
		Máx.	-	-	8,15	-	-	3,52	0,25	3,25
		Méd.	-	-	8,15	-	-	3,52	0,25	3,25
	Cl ⁻	Mín.	-	-	83,40	-	-	-	-	-
		Máx.	-	-	83,40	-	-	-	-	-
		Méd.	-	-	83,40	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	-	297,40	-	-	334,75	197,60	202,15
		Máx.	-	-	297,40	-	-	334,75	197,60	202,15
		Méd.	-	-	297,40	-	-	334,75	197,60	202,15

Fonte: compilação de dados de GOLDBER/PIVOT (2005a).

MA1-FOR

Esta micro-área localiza-se da Bacia do Sistema Ceará/Maranguape, próxima à foz do rio Maranguape, em sua margem direita. Engloba a sede do distrito de Antonio Bezerra e está associada às rochas da Formação Barreiras. A partir do comportamento apresentado pelos nitratos (TAB. 5.40), pode-se observar que os teores foram superiores ao limite de potabilidade das águas em alguns pontos ou períodos de monitoramento, atingindo valores até 5 vezes maiores que o máximo permitido. Já os cloretos, monitorados apenas na terceira campanha, mostraram valores dentro dos padrões ambientais, uma vez que os teores obtidos são inferiores a 250,0 mg/L. Por sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5.40) mostrou que as águas subterrâneas, de um modo geral, podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L), mas com períodos ou pontos específicos de produção de águas ligeiramente salobras (STD > 500,0 mg/L). Contudo, no caso das águas salobras, observa-se que elas encontram-se de acordo com o padrão de potabilidade, com teores de STD inferiores a 1.000 mg/L. Sendo assim, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são, quase sempre, de boa qualidade, à exceção de alguns pontos onde os teores de nitrato excedem o padrão de potabilidade das águas. Este comportamento indica o comprometimento da qualidade destas águas em função da poluição por efluentes líquidos (*e.g.* esgotos domésticos), uma vez que a referida micro-área encontra-se na zona urbana do município de Fortaleza. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA2-FOR

Localizada nos domínios da bacia do Sistema Cocó/Coaçu, na zona litorânea de Fortaleza (Bairro do Mucuripi), esta micro-área está associada às rochas da Unidade Dunas e Paleodunas. A partir do comportamento apresentado pelos nitratos (TAB. 5. 40), pode-se observar que os teores foram ligeiramente superiores a 10,0 mg/L (limite de potabilidade), atingindo valores até 3 vezes maiores que este limite, caracterizando águas inapropriadas ao consumo humano direto. Os cloretos, monitorados apenas na terceira campanha, mostraram valores acima dos padrões ambientais, uma vez que os teores obtidos foram superiores a 250,0 mg/L. Já a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5. 40) mostrou que as águas subterrâneas, de um modo geral, podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L), mas com períodos específicos de produção de águas salobras (STD >

500,0 mg/L). Neste caso, observa-se que em alguns períodos os teores de STD ultrapassam o limite de potabilidade, caracterizando as águas como impróprias ao consumo humano direto e dando forte indício de intrusão da cunha salina. Sendo assim, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área encontram-se parcialmente comprometidas, uma vez que os teores de nitratos, cloretos e de sólidos totais dissolvidos apresentam-se, em alguns períodos, acima do limite de potabilidade das águas, corroborando a idéia de poluição por efluente líquidos e de intrusão da cunha salina. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA3-FOR

Esta micro-área localiza-se nos domínios da bacia do Sistema Cocó/Coaçu, próximo à zona litorânea do município, e está associada às rochas das unidades Dunas e Paleodunas. Nesta micro-área, os nitratos (TAB. 5. 40) mostraram teores inferiores ao limite de potabilidade, caracterizando águas de boa qualidade. Os cloretos, por sua vez, monitorados apenas na segunda e terceira campanhas, também mostraram valores dentro dos padrões ambientais, uma vez que os teores obtidos foram inferiores a 250,0 mg/L. Contudo, em função da descontinuidade dos valores, não se pode afirmar que mantenham este padrão em outros períodos. Já a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5. 40) mostrou que as águas subterrâneas, de um modo geral, apresentam características de águas salobras (STD > 500,0 mg/L), mas com pontos e períodos específicos de produção de águas doces (STD < 500,0 mg/L). Para as águas salobras, observa-se ainda que, em alguns casos, elas encontram-se acima do limite de potabilidade (STD > 1.000 mg/L). Este comportamento corrobora a idéia de que os cloretos apresentem teores mais elevados em determinados períodos. Além disso, indica que as águas subterrâneas extraídas nesta micro-área estejam contribuindo para o avanço da cunha salina. Sendo assim, observa-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área encontram-se parcialmente comprometidas, mas ainda podem ser utilizadas para consumo humano. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA4-FOR

Localizada nos domínios da bacia do Sistema Cocó/Coaçu, na zona litorânea de Fortaleza, esta micro-área engloba a região da Praia do Futuro e associa-se às rochas da Unidade Dunas. Em alguns períodos (TAB. 5. 40), os nitratos mostraram teores superiores ao limite de

potabilidade, caracterizando águas de qualidade comprometida com relação a este parâmetro. Em outros períodos, no entanto, os teores se mantiveram inferiores ao limite de potabilidade das águas, demonstrando uma variação em relação à qualidade com base nos nitratos. Os cloretos, por sua vez, monitorados apenas na segunda e terceira campanhas, mostraram valores acima dos padrões ambientais em determinado período (terceira campanha), uma vez que os teores obtidos foram superiores a 250,0 mg/L. Contudo, na segunda campanha estiveram abaixo do limite de potabilidade estabelecido. Os valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5. 40) mostram ainda que as águas subterrâneas desta micro-área podem ser classificadas como salobras (STD > 500,0 mg/L) e, em alguns casos, acima do limite de potabilidade, com teores superiores a 1.000 mg/L na sétima e oitava campanhas. Com base nestas informações, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam uma certa variação dos teores dos parâmetros de interesse, que compromete a qualidade das águas subterrâneas em determinados períodos, seja pela poluição ou pela intrusão da cunha salina. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA5-FOR

Esta micro-área localiza-se nos domínios da bacia do Sistema Cocó/Coaçu, na margem esquerda do rio Cocó, associando-se às rochas do embasamento cristalino. O comportamento apresentado pelos nitratos revela que, na média, as águas subterrâneas são de boa qualidade, com teores inferiores a 10,0 mg/L. Contudo, há pontos e períodos de produção de águas com qualidade comprometida, em função dos valores de nitratos acima de 10,0 mg/L (TAB. 5. 40). Da mesma maneira, os cloretos, monitorados apenas na segunda e terceira campanhas, mostraram teores médios inferiores aos padrões ambientais, mas com a possibilidade de produção de águas com qualidade comprometida em determinados períodos. Os valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5. 40) mostram uma variação entre pontos e períodos de produção de águas doces e salobras, sendo que, na média, as águas subterrâneas podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L). No caso das águas salobras, observa-se ainda que os teores de STD são inferiores elas encontram-se, quase sempre, dentro dos padrões de potabilidade, com valores menores que 1.000 mg/L. Com base nestas informações, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam a sua qualidade comprometida em determinados pontos e/ou períodos do ano, mas, na média, elas são de boa qualidade para o consumo humano. Em parte, esta variação pode estar associada às condições geológicas locais, como também aos efeitos negativos da urbanização

(e.g. poluição por efluentes líquidos). Além disso, coloca-se que as suas fronteiras foram alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo.

MA6-FOR

Esta micro-área localiza-se nos domínios da bacia do Sistema Cocó/Coaçu, na margem esquerda do rio Cocó, e está associada às rochas do embasamento cristalino. Com base nos teores de nitratos (Figura 5. 40), observa-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são, em média, de boa qualidade, mas apresenta períodos e pontos específicos de produção de águas com qualidade comprometida, com teores de nitratos superiores a 10,0 mg/L. Por sua vez, os cloretos, monitorados apenas na segunda e terceira campanhas, mostraram valores sempre dentro dos padrões ambientais. Já com relação aos valores de STD (TAB. 5. 40), constata-se que, na média, as águas subterrâneas podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L), mas com períodos de produção de águas ligeiramente salobras e, em alguns casos, podendo até ultrapassar o limite de potabilidade, com teores de STD superiores a 1.000 mg/L. Com base nestas informações, admite-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam variações de qualidade em determinados períodos, mas, na média, são de boa qualidade. Ademais, cabe dizer que as suas fronteiras foram alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo.

MA7-FOR

Esta micro-área localiza-se nos domínios da bacia do Sistema Cocó/Coaçu, na margem esquerda do rio Coaçu, e está associada às rochas da Formação Barreiras. O comportamento apresentado pelos nitratos revela que as águas produzidas nesta micro-área, quase sempre, encontram-se com sua qualidade comprometida, uma vez que os teores registrados atingem valores até 3 vezes maiores que o limite máximo permitido (TAB. 5. 40). Contudo, há pontos e períodos de produção de águas de boa qualidade. Os cloretos, monitorados apenas na terceira campanha, mostraram valores dentro dos padrões ambientais, ou seja, inferiores a 250,0 mg/L. Já os valores mínimos, máximos e médios de STD (TAB. 5. 40) mostraram que as suas águas podem ser classificadas como doces e de boa qualidade, uma vez que os teores são inferiores a 500,0 mg/L. Com base nestas informações, pode-se admitir que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam sua qualidade comprometida em relação aos teores de nitratos. Ademais, coloca-se que as suas fronteiras foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo, compreendido pela área de contribuição da lagoa do Sapiranga, na margem esquerda do rio Coaçu.

MA8-FOR

A Micro-Área 8 localiza-se nos domínios da bacia do Pacoti, na zona litorânea de Fortaleza, e está associada às rochas da Unidade Dunas. Nesta micro-área apenas um ponto foi monitorado, em períodos descontínuos como mostra a TAB. 5. 40. Contudo, os valores obtidos para os parâmetros de interesse mostram que as águas subterrâneas produzidas são de boa qualidade, uma vez que os teores são inferiores aos limites de potabilidade estabelecidos. Ademais, cabe ressaltar que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo.

Município de Guaiúba

No município de Guaiúba, apenas uma micro-área estratégica, com um ponto de monitoramento, foi preliminarmente definida. Os valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros STD, Cl⁻ e NO₃⁻, são apresentados na TAB. 5.41. Cabe ressaltar que, nesta micro-área, a coleta de dados foi efetuado de maneira descontínua, tanto em relação aos parâmetros quanto aos períodos de monitoramento. Contudo, o comportamento hidroquímico é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.41 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Guaiúba

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-GUA	NO ₃ ⁻	Mín.	-	-	-	5,35	-	6,31	-	-
		Máx.	-	-	-	5,35	-	6,31	-	-
		Méd.	-	-	-	5,35	-	6,31	-	-
	Cl ⁻	Mín.	-	-	-	208,30	-	-	-	-
		Máx.	-	-	-	208,30	-	-	-	-
		Méd.	-	-	-	208,30	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	-	-	849,40	-	944,45	-	-
		Máx.	-	-	-	849,40	-	944,45	-	-
		Méd.	-	-	-	849,40	-	944,45	-	-

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-GUA

Esta micro-área situa-se nos domínios das rochas do embasamento cristalino, na Bacia hidrográfica do Pacoti, e engloba a sede distrital de Água Verde. Conforme os dados coletados no ponto descontinuamente monitorado nesta micro-área (TAB. 5.41), os teores dos parâmetros de interesse mostram que as águas subterrâneas produzidas são de boa qualidade,

uma vez que os teores são inferiores aos limites de potabilidade estabelecidos. Contudo, há que se destacar a produção de águas ligeiramente salobras, com teores de STD superiores a 500,0 mg/L. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo, limitado por um trecho da área de contribuição do rio Verde.

Município de Horizonte

No município de Horizonte, apenas uma micro-área foi preliminarmente definida. Ela localiza-se no limite entre as bacias do Pacoti e Malcozinhado, englobando a sede municipal, e associando-se às rochas da Formação Barreiras e Cristalino. Os valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros STD, Cl⁻ e NO₃⁻ são apresentados na TAB. 5.42. O comportamento hidroquímico nesta micro-área é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.42 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Horizonte

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-HOR	NO ₃ ⁻	Mín.	1,92	3,02	-	2,85	3,07	2,56	0,88	1,02
		Máx.	49,56	66,54	-	29,58	53,76	52,31	38,54	36,21
		Méd.	12,90	15,77	-	9,23	14,21	15,48	11,26	10,86
	Cl ⁻	Mín.	-	85,00	-	18,94	-	-	-	-
		Máx.	-	1.847,00	-	681,20	-	-	-	-
		Méd.	-	703,27	-	163,90	-	-	-	-
	STD	Mín.	118,95	102,70	-	120,90	100,75	184,60	161,85	159,90
		Máx.	3.673,80	3.508,05	-	3.647,80	3.500,25	3.329,95	3.775,20	3.697,20
		Méd.	753,15	715,55	-	693,12	651,60	674,70	667,33	632,10

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-HOR

Nesta micro-área, o comportamento apresentado pelos nitratos revela que, na média, as águas subterrâneas apresentam-se com teores acima do limite máximo permitido, caracterizando águas de qualidade comprometida. Contudo, percebe-se que há pontos ou períodos de produção de águas de boa qualidade (TAB. 5.42). Por sua vez, os cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas, mostraram também a possibilidade de pontos com produção de águas de boa qualidade, assim como de produção de águas com qualidade comprometida em determinados períodos, como indica a variação dos teores apresentados na TAB. 5.42. Este comportamento é também observado para os teores de STD. Neste caso, a variação dos valores mínimos, máximos e médios mostra a presença de pontos de produção de

águas doces e salobras, sendo que, na média, as águas subterrâneas podem ser classificadas como salobras (STD > 500,0 mg/L). No caso das águas salobras, observa-se ainda que elas encontram-se, quase sempre, com teores acima do limite de potabilidade, com valores superiores a 1.000 mg/L. De maneira geral, acredita-se que esta variação na qualidade das águas subterrâneas esteja relacionada à presença do embasamento subjacente (Unidade do Cristalino) que, comumente, apresenta águas com qualidade química inferior, principalmente em termos dos teores de STD e Cl⁻. Além disso, há também a possibilidade de poluição por esgotos, com indicam os teores de nitratos. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo, limitando a área de contribuição na cabeceira da Bacia do Malcozinhado.

Município de Itaitinga

Em Itaitinga, apenas um ponto vem sendo monitorado na micro-área que foi definida na Bacia do Sistema Cocó/Coaçu, na cabeceira do rio Coaçu. Ela envolve a sede municipal e está associada às rochas do embasamento cristalino. Na TAB. 5.43 são apresentados os valores obtidos para os parâmetros de interesse. O comportamento hidroquímico nesta micro-área é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.43 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Itaitinga

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MAI-ITA	NO ₃ ⁻	Mín.	47,30	59,30	29,4	31,41	60,02	-	34,78	35,61
		Máx.	47,30	59,30	29,4	31,41	60,02	-	34,78	35,61
		Méd.	47,30	59,30	29,4	31,41	60,02	-	34,78	35,61
	Cl ⁻	Mín.	-	122,60	52,30	106,60	-	-	-	-
		Máx.	-	122,60	52,30	106,60	-	-	-	-
		Méd.	-	122,60	52,30	106,60	-	-	-	-
	STD	Mín.	516,10	289,25	336,70	548,60	295,10	-	446,55	438,10
		Máx.	516,10	289,25	336,70	548,60	295,10	-	446,55	438,10
		Méd.	516,10	289,25	336,70	548,60	295,10	-	446,55	438,10

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MAI-ITA

Nesta micro-área, o comportamento apresentado pelos nitratos revela teores sempre acima do limite de potabilidade, atingindo valores de até 6 vezes maiores que o máximo permitido (TAB. 5.43), e comprometendo a qualidade das águas subterrâneas. Já os cloretos, monitorados apenas na segunda, terceira e quarta campanhas, apresentaram teores dentro dos padrões ambientais (limite de 250,0 mg/L). Por sua vez, a variação dos teores de STD (TAB.

5.43) mostram que as águas subterrâneas encontram-se dentro dos padrões de qualidade para este parâmetro, mas apresentam períodos de produção de águas ligeiramente salobras (STD > 500,0 mg/L). De modo geral, constata-se que esta micro-área não apresentou problemas com relação aos parâmetros STD e Cl⁻. Contudo, em função dos teores de NO₃⁻, mostraram que a sua qualidade encontra-se comprometida. Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a ser marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto venha a afetar as áreas vizinhas. Neste sentido, apresenta-se a sua expansão para um trecho da área de contribuição da caberia do rio Coaçu.

Município de Maracanaú

Em Maracanaú, a micro-área estratégica foi definida no limite entre as bacias do Sistema Ceará/Maranguape e do Sistema Cocó/Coaçu, englobando o distrito de Pajuçara e estando associada às rochas do embasamento cristalino. Na TAB. 5.44 são apresentados os valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse. O comportamento hidroquímico nesta micro-área é descrito em função destes valores, como mostrado a seguir.

Tabela 5.44 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Maracanaú

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MAI-MARAC	NO ₃ ⁻	Mín.	-	11,54	-	4,58	11,32	15,94	0,94	2,04
		Máx.	-	11,54	-	4,58	11,32	32,51	28,97	29,62
		Méd.	-	11,54	-	4,58	11,32	24,23	13,92	14,89
	Cl ⁻	Mín.	-	179,50	-	152,70	-	-	-	-
		Máx.	-	179,50	-	152,70	-	-	-	-
		Méd.	-	179,50	-	152,70	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	679,90	-	736,45	687,05	655,20	641,55	561,60
		Máx.	-	679,90	-	736,45	687,05	718,90	1.253,85	1.196,65
		Méd.	-	679,90	-	736,45	687,05	687,05	850,85	799,72

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MAI-MARAC

Nesta micro-área, o comportamento apresentado pelos nitratos revela que, na média, os teores estão acima do limite de potabilidade, comprometendo a qualidade das águas subterrâneas. Contudo, nota-se que existem pontos de produção de águas de boa qualidade (TAB. 5.44). Já os cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas, apresentaram valores inferiores ao limite máximo permitido (250,0 mg/L), indicando a boa qualidade destas águas em relação a este parâmetro.

Por sua vez, a variação dos teores de STD mostraram que as águas subterrâneas podem ser classificadas como salobras (STD > 500,0 mg/L), com períodos de produção de águas acima do limite de potabilidade, como demonstram os valores superiores a 1.000 mg/L. Isto é um indicativo de que os teores de cloretos podem também estar comprometendo a qualidade das águas subterrâneas nestes períodos. De modo geral, constata-se que esta micro-área encontra-se com a qualidade de suas águas subterrâneas comprometida pelos teores elevados de NO₃⁻ e STD. Este comportamento reflete o contexto geológico em que ela se encontra e os efeitos negativos da urbanização (*e.g.* lançamento de esgotos). Além disso, cabe ressaltar que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a ser marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto venha a afetar as áreas vizinhas. Neste sentido, apresenta-se a sua expansão para um trecho da área de contribuição entre os rios Cocó e Maranguape.

Município de Maranguape

No município de Maranguape foram definidas preliminarmente 2 micro-áreas estratégicas, para as quais os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.* STD, Cl⁻ e NO₃⁻) são apresentados na TAB. 5.45. O comportamento hidroquímico nestas micro-áreas é descrito em função destes valores.

Tabela 5.45 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Maranguape

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-MARAN	NO ₃ ⁻	Mín.	28,08	31,76	-	19,52	32,14	17,66	18,04	21,03
		Máx.	28,08	31,76	-	19,52	32,14	29,31	30,02	29,84
		Méd.	28,08	31,76	-	19,52	32,14	23,49	24,03	25,44
	Cl ⁻	Mín.	-	1.489,00	-	2.027,00	-	-	-	-
		Máx.	-	1.489,00	-	2.027,00	-	-	-	-
		Méd.	-	1.489,00	-	2.027,00	-	-	-	-
	STD	Mín.	3.681,60	3.634,15	-	3.908,45	3.641,95	3.790,80	3.773,90	3.701,10
		Máx.	3.681,60	3.634,15	-	3.908,45	3.641,95	4.492,15	4.376,45	4.054,05
		Méd.	3.681,60	3.634,15	-	3.908,45	3.641,95	4.141,48	4.075,18	3.877,58
MA2-MARAN	NO ₃ ⁻	Mín.	-	-	-	5,30	-	6,90	-	-
		Máx.	-	-	-	5,30	-	6,90	-	-
		Méd.	-	-	-	5,30	-	6,90	-	-
	Cl ⁻	Mín.	-	-	-	144,20	-	-	-	-
		Máx.	-	-	-	144,20	-	-	-	-
		Méd.	-	-	-	144,20	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	-	-	823,40	-	982,80	-	-
		Máx.	-	-	-	823,40	-	982,80	-	-
		Méd.	-	-	-	823,40	-	982,80	-	-

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-MARAN

Esta micro-área localiza-se na cabeceira da Bacia Hidrográfica de São Gonçalo, englobando o distrito de Lagoa do Juvenal e estando associada às rochas do embasamento cristalino. Nesta micro-área, o comportamento apresentado pelos nitratos revela teores sempre acima dos padrões de potabilidade, atingindo valores até 3 vezes maiores que o limite máximo permitido e caracterizando as águas como impróprias ao consumo humano direto. Os cloretos, monitorados apenas na segunda e quarta campanhas, também apresentaram valores muito acima dos padrões ambientais (limite de 250,0 mg/L), comumente maiores que 1.000 mg/L, indicando a alta salinidade destas águas. Por sua vez, a variação dos teores de STD comprovam a tendência demonstrada pelos cloretos e mostram que as águas subterrâneas deste micro-área podem ser classificadas como salobras (STD > 500,0 mg/L), encontrando-se também fora dos padrões de potabilidade, com teores de STD situados entre 3.000 e 4.000 mg/L. Isto caracteriza a produção de águas inapropriadas para o consumo humano direto, sendo consumidas somente após um tratamento prévio (dessalinizador). Assim, constata-se que os teores dos parâmetros considerados são normalmente superiores aos limites estabelecidos para a potabilidade das águas, mostrando o potencial de produção de águas subterrâneas de baixa qualidade nesta micro-área. Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área poderiam ser expandidas de tal forma a abranger limites hidrográficos mais representativos, sem que isto venha a afetar as áreas vizinhas. Neste sentido, apresenta-se a sua expansão para a área de contribuição do riacho do Cedro.

MA2-MARAN

Esta micro-área localiza-se nos domínios das rochas do embasamento cristalino, na Bacia do Pacoti, abrangendo o distrito de Penedo. Cabe ressaltar que, nesta micro-área, apenas um ponto foi monitorado, sendo a coleta de dados efetuado de maneira descontínua, tanto em relação aos parâmetros quanto aos períodos de monitoramento. Sendo assim, conforme os dados disponíveis, constata-se que os teores dos parâmetros de interesse mostram que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são de boa qualidade, uma vez que os teores são inferiores aos limites de potabilidade estabelecidos. Contudo, há que se destacar a produção de águas ligeiramente salobras, com teores de STD superiores a 500 mg/L, mas inferiores a 1.000 mg/L. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo, limitado por um trecho da área de contribuição da cabeceira do riacho do Baú, afluente do rio Pacoti.

Município de Pacajus

No município de Pacajus foram definidas preliminarmente 2 micro-áreas estratégicas, para as quais os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.* STD, Cl⁻ e NO₃⁻) são apresentados na TAB. 5.46. O comportamento hidroquímico nestas micro-áreas é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.46 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Pacajus

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-PACAJ	NO ₃ ⁻	Mín.	3,16	4,32	-	3,96	4,35	4,01	2,54	2,34
		Máx.	87,10	101,40	-	29,25	58,84	87,28	68,95	62,32
		Méd.	27,69	39,20	-	14,88	29,36	31,78	25,00	22,94
	Cl ⁻	Mín.	-	225,90	-	188,60	-	-	-	-
		Máx.	-	1.832,00	-	1.690,00	-	-	-	-
		Méd.	-	1.050,71	-	842,14	-	-	-	-
	STD	Mín.	609,70	594,75	-	577,20	599,95	621,40	25,91	546,65
		Máx.	3.692,00	3.660,80	-	3.716,70	3.677,70	3.751,80	3.566,55	3.358,55
		Méd.	2.192,45	2.065,89	-	2.080,70	1.987,92	2.118,78	1.880,59	1.913,70
MA2-PACAJ	NO ₃ ⁻	Mín.	1,38	3,17	-	3,04	3,21	0,98	0,24	1,25
		Máx.	72,08	78,30	-	39,28	72,65	67,47	56,37	55,32
		Méd.	28,26	28,17	-	14,60	24,20	18,03	14,02	13,80
	Cl ⁻	Mín.	-	16,32	-	14,85	-	-	-	-
		Máx.	-	1.328,00	-	201,70	-	-	-	-
		Méd.	-	490,65	-	72,31	-	-	-	-
	STD	Mín.	152,10	81,25	-	103,35	85,80	118,95	21,00	126,10
		Máx.	950,95	736,45	-	861,90	741,65	861,90	863,20	735,80
		Méd.	406,37	310,05	-	341,45	291,12	362,51	319,12	311,35

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-PACAJ

Esta micro-área localiza-se na Bacia do Baixo Choró, englobando os distritos de Itaipaba e Pascoal e estando associada às rochas da Formação Barreiras, mas podendo sofrer, em profundidade, a influência de rochas do embasamento cristalino, dada a proximidade do contato. Para o caso dos nitratos, observa-se que os teores máximos e médios estão sempre acima do limite de potabilidade das águas, em certos casos, atingindo valores até 10 vezes maiores que o máximo permitido. Por outro lado, é possível perceber também que alguns pontos produzem águas com teores de nitratos inferiores a 10,0 mg/L e, portanto, de acordo com o padrão estabelecido para consumo humano. Os cloretos, a exemplo dos nitratos, também mostram teores acima do padrão de potabilidade das águas, com a possibilidade de produção de águas com boa qualidade em alguns pontos desta micro-área. Por sua vez, os

valores mínimos, máximos e médios de STD mostram que as águas subterrâneas, de um modo geral, podem ser classificadas como salobras (STD > 500 mg/L), sendo que, às vezes, encontram-se fora dos padrões de potabilidade, apresentando teores superiores a 1.000 mg/L. Mesmo com estas características estas águas são consumidas com alguma restrição ou após um tratamento prévio (dessalinizador). Assim, constata-se que tanto os teores de NO_3^- quanto os de STD e de Cl^- , nesta micro-área, são normalmente superiores ao limite estabelecido para a potabilidade das águas. Isto demonstra que as águas subterrâneas produzidas aqui têm a sua qualidade comprometida tanto pela poluição por efluente líquidos quanto pela influência dos teores naturalmente elevados de sais nas rochas do embasamento. Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a englobar uma área de contribuição maior, marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto incorra em prejuízos à qualidade das águas subterrâneas de micro-áreas vizinhas. Neste sentido, apresenta-se a sua para a área de contribuição intermediária do riacho Areré, afluente do rio Choró.

MA2-PACAJ

Esta micro-área localiza-se na Bacia do Baixo Choró, abrangendo a sede municipal e estando associada às rochas da Formação Barreiras. Para o caso dos nitratos, observa-se que os teores médios estão sempre acima do padrão de potabilidade, e que, em certos casos, atinge valores até 7 vezes acima do limite máximo permitido. Por outro lado, é possível perceber também que alguns pontos produzem águas com teores de nitratos inferiores a 10,0 mg/L e, portanto, dentro do padrão de potabilidade das águas. Os cloretos, a exemplo dos nitratos, também mostram teores acima do padrão de potabilidade, mas com a possibilidade de produção de águas com boa qualidade em alguns pontos desta micro-área. Por sua vez, os valores médios de STD mostram que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L), mas com pontos e períodos de produção de águas ligeiramente salobras. Ainda assim, neste caso as águas de boa qualidade para o consumo humano, pois os teores apresentados são inferiores a 1.000,0 mg/L. De maneira geral, constata-se, em certos períodos e pontos de monitoramento, que tanto os teores de NO_3^- quanto os de STD e de Cl^- nesta micro-área são normalmente superiores ao limite estabelecido para a potabilidade das águas. Isto demonstra que as águas subterrâneas produzidas aqui têm a sua qualidade comprometida em determinados pontos e períodos. Acredita-se que esta variação na qualidade das águas subterrâneas, esteja relacionada à poluição por efluentes domésticos e à presença do embasamento subjacente que, comumente,

apresenta águas com qualidade química inferior, principalmente em termos dos teores de STD e Cl⁻. Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a englobar uma área de contribuição maior, marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto incorra em prejuízos à qualidade de suas águas subterrâneas ou de micro-áreas vizinhas. Neste sentido, apresenta-se a sua para a área de contribuição do açude do Campo, a oeste do açude Pacajus.

Município de Pacatuba

Em Pacatuba, a sua micro-área estratégica foi definida nos domínios das rochas do embasamento cristalino, englobando a sede municipal, na Bacia do Sistema Cocó/Coaçu. Na TAB. 5.47 são apresentados os valores mínimos máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse. Cabe ressaltar que, nesta micro-área, a coleta de dados foi efetuado de maneira descontínua, tanto em relação aos parâmetros quanto aos períodos de monitoramento. Contudo, o comportamento hidroquímico é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.47 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de Pacatuba

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MAI-PACAT	NO ₃ ⁻	Mín.	-	7,60	-	-	-	8,35	-	-
		Máx.	-	7,60	-	-	-	8,35	-	-
		Méd.	-	7,60	-	-	-	8,35	-	-
	Cl ⁻	Mín.	-	112,50	-	-	-	-	-	-
		Máx.	-	112,50	-	-	-	-	-	-
		Méd.	-	112,50	-	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	621,20	-	-	-	639,60	-	-
		Máx.	-	621,20	-	-	-	639,60	-	-
		Méd.	-	621,20	-	-	-	639,60	-	-

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MAI-PACAT

Conforme os dados coletados nesta micro-área (TAB. 5.47), os teores dos parâmetros de interesse mostram que as águas subterrâneas produzidas são de boa qualidade, uma vez que os teores são inferiores aos limites de potabilidade estabelecidos. Contudo, há que se destacar a produção de águas ligeiramente salobras, com teores de STD superiores a 500,0 mg/L, mas ainda apropriadas ao consumo humano direto. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta

micro-área foram alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo, limitado por um trecho da área de contribuição do rio Cocó.

Município de São Gonçalo do Amarante

No município de São Gonçalo do Amarante foram definidas preliminarmente 3 micro-áreas estratégicas, para as quais os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.* STD, Cl⁻ e NO₃⁻) são apresentados na TAB. 5.48. O comportamento hidroquímico nestas micro-áreas é descrito em função destes valores, conforme apresentado a seguir.

Tabela 5.48 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse, por micro-área estratégica no município de São Gonçalo do Amarante

Micro-Área Estratégica	Parâmetro Analisado	Ref.	Valores Obtidos por Campanha de Monitoramento (mg/L)							
			1 ^a (22/12/03)	2 ^a (01/03/04)	3 ^a (28/05/04)	4 ^a (21/09/04)	5 ^a (13/12/04)	6 ^a (05/03/05)	7 ^a (26/04/05)	8 ^a (09/06/05)
MA1-SGA	NO ₃ ⁻	Mín.	0,75	0,68	1,12	-	1,12	0,85	0,65	1,24
		Máx.	0,75	0,68	47,27	-	1,12	42,17	34,48	36,12
		Méd.	0,75	0,68	15,28	-	1,12	13,24	11,67	12,24
	Cl ⁻	Mín.	-	13,60	7,73	-	-	-	-	-
		Máx.	-	13,60	172,90	-	-	-	-	-
		Méd.	-	13,60	56,17	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	87,75	89,70	46,80	-	85,80	55,25	45,50	46,80
		Máx.	87,75	89,70	563,55	-	85,80	599,95	581,75	546,65
		Méd.	87,75	89,70	274,22	-	85,80	243,84	194,96	236,38
MA2-SGA	NO ₃ ⁻	Mín.	-	8,60	-	-	-	12,20	-	-
		Máx.	-	8,60	-	-	-	12,20	-	-
		Méd.	-	8,60	-	-	-	12,20	-	-
	Cl ⁻	Mín.	-	520,40	-	-	-	-	-	-
		Máx.	-	520,40	-	-	-	-	-	-
		Méd.	-	520,40	-	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	-	1.184,60	-	-	-	1.387,10	-	-
		Máx.	-	1.184,60	-	-	-	1.387,10	-	-
		Méd.	-	1.184,60	-	-	-	1.387,10	-	-
MA3-SGA	NO ₃ ⁻	Mín.	9,34	7,95	-	-	8,24	12,57	8,61	9,62
		Máx.	12,58	10,70	-	-	10,89	16,37	11,42	14,25
		Méd.	10,96	9,33	-	-	9,57	14,47	10,02	11,94
	Cl ⁻	Mín.	-	122,30	-	-	-	-	-	-
		Máx.	-	625,40	-	-	-	-	-	-
		Méd.	-	373,85	-	-	-	-	-	-
	STD	Mín.	406,25	312,00	-	-	396,50	469,30	475,80	464,10
		Máx.	2.473,25	1.959,10	-	-	2.353,65	2.485,60	2.356,25	2.176,20
		Méd.	1.439,75	1.135,55	-	-	1.375,08	1.477,45	1.416,03	1.320,15

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

MA1-SGA

Esta micro-área localiza-se na Bacia do Gereraú e está associada às rochas das unidades Paleodunas e Dunas, englobando toda a zona litorânea do município e abrangendo os distritos de Siupé e Taíba e Pecém. Para o caso dos nitratos, observa-se que os teores máximos e médios apresentam uma ampla variação, indicando a alternância de pontos e períodos de produção de águas com qualidade comprometida. Por outro lado, é possível perceber também que alguns pontos produzem águas com teores de nitratos inferiores a 10,0 mg/L e, portanto, de acordo com o padrão estabelecido para consumo humano. Por sua vez, os cloretos, monitorados apenas na terceira e quarta campanhas, mostram teores dentro dos padrões ambientais, uma vez que os valores obtidos são inferiores a 250,0 mg/L. Já a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD mostra que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área, de modo geral, podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L), mas com períodos específicos de produção de águas ligeiramente salobras (STD > 500,0 mg/L), como demonstrado em alguns períodos de monitoramento. Sendo assim, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam a sua qualidade comprometida apenas em função dos teores de nitratos. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram ligeiramente alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico mais representativo.

MA2-SGA

Esta micro-área localiza-se nos domínios das rochas do embasamento cristalino, na Bacia do São Gonçalo, próximo ao distrito de Umarituba Cabe ressaltar que, nesta micro-área, apenas um ponto foi monitorado, sendo a coleta de dados efetuado de maneira descontínua, tanto em relação aos parâmetros quanto aos períodos de monitoramento. Sendo assim, conforme os dados disponíveis, constata-se que os teores dos parâmetros de interesse mostram que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam a sua qualidade comprometida, uma vez que os teores dos parâmetros de interesse são superiores aos limites de potabilidade estabelecidos. De modo geral, as águas são salobras, com teores de STD superiores a 1.0000 mg/L. Ademais, coloca-se que as fronteiras desta micro-área foram alteradas para incorporarem um contorno hidrográfico/hidrológico mais representativo. As novas fronteiras correspondem à área de contribuição e de descarga dos açudes Taboca e Miramar, situada entre o limite municipal e a margem esquerda do rio São Gonçalo.

MA3-SGA

Esta micro-área localiza-se na Bacia do São Gonçalo, próximo ao distrito de Croatá, e está associada às rochas do embasamento cristalino, tipicamente, com características hidrogeológicas mais restritivas que as demais unidades do sistema. Para o caso dos nitratos, os teores observados mostram-se, quase sempre, acima dos padrões de potabilidade, atingindo valores de 2 a 4 vezes maiores que o limite máximo permitido. Os cloretos, por sua vez, monitorados apenas na segunda campanha, apresentou valores também superiores aos limites estabelecidos em padrões ambientais. Já a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD mostra que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área podem ser classificadas como salobras ($STD > 500,0$ mg/L), e que, às vezes, encontram-se fora dos padrões de potabilidade, apresentando teores superiores a 1.000 mg/L. Sendo assim, observa-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área têm, normalmente, a sua qualidade comprometida tanto pelos teores de STD e Cl^- quanto pelos teores de NO_3^- . Além disso, considera-se que as fronteiras desta micro-área podem ser expandidas de tal forma a englobar uma área de contribuição maior, marcada por limites hidrográficos mais representativos, sem que isto incorra em prejuízo à qualidade de suas águas subterrâneas, uma vez que as características hidroquímicas nas suas vizinhanças são praticamente constantes, devido ao contexto hidrogeológico em que se encontram. Neste sentido, apresenta-se a sua expansão para a área de contribuição da cabeceira do riacho Pau d'óleo.

5.1.2.2.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas Estratégicas da **RMF**

Para caracterizar e hierarquizar o potencial de qualidade das águas subterrâneas da **RMF** será abordada uma metodologia de análise que consiste em determinar o Índice Relativo de Qualidade (**IRQ**) para cada uma das micro-áreas estratégicas, em função dos parâmetros de interesse avaliados anteriormente, quais sejam: NO_3^- , Cl^- e STD. Para tanto, adotou-se o seguinte procedimento:

1. Com base nos valores mínimos, máximos e médios apresentados no item anterior (TAB. 5.36 a 5.48), são resgatados os valores mínimo minimorum ($V_{i\ min.}$), máximo maximorum ($V_{i\ máx.}$) e a média dos valores médios ($V_{i\ méd.}$) relativos aos parâmetros i (*i.e.* NO_3^- , Cl^- e STD), em cada micro-área estratégica, como mostra a TAB. 5.49.

Tabela 5.49 - Valores de interesse para determinação do Índice Relativo de Qualidade (IRQ) nas micro-áreas estratégicas

Município	Micro-Área Estratégica	Valor Mínimo Minimorum ($V_{i\ min.}$) (mg/L)			Valor Máximo Maximorum ($V_{i\ max.}$) (mg/L)			Média dos Valores Médios ($V_{i\ méd.}$) (mg/L)		
		NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD
Aquiraz	MA1-AQU	3,61	104,10	755,95	14,46	946,10	1.744,60	7,52	458,57	1.306,72
	MA2-AQU	0,41	55,07	27,00	18,04	946,10	2.242,50	7,18	344,61	832,35
	MA3-AQU	0,22	77,97	209,20	13,25	874,20	1.964,10	5,20	304,95	643,15
	MA4-AQU	0,66	21,98	131,95	9,81	135,40	491,40	2,31	67,40	330,19
Caucaia	MA1-CAUC	0,24	32,07	61,75	59,31	1.085,00	2.155,40	16,03	284,90	859,21
	MA2-CAUC	24,95	219,40	835,25	99,95	219,40	1.477,45	50,02	219,40	1.120,04
	MA3-CAUC	0,77	101,90	291,85	87,50	371,70	3.120,00	29,14	192,59	691,38
	MA4-CAUC	0,95	117,10	300,30	16,55	202,80	891,80	6,32	159,95	495,26
	MA5-CAUC	0,18	10,80	42,90	9,62	48,93	322,40	2,67	21,43	77,67
Chorozinho	MA1-CHO	0,89	486,90	1.078,35	57,61	3.198,00	6.413,55	19,99	1.323,46	2.714,82
Eusébio	MA1-EUS	8,90	164,40	697,54	9,40	164,40	789,75	9,15	164,40	743,65
Fortaleza	MA1-FOR	0,11	40,50	92,95	56,52	179,50	1.421,55	8,83	97,96	334,99
	MA2-FOR	0,22	480,91	304,85	56,32	480,91	1.701,05	17,68	480,91	708,87
	MA3-FOR	0,68	126,80	341,25	9,21	151,90	1.034,80	4,81	138,70	614,22
	MA4-FOR	0,77	164,40	183,30	30,75	430,60	1.723,80	15,28	297,50	816,08
	MA5-FOR	0,12	85,52	198,25	18,30	299,20	938,60	6,07	183,74	477,08
	MA6-FOR	0,31	61,20	165,75	15,02	155,70	1.177,80	4,18	125,08	407,67
	MA7-FOR	2,05	26,08	156,00	28,75	138,20	408,85	14,05	82,14	295,33
	MA8-FOR	0,25	83,40	197,60	8,15	83,40	334,75	3,79	83,40	257,98
Guaiúba	MA1-GUA	5,35	208,30	849,40	6,31	208,30	944,45	5,83	208,30	896,93
Horizonte	MA1-HOR	0,88	18,94	100,75	66,54	1.847,00	3.775,20	12,82	433,59	683,94
Itaitinga	MA1-ITA	29,40	52,30	289,25	60,02	122,60	548,60	42,55	93,83	410,06
Maracanaú	MA1-MARAC	0,94	152,70	561,60	32,51	179,50	1.253,85	13,41	166,10	719,95
Maranguape	MA1-MARAN	17,66	1.489,00	3.634,15	32,14	2.027,00	4.492,15	26,35	1.758,00	3.851,48
	MA2-MARAN	5,30	144,20	823,40	6,90	144,20	982,80	6,10	144,20	903,10
Pacajus	MA1-PACAJ	2,34	188,60	25,91	101,40	1.832,00	3.751,80	27,26	946,42	2.034,29
	MA2-PACAJ	0,24	14,85	21,00	78,30	1.328,00	950,95	20,15	333,73	334,57
Pacatuba	MA1-PACAT	7,60	112,50	621,20	8,35	112,50	639,60	7,98	112,50	630,40
São Gonçalo do Amarante	MA1-SGA	0,65	7,73	45,50	47,27	172,90	599,95	7,85	34,89	725,83
	MA2-SGA	8,60	520,40	1.184,60	12,20	520,40	1.387,10	10,40	520,40	1.285,85
	MA3-SGA	7,95	122,30	312,00	16,37	625,40	2.485,60	11,05	373,85	1.360,67

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

2. A partir dos valores (V_i) apresentados na TAB. 5.49 e com base nos Valores Máximos Permitidos (VMP_i) para cada parâmetro i avaliado ($NO_3^- = 10$ mg/L; $Cl^- = 250$ mg/L; $STD = 1.000$ mg/L), conforme estabelecido pelo padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04), calcula-se o IRQ_i mínimo, máximo e médio de cada parâmetro, por micro-área estratégica, de acordo com as seguintes expressões base (Eq. 5.3 a 5.5):

$$IRQ_{i.mín.} = \frac{V_{i.mín.}}{VMP_i} \quad (\text{Eq. 5.3})$$

$$IRQ_{i.máx.} = \frac{V_{i.máx.}}{VMP_i} \quad (\text{Eq. 5.4})$$

$$IRQ_{i.méd.} = \frac{V_{i.méd.}}{VMP_i} \quad (\text{Eq. 5.5})$$

3. Sendo assim, considerando o parâmetro NO_3^- e os valores V_i apresentados (TAB. 5.49), os respectivos valores do IRQ_i (TAB. 5.50) são calculados pelas seguintes expressões (Eq. 5.6 a 5.8):

$$IRQ_{\text{NO}_3^-.mín.} = \frac{V_{\text{NO}_3^-.mín.}}{10} \quad (\text{Eq. 5.6})$$

$$IRQ_{\text{NO}_3^-.máx.} = \frac{V_{\text{NO}_3^-.máx.}}{10} \quad (\text{Eq. 5.7})$$

$$IRQ_{\text{NO}_3^-.méd.} = \frac{V_{\text{NO}_3^-.méd.}}{10} \quad (\text{Eq. 5.8})$$

4. Da mesma maneira, considerando o parâmetro Cl^- e os valores V_i apresentados (TAB. 5.49), os respectivos valores do IRQ_i (TAB. 5.50) são calculados pelas seguintes expressões (Eq. 5.9 a 5.11):

$$IRQ_{\text{Cl}^-.mín.} = \frac{V_{\text{Cl}^-.mín.}}{250} \quad (\text{Eq. 5.9})$$

$$IRQ_{\text{Cl}^-.máx.} = \frac{V_{\text{Cl}^-.máx.}}{250} \quad (\text{Eq. 5.10})$$

$$IRQ_{\text{Cl}^-.méd.} = \frac{V_{\text{Cl}^-.méd.}}{250} \quad (\text{Eq. 5.11})$$

5. Para o parâmetro STD e os valores V_i apresentados (TAB. 5.49), os respectivos valores do IRQ_i (TAB. 5.50) são calculados pelas expressões (Eq. 5.12 a 5.14):

$$IRQ_{\text{STD}.mín.} = \frac{V_{\text{STD}.mín.}}{1.000} \quad (\text{Eq. 5.12})$$

$$IRQ_{\text{STD}.máx.} = \frac{V_{\text{STD}.máx.}}{1.000} \quad (\text{Eq. 5.13})$$

$$IRQ_{\text{STD}.méd.} = \frac{V_{\text{STD}.méd.}}{1.000} \quad (\text{Eq. 5.14})$$

Tabela 5.50 - Valores mínimos, máximos e médios de **IRQ**, calculados por parâmetro de interesse e na média para cada micro-área estratégica

Município	Micro-Área Estratégica	IRQ _i min.			IRQ _{min.}	IRQ _i máx.			IRQ _{máx.}	IRQ _i méd.			IRQ _{méd.}
		NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD		NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD		NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	
Aquiraz	MA1-AQU	0,36	0,42	0,76	0,51	1,45	3,78	1,74	2,33	0,75	1,83	1,31	1,30
	MA2-AQU	0,04	0,22	0,03	0,10	1,80	3,78	2,24	2,61	0,72	1,38	0,83	0,98
	MA3-AQU	0,02	0,31	0,21	0,18	1,33	3,50	1,96	2,26	0,52	1,22	0,64	0,79
	MA4-AQU	0,07	0,09	0,13	0,10	0,98	0,54	0,49	0,67	0,23	0,27	0,33	0,28
Caucaia	MA1-CAUC	0,02	0,13	0,06	0,07	5,93	4,34	2,16	4,14	1,60	1,14	0,86	1,21
	MA2-CAUC	2,50	0,88	0,84	1,40	10,00	0,88	1,48	4,12	5,00	0,88	1,12	2,33
	MA3-CAUC	0,08	0,41	0,29	0,26	8,75	1,49	3,12	4,45	2,91	0,77	0,69	1,46
	MA4-CAUC	0,10	0,47	0,30	0,29	1,66	0,81	0,89	1,12	0,63	0,64	0,50	0,59
	MA5-CAUC	0,02	0,04	0,04	0,03	0,96	0,20	0,32	0,49	0,27	0,09	0,08	0,14
Chorozinho	MA1-CHO	0,09	1,95	1,08	1,04	5,76	12,79	6,41	8,32	2,00	5,29	2,71	3,34
Eusébio	MA1-EUS	0,89	0,66	0,70	0,75	0,94	0,66	0,79	0,80	0,92	0,66	0,74	0,77
Fortaleza	MA1-FOR	0,01	0,16	0,09	0,09	5,65	0,72	1,42	2,60	0,88	0,39	0,33	0,54
	MA2-FOR	0,02	1,92	0,30	0,75	5,63	1,92	1,70	3,09	1,77	1,92	0,71	1,47
	MA3-FOR	0,07	0,51	0,34	0,31	0,92	0,61	1,03	0,85	0,48	0,55	0,61	0,55
	MA4-FOR	0,08	0,66	0,18	0,31	3,08	1,72	1,72	2,17	1,53	1,19	0,82	1,18
	MA5-FOR	0,01	0,34	0,20	0,18	1,83	1,20	0,94	1,32	0,61	0,73	0,48	0,61
	MA6-FOR	0,03	0,24	0,17	0,15	1,50	0,62	1,18	1,10	0,42	0,50	0,41	0,44
	MA7-FOR	0,21	0,10	0,16	0,16	2,88	0,55	0,41	1,28	1,40	0,33	0,30	0,68
	MA8-FOR	0,03	0,33	0,20	0,19	0,82	0,33	0,33	0,49	0,38	0,33	0,26	0,32
Guaiúba	MA1-GUA	0,54	0,83	0,85	0,74	0,63	0,83	0,94	0,80	0,58	0,83	0,90	0,77
Horizonte	MA1-HOR	0,09	0,08	0,10	0,09	6,65	7,39	3,78	5,94	1,28	1,73	0,68	1,23
Itaitinga	MA1-ITA	2,94	0,21	0,29	1,15	6,00	0,49	0,55	2,35	4,25	0,38	0,41	1,68
Maracanaú	MA1-MARAC	0,09	0,61	0,56	0,42	3,25	0,72	1,25	1,74	1,34	0,66	0,72	0,91
Maranguape	MA1-MARAN	1,77	5,96	3,63	3,79	3,21	8,11	4,49	5,27	2,64	7,03	3,85	4,51
	MA2-MARAN	0,53	0,58	0,82	0,64	0,69	0,58	0,98	0,75	0,61	0,58	0,90	0,70
Pacajus	MA1-PACAJ	0,23	0,75	0,03	0,34	10,14	7,33	3,75	7,07	2,73	3,79	2,03	2,85
	MA2-PACAJ	0,02	0,06	0,02	0,03	7,83	5,31	0,95	4,70	2,02	1,33	0,33	1,23
Pacatuba	MA1-PACAT	0,76	0,45	0,62	0,61	0,84	0,45	0,64	0,64	0,80	0,45	0,63	0,63
São Gonçalo do Amarante	MA1-SGA	0,07	0,03	0,05	0,05	4,73	0,69	0,60	2,01	0,79	0,14	0,73	0,55
	MA2-SGA	0,86	2,08	1,18	1,38	1,22	2,08	1,39	1,56	1,04	2,08	1,29	1,47
	MA3-SGA	0,80	0,49	0,31	0,53	1,64	2,50	2,49	2,21	1,10	1,50	1,36	1,32

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

6. Finalmente, a partir dos valores de $IRQ_{i\ min.}$, $IRQ_{i\ máx.}$ e $IRQ_{i\ méd.}$, calculados para cada parâmetro i considerado, pode-se então calcular o $IRQ_{min.}$, $IRQ_{máx.}$ e $IRQ_{méd.}$ para cada micro-área estratégica da RMF (TAB. 5.50), de acordo com as seguintes expressões (Eq. 5.15 a 5.17):

$$IRQ_{min.} = \frac{IRQ_{NO_3^-.min.} + IRQ_{Cl^-.min.} + IRQ_{STD.min.}}{3} \quad (\text{Eq. 5.15})$$

$$IRQ_{máx.} = \frac{IRQ_{NO_3^-.máx.} + IRQ_{Cl^-.máx.} + IRQ_{STD.máx.}}{3} \quad (\text{Eq. 5.16})$$

$$IRQ_{méd.} = \frac{IRQ_{NO_3^-.méd.} + IRQ_{Cl^-.méd.} + IRQ_{STD.méd.}}{3} \quad (\text{Eq. 5.17})$$

Posto isto, cabe ressaltar que o parâmetro aqui proposto para representar a qualidade das águas subterrâneas para consumo humano, definido como o Índice Relativo de Qualidade (IRQ), considera os valores mínimos, máximos e médios obtidos para cada micro-área estratégica (TAB. 5.50) e deve ser interpretado de acordo com o apresentado na TAB. 5.51.

Tabela 5.51 - Variação do Índice Relativo de Qualidade (**IRQ**) para a caracterização da qualidade das águas subterrâneas para consumo humano

Varição do IRQ	Qualidade para Consumo	Caracterização Geral
$0,0 < \text{IRQ} \leq 0,3$	Excelente	Águas subterrâneas sem qualquer indicativo de perda de qualidade por parte de qualquer dos parâmetros considerados. Neste caso, sem recomendação de tratamento prévio, mas com indicação de monitoramento periódico.
$0,3 < \text{IRQ} \leq 0,6$	Boa	Águas subterrâneas sem problemas de perda de qualidade, mas podendo apresentar um indicativo disso em função dos valores medidos estarem se aproximando do valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Neste caso, sem recomendação de tratamento prévio para utilização, mas chama-se a atenção para a necessidade de se manter um monitoramento constante.
$0,6 < \text{IRQ} \leq 0,9$	Razoável	Águas subterrâneas, em princípio, sem problemas sérios mas com forte indicativo de perda de qualidade, dados os valores medidos estarem muito próximos do valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Neste caso, comumente um dos parâmetros pode se apresentar com valor medido pouco acima do máximo permitido. Caso isto ocorra, recomenda-se o tratamento prévio para utilização. Caso isto não ocorra, chama-se a atenção para a necessidade de se manter o monitoramento constante.
$0,9 < \text{IRQ} \leq 1,2$	Ruim	Águas subterrâneas com qualidade comprometida (perda de qualidade) em função de um ou mais parâmetros analisados. Neste caso, constata-se que os valores medidos comumente são pouco superiores ao valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Dessa maneira, recomenda-se o tratamento prévio para utilização e a continuação do monitoramento constante.
$\text{IRQ} > 1,2$	Péssima	Águas subterrâneas com qualidade comprometida (perda de qualidade) em função de um ou mais parâmetros analisados. Neste caso, constata-se que os valores medidos comumente são muito superiores ao valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Dessa maneira, recomenda-se o tratamento prévio para utilização e a continuação do monitoramento constante.

Nota: parâmetros avaliados: NO_3^- (VMP = 10 mg/L); Cl^- (VMP = 250 mg/L); STD (VMP = 1.000 mg/L). VMP (Valor Máximo Permitido) segundo a Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/2004.

Na Figura 5.24 apresenta-se, graficamente, os valores de **IRQ** (mínimo, máximo e médio) para cada micro-área estratégica da **RMF**. A partir desta figura, ainda é possível identificar qual parâmetro hidroquímico tem maior ou menor influência sobre os valores de referência de **IRQ** apresentados, pela comparação dos resultados gráficos dos valores de **IRQ_{NO3}**, **IRQ_{Cl}** e **IRQ_{STD}**. Entretanto, visando hierarquizar o potencial de qualidade das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas, adotam-se apenas os valores de **IRQ_{méd.}**, obtidos pela Eq. 5.17.

Para tanto, considera-se a apresentação dos valores de **IRQ_{méd.}**, em ordem crescente (TAB. 5.52). Pela referida tabela, percebe-se que a seqüência de apresentação das micro-áreas, por município, foi reorientada de acordo com o decaimento da qualidade média das águas subterrâneas. A visualização gráfica destes resultados é apresentada na Figura 5.25, onde ainda é possível comparar quais são os parâmetros que têm maior ou menor influência sobre os valores de **IRQ_{méd.}** em cada micro-área estratégica.

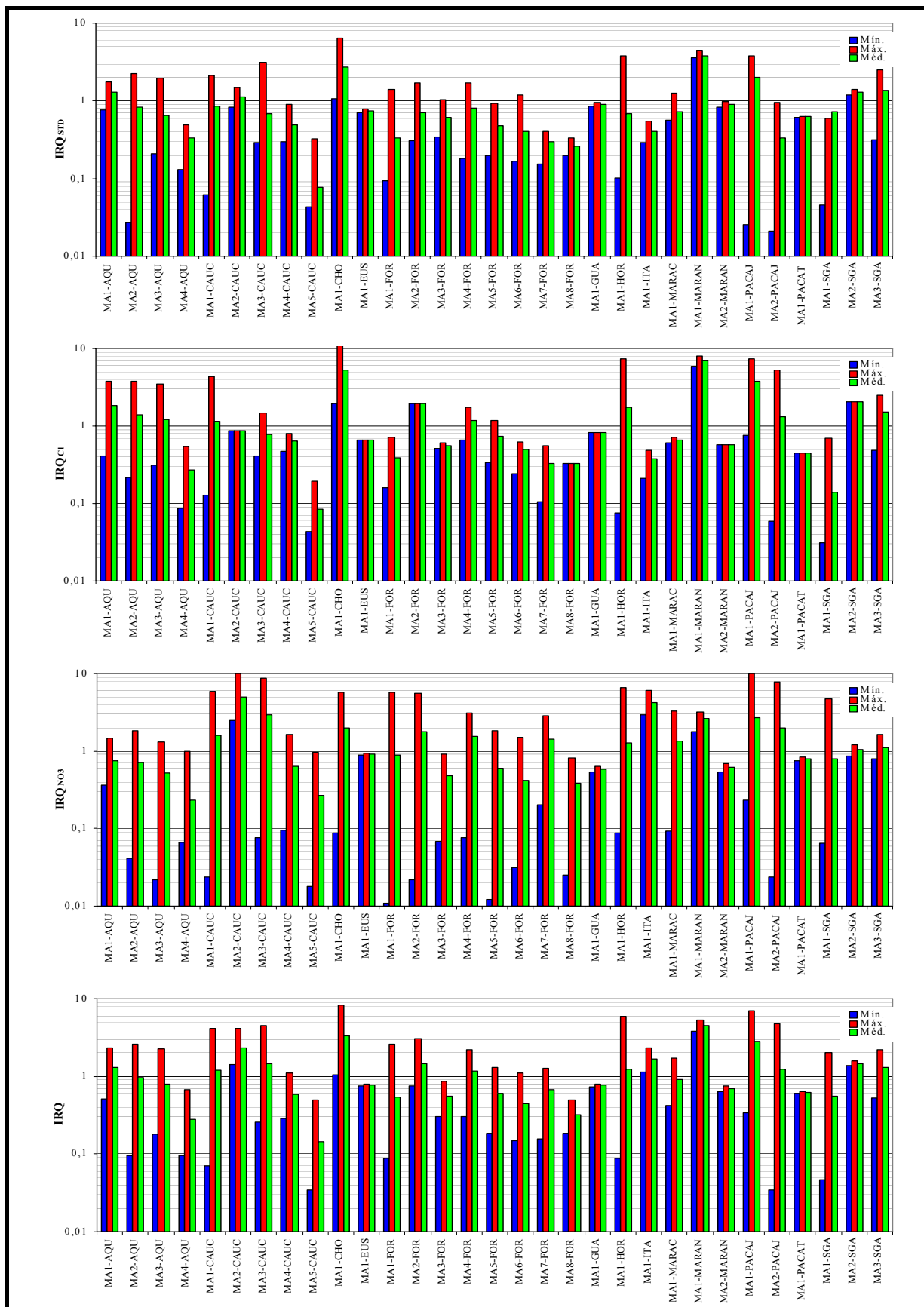


Figura 5.24 - Resultados gráficos dos valores de **IRQ** e **IRQ_i** para as micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: obtidos pela compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Tabela 5.52 - Valores de $IRQ_{méd.}$ e qualidade das águas subterrâneas para consumo humano nas micro-áreas estratégicas da RMF

Município	Micro-Área	IRQ_{NO3} méd.	IRQ_{Cl} méd.	IRQ_{STD} méd.	$IRQ_{méd.}$	Qualidade para Consumo
Aquiraz	MA4-AQU	0,23	0,27	0,33	0,28	Excelente
	MA3-AQU	0,52	1,22	0,64	0,79	Razoável
	MA2-AQU	0,72	1,38	0,83	0,98	Ruim
	MA1-AQU	0,75	1,83	1,31	1,30	Péssima
Caucaia	MA5-CAUC	0,27	0,09	0,08	0,14	Excelente
	MA4-CAUC	0,63	0,64	0,50	0,59	Boa
	MA1-CAUC	1,60	1,14	0,86	1,21	Péssima
	MA3-CAUC	2,91	0,77	0,69	1,46	Péssima
	MA2-CAUC	5,00	0,88	1,12	2,33	Péssima
Chorozinho	MA1-CHO	2,00	5,29	2,71	3,34	Péssima
Eusébio	MA1-EUS	0,92	0,66	0,74	0,77	Razoável
Fortaleza	MA8-FOR	0,38	0,33	0,26	0,32	Boa
	MA6-FOR	0,42	0,50	0,41	0,44	Boa
	MA1-FOR	0,88	0,39	0,33	0,54	Boa
	MA3-FOR	0,48	0,55	0,61	0,55	Boa
	MA5-FOR	0,61	0,73	0,48	0,61	Razoável
	MA7-FOR	1,40	0,33	0,30	0,68	Razoável
	MA4-FOR	1,53	1,19	0,82	1,18	Ruim
	MA2-FOR	1,77	1,92	0,71	1,47	Péssima
Guaiúba	MA1-GUA	0,58	0,83	0,90	0,77	Razoável
Horizonte	MA1-HOR	1,28	1,73	0,68	1,23	Péssima
Itaitinga	MA1-ITA	4,25	0,38	0,41	1,68	Péssima
Maracanaú	MA1-MARAC	1,34	0,66	0,71	0,91	Ruim
Maranguape	MA2-MARAN	0,61	0,58	0,90	0,70	Razoável
	MA1-MARAN	2,64	7,03	3,85	4,51	Péssima
Pacajus	MA2-PACAJ	2,02	1,33	0,33	1,23	Péssima
	MA1-PACAJ	2,73	3,79	2,03	2,85	Péssima
Pacatuba	MA1-PACAT	0,80	0,45	0,63	0,63	Razoável
São Gonçalo do Amarante	MA1-SGA	0,79	0,14	0,72	0,55	Boa
	MA3-SGA	1,10	1,50	1,36	1,32	Péssima
	MA2-SGA	1,04	2,08	1,29	1,47	Péssima

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

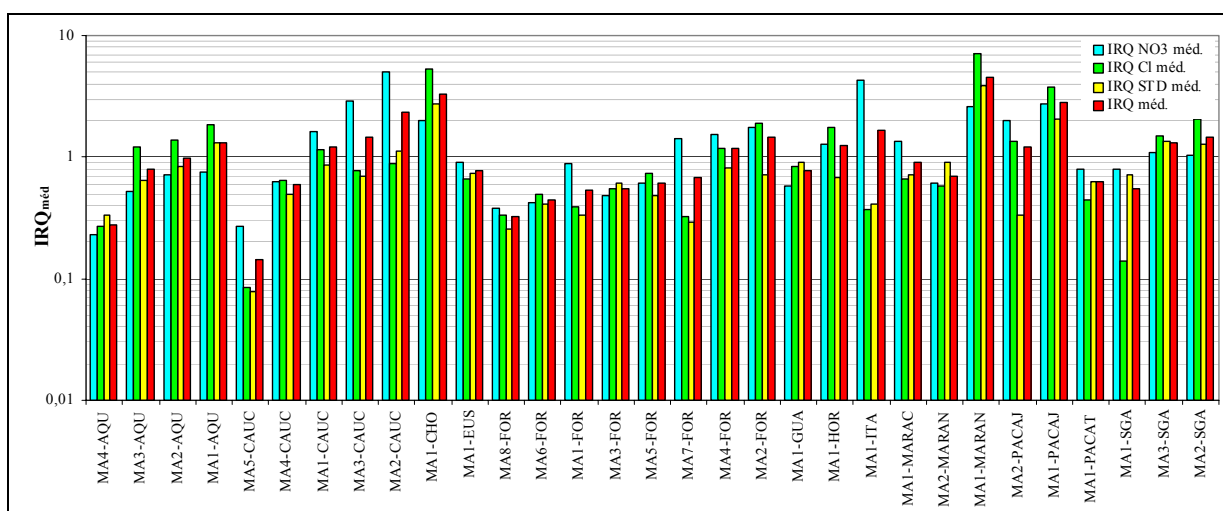


Figura 5.25 - Representação gráfica dos valores de $IRQ_{méd.}$ obtidos com base nos valores de IRQ_i méd. nas micro-áreas estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: obtido pela compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005a).

Sendo assim, a hierarquização do potencial de qualidade revela que as micro-áreas estratégicas apresentam-se com características hidroquímicas bastante distintas. Em função destas características, reconhece-se que os principais tipos de problemas relacionados à falta de qualidade das águas subterrâneas sejam a poluição, a intrusão da cunha salina e a contaminação natural. Estes problemas têm causas diversas e afetam a maioria das micro-áreas estratégicas na **RMF**, conforme apresentado na TAB. 5.53.

Tabela 5.53 - Principais problemas associados à falta de qualidade das águas subterrâneas, reconhecidos nas micro-áreas estratégicas da **RMF**

Tipo de Problema	Causas Relacionadas / Parâmetros Indicadores	Micro-Área Comprometida
Poluição	<p>Proteção inadequada de aquíferos vulneráveis contra resíduos gerados a partir de atividades urbanas e industriais (e.g. lixões, cemitérios, esgoto doméstico e industrial), o que permite o ingresso direto de poluentes por meio de águas superficiais ou águas subterrâneas rasas. Na RMF, estas causas são identificadas, principalmente, nas micro-áreas estratégicas que envolvem as sedes municipais e distritais, e naquelas inseridas em áreas amplamente urbanizadas, como nos municípios de Fortaleza e Caucaia. Neste caso, os parâmetros indicadores são NO_3^- e/ou Cl^-.</p>	<p>Caucaia: MA1-CAUC, MA2-CAUC, MA3-CAUC Chorozinho: MA1-CHO Fortaleza: MA2-FOR, MA4-FOR, MA7-FOR Horizonte: MA1-HOR Itaitinga: MA1-ITA Maracanaú: MA1-MARAC Maranguape: MA1-MARAN Pacajus: MA1-PACAJ, MA2-PACAJ S. G. Amarante: MA2-SGA, MA3-SGA</p>
Intrusão da Cunha Salina	<p>Bombeamento excessivo induzindo a circulação de água subterrânea salinizada, e às vezes poluída, em aquíferos com água de boa qualidade. Na RMF, estas causas são identificadas, principalmente, nas micro-áreas estratégicas localizadas na orla marítima de Fortaleza e Aquiraz. Neste caso, os parâmetros indicadores são Cl^- e STD, em conjugação com a proximidade com a orla marítima.</p>	<p>Aquiraz: MA3-AQU Fortaleza: MA2-FOR, MA4-FOR</p>
Contaminação Natural	<p>Evolução química natural da água subterrânea pelo processo de dissolução de minerais (pode ser agravada pela poluição antrópica ou pelo bombeamento excessivo). Na RMF, estas causas são identificadas, principalmente, nas micro-áreas estratégicas com poços que captam águas diretamente do embasamento cristalino, como em Maranguape e São Gonçalo do Amarante, ou em poços mistos, onde a unidade subjacente seja o embasamento cristalino, como ocorre em Aquiraz, Caucaia, Chorozinho e Pacajus. Neste caso, os parâmetros indicadores são Cl^- e STD, em conjugação com a geologia.</p>	<p>Aquiraz: MA1-AQU, MA2-AQU Caucaia: MA1-CAUC, MA2-CAUC Chorozinho: MA1-CHO Horizonte: MA1-HOR Itaitinga: MA1-ITA Maranguape: MA1-MARAN Pacajus: MA1-PACAJ, MA2-PACAJ S. G. Amarante: MA2-SGA, MA3-SGA</p>

Fonte: caracterização baseada em FOSTER *et al.* (2002).

5.1.2.3 - Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas

Conforme apresentado no Capítulo 2 (item 2.4.2), a caracterização quantitativa das águas subterrâneas consiste na avaliação de cenários de utilização das águas subterrâneas, com base nos dados disponíveis na literatura e também naqueles gerados a partir de outras atividades realizadas neste estudo.

Para tanto, foi concebido um modelo hidrogeológico conceitual, o qual foi implementado numericamente com a ajuda de um aplicativo computacional que permite a simulação do comportamento hidrodinâmico tridimensional no aquífero (*i.e.* aplicativo Visual-MODFLOW – GUIGUER & THOMAS, 1998). Sendo assim, apresenta-se, a seguir, os procedimentos e resultados obtidos com a caracterização hidrogeológica da Região Metropolitana de Fortaleza.

5.1.2.3.1 - Modelo Hidrogeológico Conceitual

O modelo hidrogeológico conceitual consiste no resgate de informações pertinentes (*e.g.* geologia, hidrografia, climatologia, hidrogeologia), que servirão como parâmetros de entrada para a implementação do modelo hidrogeológico computacional. Em linhas gerais, esta descrição define o domínio de interesse para o modelamento computacional e apresenta os elementos condicionantes para a implementação deste modelo (*e.g.* condições de contorno, unidades hidroestratigráficas e parâmetros hidrodinâmicos).

Domínio de Interesse

Conforme descrito no Capítulo 4 (item 4.1.1), o território da **RMF** localiza-se na porção norte do Estado do Ceará, englobando 13 municípios, quais sejam: Aquiraz, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e São Gonçalo do Amarante (Figura 4.1 – item 4.1.1). Em conjunto, estes municípios abrangem uma área de 4.976,1 km², onde reside cerca de 40% da população cearense.

Entretanto, para uma avaliação hidrogeológica é preciso definir fronteiras mais representativas, embasadas nos contornos hidrográficos da região (Figura 5.26). Neste sentido, constata-se que os municípios da **RMF** estão circunscritos pela Bacia do Curú e pelas Bacias Metropolitanas (Figura 4.4 – item 4.1.1.3), representadas por um conjunto de 14 bacias independentes (*i.e.* São Gonçalo, Cauhape, Gereraú, Juá, sistemas Cocó/Coaçu e Ceará/Maranguape, Pacoti, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira, Malcozinhado, Choró, Pirangi e Uruaú), das quais apenas as bacias do São Gonçalo, Pacoti, Choró (Baixo Choró) e

os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são, hidrologicamente, mais representativas, sendo as demais bacias de menor porte e restritas à zona costeira (e.g. CEARÁ, 1992).

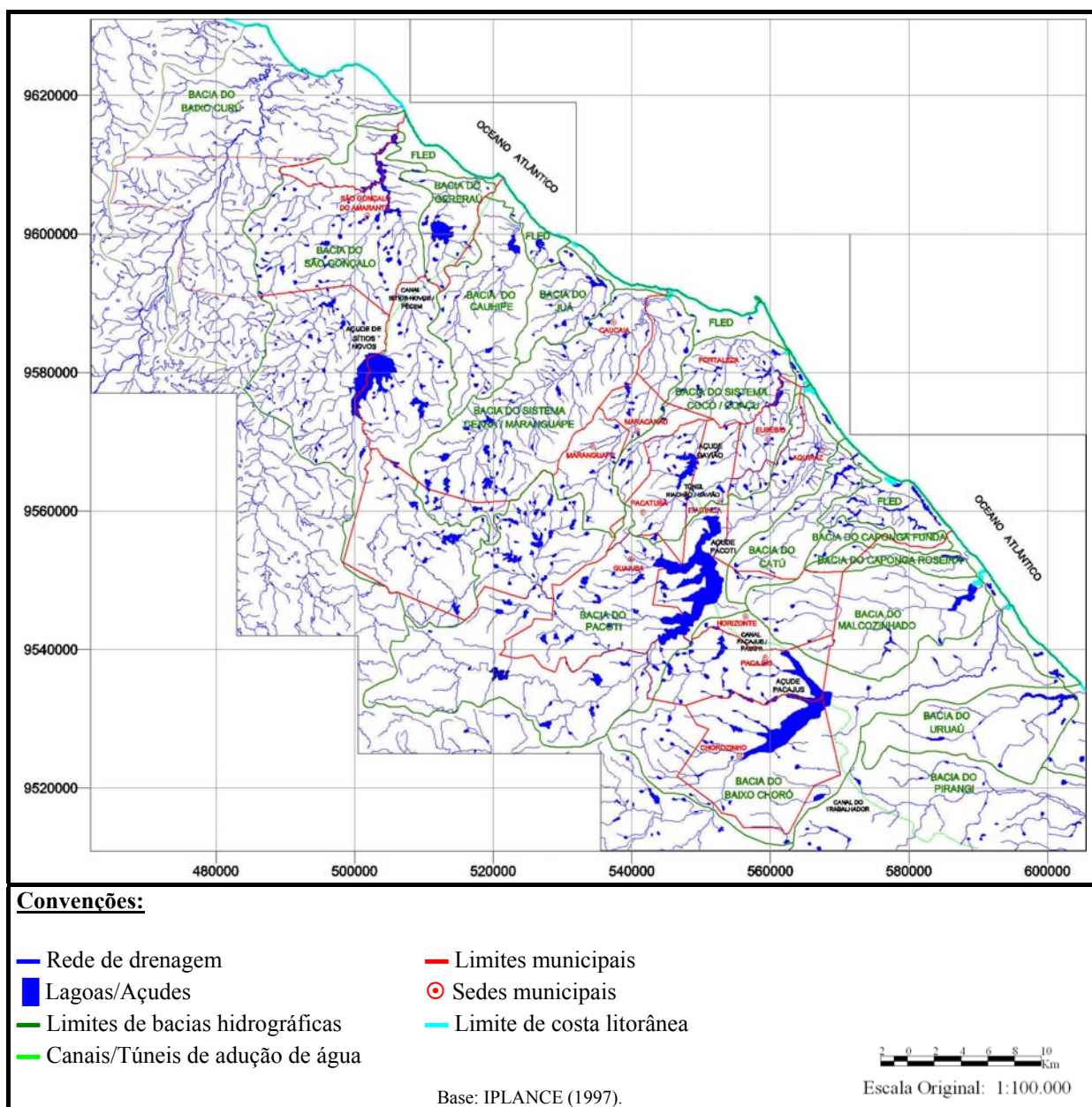


Figura 5.26 - Domínio de interesse para a implementação dos modelos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Fortaleza.

Fonte: base modificada de IPLANCE (1997).

Sendo assim, o domínio de interesse a ser descrito corresponde a área de influência hidrográfica para a implementação dos modelos hidrogeológicos da **RMF**. Este domínio compreende parte da Bacia do rio Curú (Região do Baixo Curú), que circunscreve o município de São Gonçalo do Amarante, e a maioria das Bacias Metropolitanas (Figura 5.26), considerando apenas parte da bacia do rio Choró, denominada de Bacia do Baixo Choró e excetuando-se as bacias dos rios Pirangi e Uruaú, que estão além dos limites municipais.

Contudo, em função da vasta área considerada, a análise do comportamento hidrogeológico e das potencialidades hídricas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza é executada considerando quatro domínios de modelamento distintos, definidos em função dos limites das bacias hidrográficas principais, ou de um conjunto de bacias menores, que envolvem os 13 municípios supracitados. Estes domínios são descritos a seguir.

Primeiro Domínio: Bacia do Baixo Curú

O primeiro domínio de modelamento corresponde a uma porção da Bacia do Curú, denominada Bacia do Baixo Curú (Figura 5.27), a qual é drenada pelo rio homônimo, com um talvegue de 45,11 km de extensão nesta porção. Além disso, recobre uma área de 994,4 km², sobrepondo-se à porção oeste do município de São Gonçalo do Amarante e tem grande importância na agricultura de irrigação da região. A Bacia do Baixo Curú apresenta um relevo moderado, com grade parcela de seus divisores de água formada por zonas montanhosas. Sua configuração espacial não favorece a formação de cheias e a rede hidrográfica apresenta a dominância de padrões subparalelos e angulares.

Segundo Domínio: Bacias de São Gonçalo, Cauhipe e Gereraú

O segundo domínio de modelamento compreende as bacias de São Gonçalo, do Cauhipe e do Gereraú, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso – **FLED**. Cabe ressaltar que, neste domínio, a Bacia do São Gonçalo é a mais representativa, drenando uma área de 1.396,8 km². Toda a rede de drenagem da bacia apresenta um arranjo espacial dendrítico, desenvolvido em rochas de diferentes resistências. O rio São Gonçalo não possui afluentes de grande importância e, ao longo da bacia surgem diversas lagoas perenes e intermitentes. Merece destaque também o açude de Sítios Novos, localizado na porção central, usado para o abastecimento da região portuária do Pecém, através do canal de adução Sítios Novos /Pecém.

Já as bacias do Cauhipe e do Gereraú são drenadas pelos rios homônimos, recobrando uma área de 273,9 e 120,2 km², respectivamente. De maneira geral, apresentam um padrão de drenagem dendrítico e têm importância secundária em relação à Bacia do São Gonçalo. Por sua vez, a **FLED** recobre uma área de 96,4 km², onde a drenagem é pouco desenvolvida, sendo mais comum a presença de pequenas lagoas perenes e intermitentes.

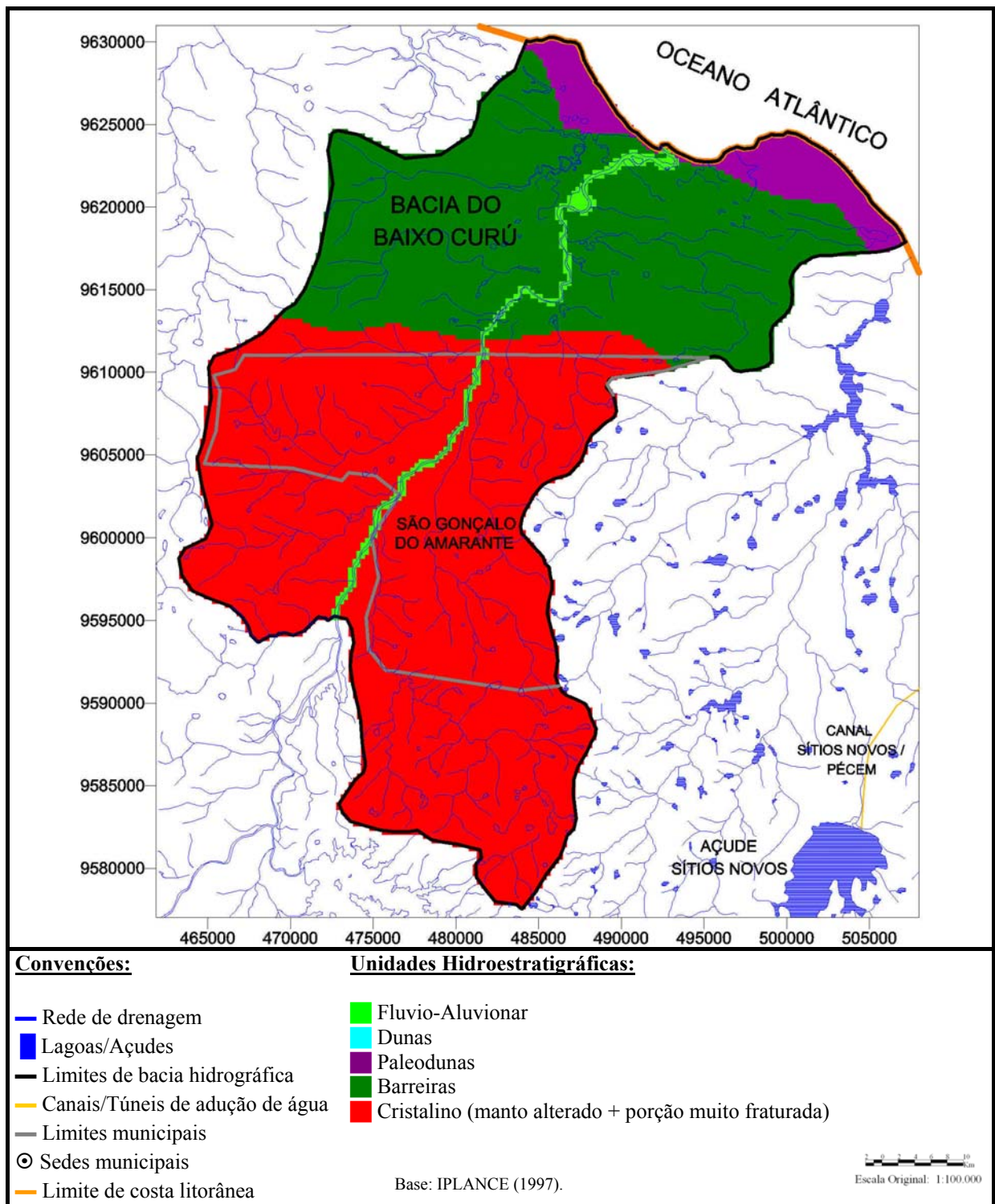


Figura 5.27 - Limites do primeiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF, envolvendo a Baía do Baixo Curú.

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

Ademais, coloca-se que, em conjunto, estas bacias recobrem parcialmente os municípios de São Gonçalo do Amarante, Caucaia e Maranguape (Figura 5.28), sendo os seus principais parâmetros morfológicos apresentados na TAB. 5.54.

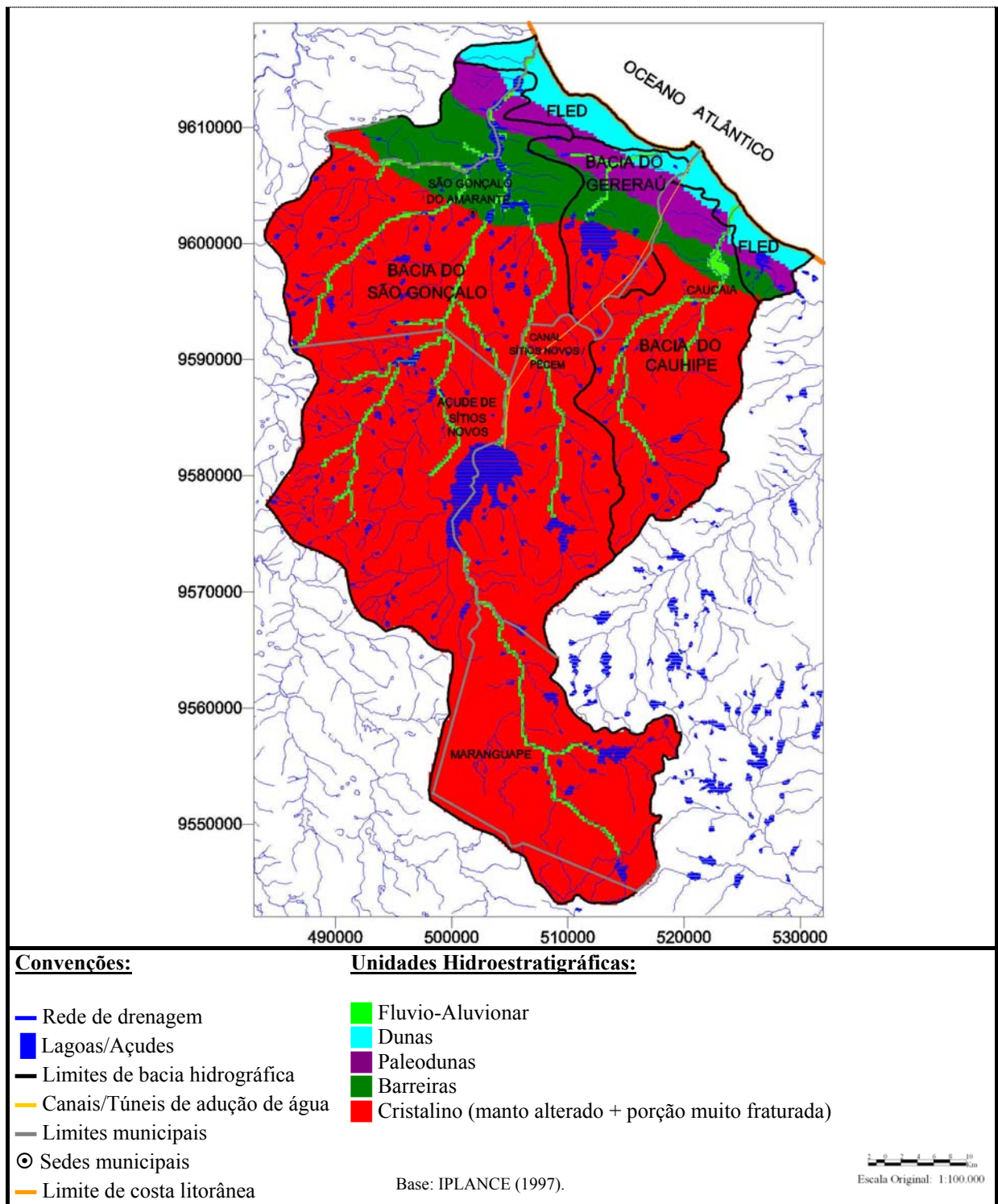


Figura 5.28 - Limites do segundo domínio de modelamento hidrogeológico da RMF, envolvendo as bacias de São Gonçalo, Gereraú e Cauhipe, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED).

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

Tabela 5.54 - Principais parâmetros morfológicos das bacias representativas do segundo domínio de modelamento

Bacia	Parâmetros		
	Área (km ²)	Perímetro (km)	Talvegue (km)
São Gonçalo	1.396,8	228,2	90,0
Gereraú	120,2	57,5	20,0
Cauhipe	273,9	87,0	35,0
FLED	96,4	-	-

Fonte: CEARÁ (1992).

Terceiro Domínio: Bacias do Juá, Pacoti e Sistemas Ceará/Maranguape Cocó/Coaçu

O terceiro domínio de modelamento compreende as bacias do Juá, do Sistema Ceará/Maranguape, do Sistema Cocó/Coaçu e do Pacoti, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso – **FLED**. Os principais parâmetros morfológicos destas bacias são apresentados na TAB. 5.55.

Em conjunto, elas recobrem parte do território dos municípios de Caucaia, Maranguape e Aquiraz (incluindo a suas sedes municipais), e integralmente o território dos municípios de Fortaleza, Maracanaú, Pacatuba, Eusébio, Itaitinga e Guaiúba (Figura 5.29). Neste domínio, a Bacia do Juá é a de menor representatividade e importância, drenando uma área de 121,6 km². Em contraposição, as demais bacias têm grande importância, não só neste domínio, mas para toda a Região Metropolitana de Fortaleza.

Considerando o Sistema Ceará/Maranguape, a bacia do rio Ceará apresenta uma configuração espacial retangular, drena uma área de 555,9 km² e se desenvolve no sentido sudoeste-norte, ao longo de 52,5 km. Já a bacia do rio Maranguape, apresenta uma área de contribuição com 223,8 km² e comprimento do talvegue de 37,5 km, unindo-se ao rio Ceará apenas próximo à sua foz, não exercendo muita influência sobre a fluviometria da bacia como um todo, comportando-se quase como uma bacia independente.

Tabela 5.55 - Principais parâmetros morfológicos das bacias representativas do terceiro domínio de modelamento

Bacia	Parâmetros		
	Área (km ²)	Perímetro (km)	Talvegue (km)
Juá	121,6	50,0	12,5
Ceará/Maranguape	555,9 / 223,8	135,0 / 97,5	52,5 / 37,5
Cocó/Coaçu	304,6 / 194,8	100,0 / 67,5	42,5 / 32,5
Pacoti	1.257,5	250,0	112,5
FLED	91,7	-	-

Fonte: CEARÁ (1992).

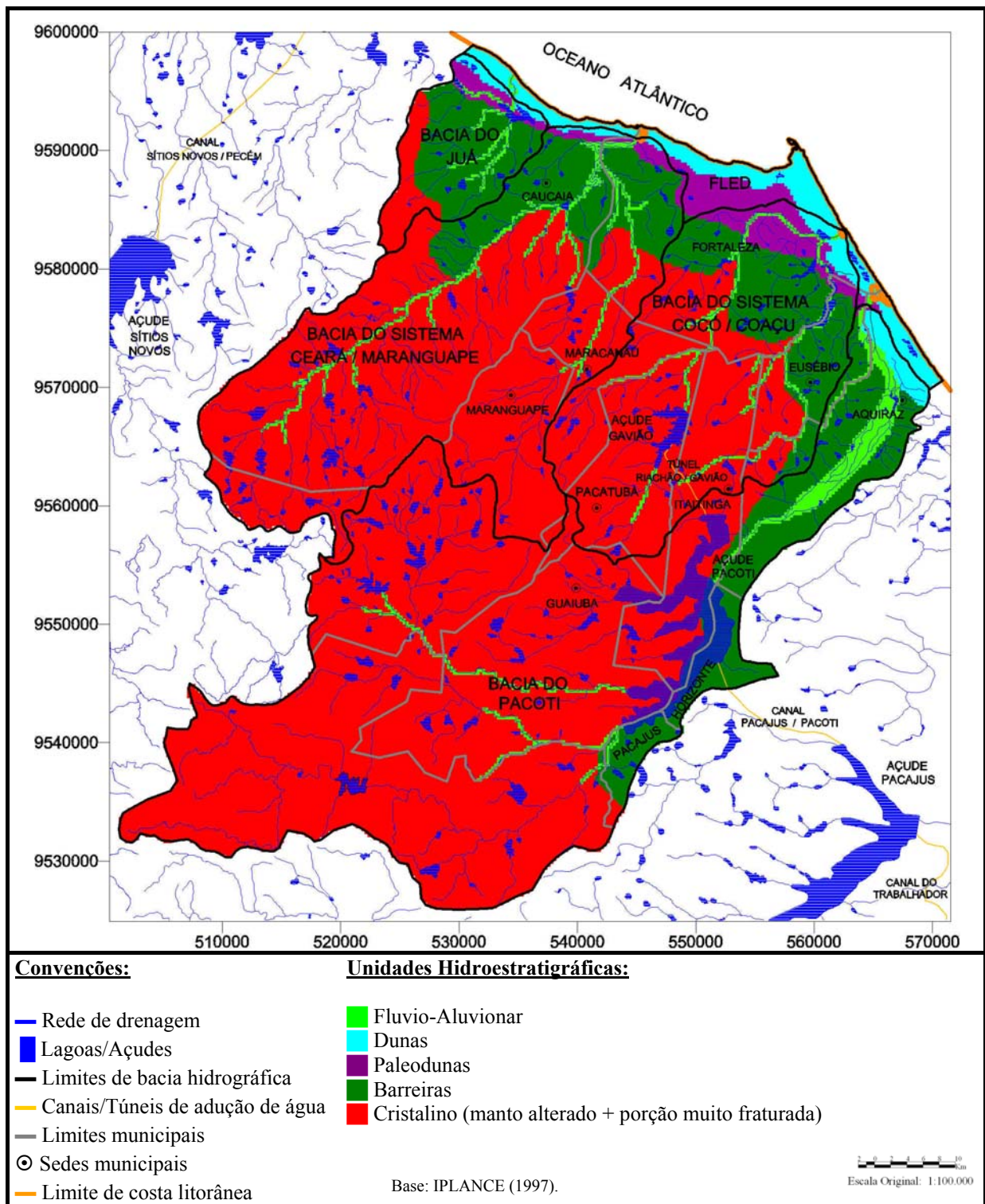


Figura 5.29 - Limites do terceiro domínio de modelamento hidrogeológico da RMF, envolvendo as bacias do Juá, Pacoti, e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED).

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

No Sistema Cocó/Coaçu, o rio Cocó se desenvolve no sentido sul/norte por um longo trecho de seu percurso, formando, em direção a foz, uma acentuada curva de sudoeste para leste. Sua

confluência com o rio Coaçu, seu principal afluente, se dá próximo ao litoral, fazendo com que estes rios apresentem comportamento de uma bacia independente. Com o comprimento do talvegue de 42,5 km, o rio Cocó drena uma área de 304,6 km². Por sua vez, o rio Coaçu se desenvolve ao longo de 32,5 km, drenando uma área de 194,8 km². Já na Bacia do Pacoti, o rio Pacoti nasce na Serra de Baturité e percorre 112,5 km, em geral no sentido sudoeste/nordeste, dos quais o primeiro terço com declividade acentuada. Apresentando uma rede de drenagem predominantemente dendrítica, o rio Pacoti drena uma área de 1.257,5 km². Sem nenhuma afluição significativa pela margem direita, o rio Pacoti possui dois contribuintes de maior porte pela margem esquerda. Ocorrem ainda, em seu baixo curso, a presença de lagoas perenes e intermitentes. Cabe ressaltar ainda que, neste domínio, insere-se o principal sistema público de abastecimento de água da RMF. Tal sistema é composto por um conjunto de açudes (Pacajus, Pacoti e Gavião) interligados por canais e túneis de adução, o qual é responsável pelo atendimento da maior parcela da demanda de água da RMF.

Quarto Domínio: Bacias do Baixo Choró, Catú, Malcozinhado, Caponga Funda e Roseira

Por fim, o quarto domínio de modelamento é definido pelas bacias do Baixo Choró, do Catú, do Malcozinhado, do Caponga Funda e do Caponga Roseira, bem como pela Faixa Litorânea de Escoamento Difuso – **FLED**. As bacias dos rios Pirangi e Uruaú encontram-se fora dos limites dos municípios da Região Metropolitana de Fortaleza. Os principais parâmetros morfológicos destas bacias são apresentados na TAB. 5.56.

Tabela 5.56 - Principais parâmetros morfológicos das bacias representativas do quarto domínio de modelamento

Bacia	Parâmetros		
	Área (km ²)	Perímetro (km)	Talvegue (km)
Baixo Choró	971,9	182,0	58,1
Catú	155,9	72,5	30,0
Malcozinhado	381,8	87,5	37,5
Caponga Funda	59,4	50,0	22,5
Caponga Roseira	69,3	55,0	20,0
FLED	157,5	-	-

Fonte: CEARÁ (1992).

Em conjunto, estas bacias recobrem a maior parcela dos territórios dos municípios de Aquiraz, Horizonte e Pacajus, e, integralmente, o território do município de Chorozinho (Figura 5.30). Neste domínio, a bacia do Baixo Choró, drenada pelo rio homônimo, corresponde a apenas uma porção da bacia do Choró, com área de captação de 4.750 km². Na

região do Baixo Choró a área de captação é de 971,9 km² e os seus afluentes têm pouca representatividade. Nesta bacia encontra-se o Açude de Pacajus, que integra o sistema de açudagem da Região Metropolitana de Fortaleza.

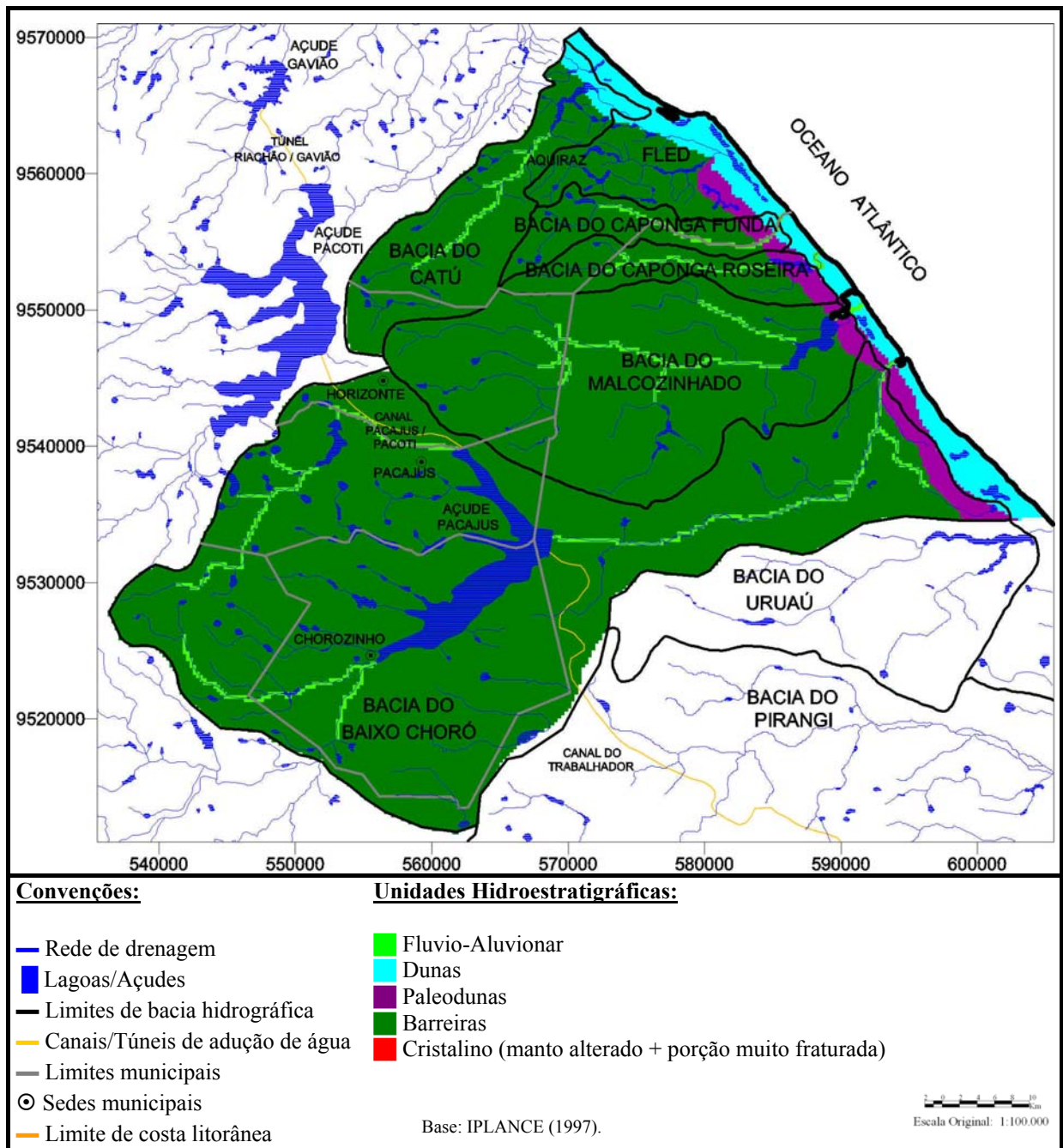


Figura 5.30 - Limites do quarto domínio de modelamento hidrogeológico da RMF, envolvendo as bacias do Baixo Choró, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira e Malcozinhado, bem como a Faixa Litorânea de Escoamento Difuso (FLED).

Fonte: modificado de IPLANCE (1997).

As demais bacias deste domínio têm importância secundária. A bacia do rio Catú drena uma área de 155,9 km² ao longo de um talvegue de 30 km. Apresenta um padrão de drenagem

dendrítico, pouco desenvolvido. Já a Bacia do Malcozinhado drena uma área de 381,8 km² e apresenta sua rede de drenagem também pouco desenvolvida. As bacias de Caponga Funda e Caponga Roseira apresentam formas retangulares e também são muito pouco desenvolvidas, drenando áreas de 59,4 e 69,3 km², respectivamente.

Elementos Condicionantes

Os elementos condicionantes constituem-se nos principais aspectos relacionados à geologia, hidrogeologia, climatologia e outros temas considerados essenciais para a definição do modelo hidrogeológico conceitual. Sendo assim, com base na caracterização do meio físico, discutida no Capítulo 4 – item 4.1.1, são apresentados os principais elementos condicionantes e de concepção do modelo hidrogeológico da Região Metropolitana de Fortaleza.





Em termos geológicos, o território da **RMF** compõe-se de dois grandes domínios litológicos, quais sejam: 1) o Embasamento Cristalino; e, 2) as Coberturas Sedimentares. O Embasamento Cristalino é representado por rochas do Complexo Granitóide-Migmatítico; do Complexo Gnáissico-Migmatítico; Ultrabásitos; Granitos; e, Vulcânicas Alcalinas. Estas rochas têm idades relacionadas ao Precambriano (entre o Arqueano e o Proterozóico Inferior), à exceção das rochas Vulcânicas Alcalinas, com idade atribuída ao Terciário. Por sua vez, as Coberturas Sedimentares são representadas pelas rochas da Formação Barreiras; Coberturas Colúvio-Eluviais; Paleodunas; Dunas Móveis; e, Depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangues. Estas rochas sedimentares apresentam idades relacionadas ao Cenozóico (Terciário/Quaternário).

Os principais sistemas hidrogeológicos da **RMF** relacionam-se à distribuição das regiões cristalinas e sedimentares, conforme apresentado nas Figuras 5.27 a 5.30. O Sistema Aquífero do Cristalino corresponde às zonas de ocorrência de rochas xistosas, graníticas, gnáissicas e migmatíticas, de porosidade intergranular praticamente nula. O meio produtivo é representado por fissuras e diáclases interconectadas, resultantes dos esforços sofridos, e pelo manto de alteração destas rochas, que em geral é pouco espesso. Apresenta potencial hidrogeológico reduzido, seja pelo aspecto quantitativo, devido às condições deficientes de circulação, ou pelo lado qualitativo, onde apresenta, via de regra, taxas excessivas de salinização em decorrência das condições de fluxo dominantes e do elevado tempo de contato da água com a rocha armazenadora. Neste sistema, apesar dos vários litotipos representantes, considera-se apenas uma unidade hidroestratigráfica indiferenciada, denominada de Unidade do Cristalino, mas com variações no seu grau de fraturamento. Dessa maneira, nos primeiros 50 metros, foi

considerada uma camada altamente fratura e com material do manto de alteração. Já nos próximos 50 metros foi considerada uma rocha sã pouco fraturada e, a partir dos 100 de profundidade, o embasamento cristalino sem fraturamento expressivo.

Já o Sistema Aquífero Sedimentar corresponde aos depósitos acumulados nos terrenos sedimentares, estando o meio aquífero representado pela porosidade intergranular primária, com possibilidades hidrogeológicas muito variáveis que dependem da litologia, espessura, morfologia e posicionamento estratigráfico das camadas. Conforme apresentado nas Figuras 5.27 a 5.30, este sistema engloba quatro unidades hidroestratigráficas, quais sejam: Unidade Barreiras (espessura média de 40,0 metros); Unidade Paleodunas (espessura variando entre 20,0 e 30,0 metros), Unidade Dunas (espessura média inferior a 20,0 metros); e, Unidade Fluvio-Aluvionar (espessura média inferior a 10,0 metros). Com o intuito de avaliar os parâmetros hidráulicos destes sistemas aquíferos, foram realizados 110 testes de bombeamento em poços criteriosamente selecionados e distribuídos por toda a **RMF**. Os resultados destes testes revelaram uma variação de valores de condutividade hidráulica para as principais unidades aquíferas da região, como mostra a TAB. 5.57.

Tabela 5.57 - Variação dos valores de condutividade hidráulica, obtidos com os testes de bombeamento

Unidade Aquífera	Nº de pontos ensaiados	Variação dos valores de condutividade hidráulica, K (cm/s)		
		Min.	Máx.	Média
 Dunas	11	$1,12 \times 10^{-04}$	$5,29 \times 10^{-02}$	$1,34 \times 10^{-02}$
 Paleodunas	9	$2,10 \times 10^{-04}$	$2,85 \times 10^{-02}$	$9,69 \times 10^{-03}$
 Barreiras	68	$1,23 \times 10^{-05}$	$1,20 \times 10^{-02}$	$6,79 \times 10^{-04}$
 Cristalino	12	$1,27 \times 10^{-05}$	$1,46 \times 10^{-03}$	$2,82 \times 10^{-04}$

Fonte: compilado de GOLDER/PIVOT (2005a).

Cabe ressaltar ainda que para o Sistema do Cristalino, em função da variação vertical do grau de fraturamento e da espessura do manto de alteração, foram consideradas variações nos valores de condutividade hidráulica. Para os níveis mais profundos e intermediários adotaram-se valores, baseados na literatura (*e.g.* FREZEE & CHERRY, 1979), de $5,0 \times 10^{-06}$ e $5,0 \times 10^{-05}$ cm/s, respectivamente. Da mesma maneira, para a Unidade Fluvio-Aluvionar foi adotado um valor equivalente a $8,0 \times 10^{-02}$ cm/s. Assim, com base na variação dos valores dos testes de bombeamento e nos valores de literatura, foram adotados valores específicos de condutividade hidráulica para todos os domínios de modelamento hidrogeológico da **RMF**, Conforme apresentado na TAB. 5.58.

Tabela 5.58 - Valores de condutividade hidráulica horizontal e vertical, K_H e K_V , adotados no modelamento hidrogeológico e espessura média das Unidades Hidroestratigráficas

Unidade Aquífera	Espessura Média (m)	Valores de K adotados no modelamento	
		K_H (cm/s)	K_V (cm/s)
Fluvio-Aluvionar	< 10	$8,0 \times 10^{-02}$ ^(b)	$8,0 \times 10^{-02}$ ^(b)
Dunas	< 20	$3,0 \times 10^{-02}$ ^(a)	$3,0 \times 10^{-03}$ ^(a)
Paleodunas	20,0 - 30	$1,0 \times 10^{-02}$ ^(a)	$1,0 \times 10^{-03}$ ^(a)
Barreiras	~ 40	$4,0 \times 10^{-03}$ ^(a)	$4,0 \times 10^{-04}$ ^(a)
Cristalino (manto de alteração + porção altamente fraturada)	~ 50	$9,0 \times 10^{-04}$ ^(a)	$9,0 \times 10^{-05}$ ^(a)
Cristalino (porção com grau de fraturamento moderado)	~ 50	$5,0 \times 10^{-05}$ ^(b)	$5,0 \times 10^{-06}$ ^(b)
Cristalino (rocha sã, sem fraturamento significativo)	-	$5,0 \times 10^{-06}$ ^(b)	$5,0 \times 10^{-07}$ ^(b)

Fonte: ^(a) GOLDER/PIVOT (2005a); ^(b) FREZEE & CHERRY (1979).

Em termos climatológicos, observa-se que o regime pluviométrico da Região Metropolitana de Fortaleza caracteriza-se pela marcante irregularidade das chuvas, no tempo e no espaço, com uma precipitação média da ordem de 1.000 mm/ano. Além disso, são registradas taxas elevadas de evapotranspiração potencial (com média da ordem de 1.500 mm/ano), baixas amplitudes térmicas (entre 25°C e 28°C) e forte insolação (IPLANCE, 1997). Em função destas variáveis climatológicas e das diferentes características geológicas, as taxas de recarga dos sistemas aquíferos são amplamente variáveis. Cabe dizer ainda que descarga natural destes sistemas ocorre através dos principais rios da **RMF** e também através do mar. Já a descarga artificial considera todos os poços de bombeamento em uso, cujos dados foram extraídos do cadastramento realizado na área (*e.g.* GOLDER/PIVOT, 2005a).

5.1.2.3.2 - Modelo Hidrogeológico Computacional

O modelo hidrogeológico computacional reflete uma representação das condições reais caracterizadas no modelo conceitual. Com base nesta representação, os resultados gerados pelos modelos individuais serão integrados para comporem um contexto hidrogeológico unificado, e também para condensar a apresentação dos temas pertinentes, que caracterizam o fluxo hidrodinâmico, os rebaixamentos existentes e o potencial hídrico total da **RMF**.

Calibração dos Modelos

Para a validação do modelo computacional faz-se necessária uma etapa de calibração, a qual será apresentada considerando, individualmente, os quatro domínios previamente definidos. Como tais modelos foram desenvolvidos considerando um regime de fluxo permanente, ou estado estacionário, os parâmetros que afetam a distribuição espacial das cargas hidráulicas são os valores de condutividade hidráulica e de recarga. Os valores da condutividade

hidráulica foram fixados em função dos testes de bombeamento realizados na **RMF**, como também de dados da literatura (*e.g.* FREZZE & CHERRY, 1979). Por outro lado, os valores de recarga servirão como parâmetros de ajuste para a calibração dos modelos desenvolvidos e os seus valores característicos serão apresentados quando da descrição dos resultados obtidos.

Ainda com relação ao processo de calibração destes modelos, cabe ressaltar que para representar a condição atual de utilização dos sistemas aquíferos em questão, serão considerados, dentro do universo total de 12.710 poços cadastrados, apenas aqueles em operação (8.888 poços). Neste caso, os poços públicos correspondem a 1.099 pontos (12,4%), onde o regime de operação considerado é de 20 horas diárias. Já os poços privados correspondem a 7.789 pontos (87,6%), onde o regime de operação considerado é de 8 horas diárias, dadas as elevadas demandas humanas e industriais (incluído o setor de turismo), bem como a insuficiente capacidade instalada do sistema de abastecimento principal. As vazões utilizadas são aquelas apresentadas no cadastro, sendo que para os poços sem esta informação adotou-se um valor médio, conforme a unidade produtora (*i.e.* 2,8 m³/h, 3,5 m³/h, 4,5 m³/h e 5,5 m³/h para as unidades Cristalino, Barreiras, Paleodunas e Dunas, respectivamente). A contabilização destes poços é apresentada na Tabela 5.59.

Tabela 5.59 - Contabilização dos poços tubulares cadastrados na **RMF**, por unidade produtora, categoria e uso, segundo os domínios de modelamento

Domínio de Modelamento	Unidade Produtora	Distribuição Total de Poços		Distribuição dos Poços em Uso	
		Público	Privado	Público	Privado
Primeiro	Cristalino	11	40	4	29
	Parcial	5	46	4	29
	Total Parcial	51		33	
Segundo	Cristalino	120	303	58	188
	Barreiras	39	156	23	138
	Paleodunas	29	54	6	60
	Dunas	18	45	2	55
	Parcial	206	558	89	441
Total Parcial	764		530		
Terceiro	Cristalino	396	1.359	191	809
	Barreiras	539	3.205	362	2.302
	Paleodunas	270	2.607	73	1.930
	Dunas	240	2.063	57	1.621
	Parcial	1.445	9.234	683	6.662
Total Parcial	10.679		7.345		
Quarto	Barreiras	299	709	296	497
	Paleodunas	13	14	13	9
	Dunas	84	97	14	151
	Parcial	396	820	323	657
Total Parcial	1.216		980		
Geral	2.052	10.658	1.098	7.789	
Total Geral	12.710		8.888		

Fonte: compilado de GOLDBER/PIVOT (2005a).

Além disso, dadas as condições apresentadas, foram adotadas duas fontes distintas para os pontos de observação do nível d'água nos aquíferos. A primeira fonte refere-se às cotas de intercessão dos cursos d'água com a topografia do terreno. Neste caso, os valores obtidos representam as cotas dos níveis d'água no sistema.




A segunda fonte de dados refere-se às cotas do nível estático dos poços cadastrados. Neste caso, assumiu-se que o nível estático do aquífero representa, na verdade, uma superfície média de rebaixamento, uma vez que estes valores foram medidos com os poços vizinhos em operação. Assim, a partir dos valores disponíveis, foi gerada uma superfície média do nível freático para toda a **RMF**. A partir disso, escolheram-se pontos situados entre os cursos d'água, onde foram identificados os valores de cota da água para serem usados na calibração dos modelos.

Portanto, além das possíveis variações de recarga nos sistemas aquíferos, obtiveram-se dois conjuntos distintos de valores de nível d'água nos aquíferos para serem usados como referência para a calibração dos modelos. Sendo assim, o processo de calibração consistiu em ajustar os valores de recarga, de modo a minimizar a diferença entre os valores de carga hidráulica calculados pelo modelo e aqueles obtidos para os pontos de observação.

Primeiro Domínio: Bacia do Baixo Curú

Com base na distribuição das unidades hidroestratigráficas dentro do primeiro domínio de modelamento hidrogeológico, foram usados valores de recarga variável (TAB. 5.60).

Tabela 5.60 - Valores de recarga usados na calibração do primeiro domínio

Unidade Aquífera	Recarga (mm/ano)
 Paleodunas	185,0
 Barreiras	105,0
 Cristalino (manto de alteração + porção altamente fraturada)	30,0

Nota: dados do modelo computacional.

Considerando estes valores de recarga e os valores típicos de condutividade hidráulica que foram adotados (TAB. 5.58), bem como os poços de bombeamento presentes neste domínio (TAB. 5.59), pôde-se proceder ao processo de calibração do modelo a partir dos dois conjuntos de pontos de observação das cotas do nível d'água (Figura 5.31).

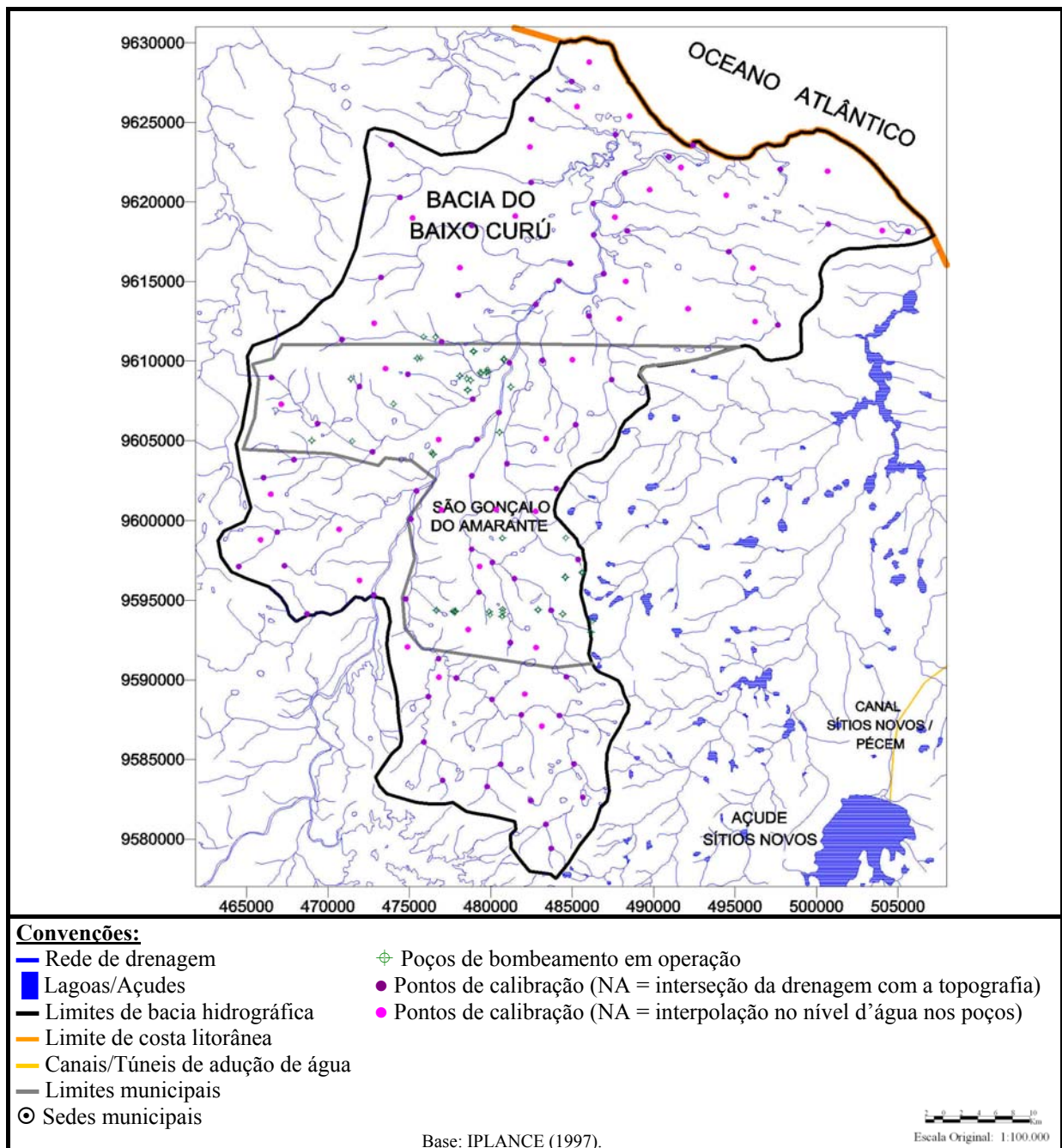


Figura 5.31 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no primeiro domínio de modelamento hidrogeológico da **RMF** (Bacia do Baixo Curú).

Fonte: base modificada de IPLANCE (1997).

No caso do conjunto de pontos de interseção da drenagem com a topografia (72 pontos no total), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio da ordem de -0,73 m. Já para o caso do conjunto de pontos obtidos pela interpolação do nível de rebaixamento médio dos aquíferos (30 pontos no total), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio com um valor de 1,48 m. Por sua vez, considerando os dois conjuntos de pontos, a calibração do modelo se mostrou aceitável, com um erro médio da ordem de -0,08 m (Figura 5.32).

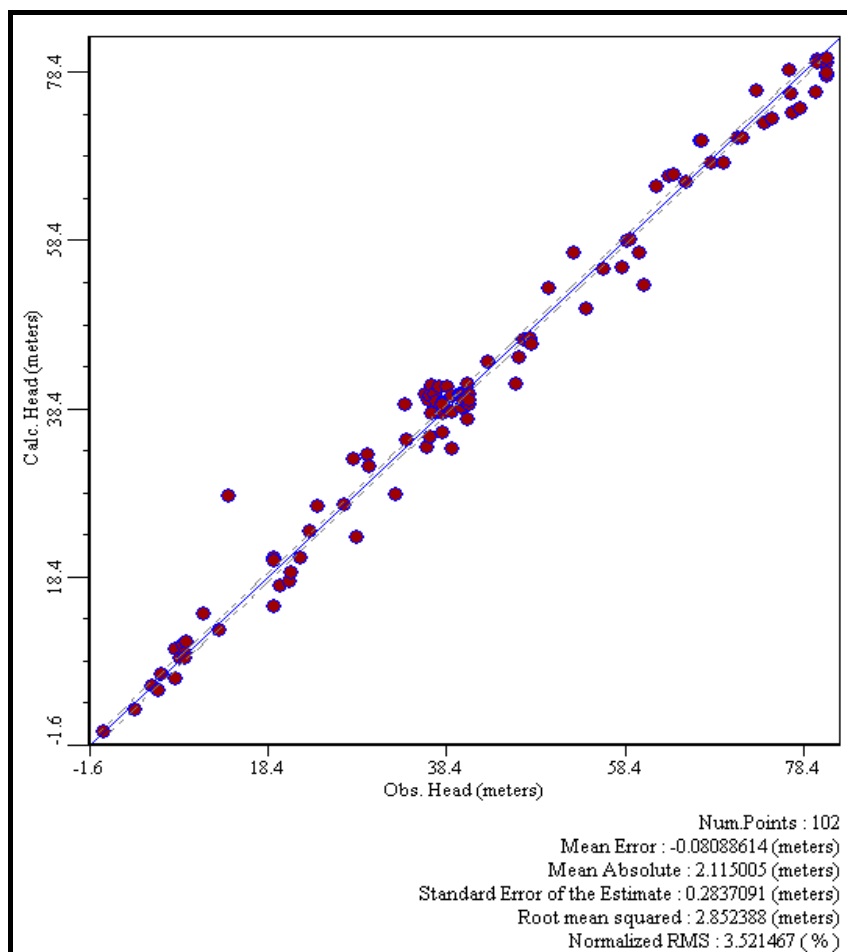


Figura 5.32 - Resultados da calibração do primeiro domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.

Nota: dados do modelo computacional.

Segundo Domínio: Bacias de São Gonçalo, Cauhipe e Gereraú

Na calibração do segundo domínio de modelamento hidrogeológico, representativo das bacias de São Gonçalo, Cauhipe e Gereraú, também foram usados valores distintos de recarga (TAB. 5.61), variáveis em função da distribuição das unidades hidroestratigráficas presentes na área.

Tabela 5.61 - Valores de recarga usados na calibração do segundo domínio

Unidade Aquífera	Recarga (mm/ano)
Dunas	215,0
Paleodunas	170,0
Barreiras	95,0
Cristalino (manto de alteração + porção altamente fraturada)	30,0

Nota: dados do modelo computacional.

Considerando estes valores de recarga e os valores típicos de condutividade hidráulica (TAB. 5.58), bem como os poços presentes neste domínio (TAB. 5.59), procedeu-se ao processo de calibração, conforme os conjuntos de pontos de observação do nível d'água (Figura 5.33).

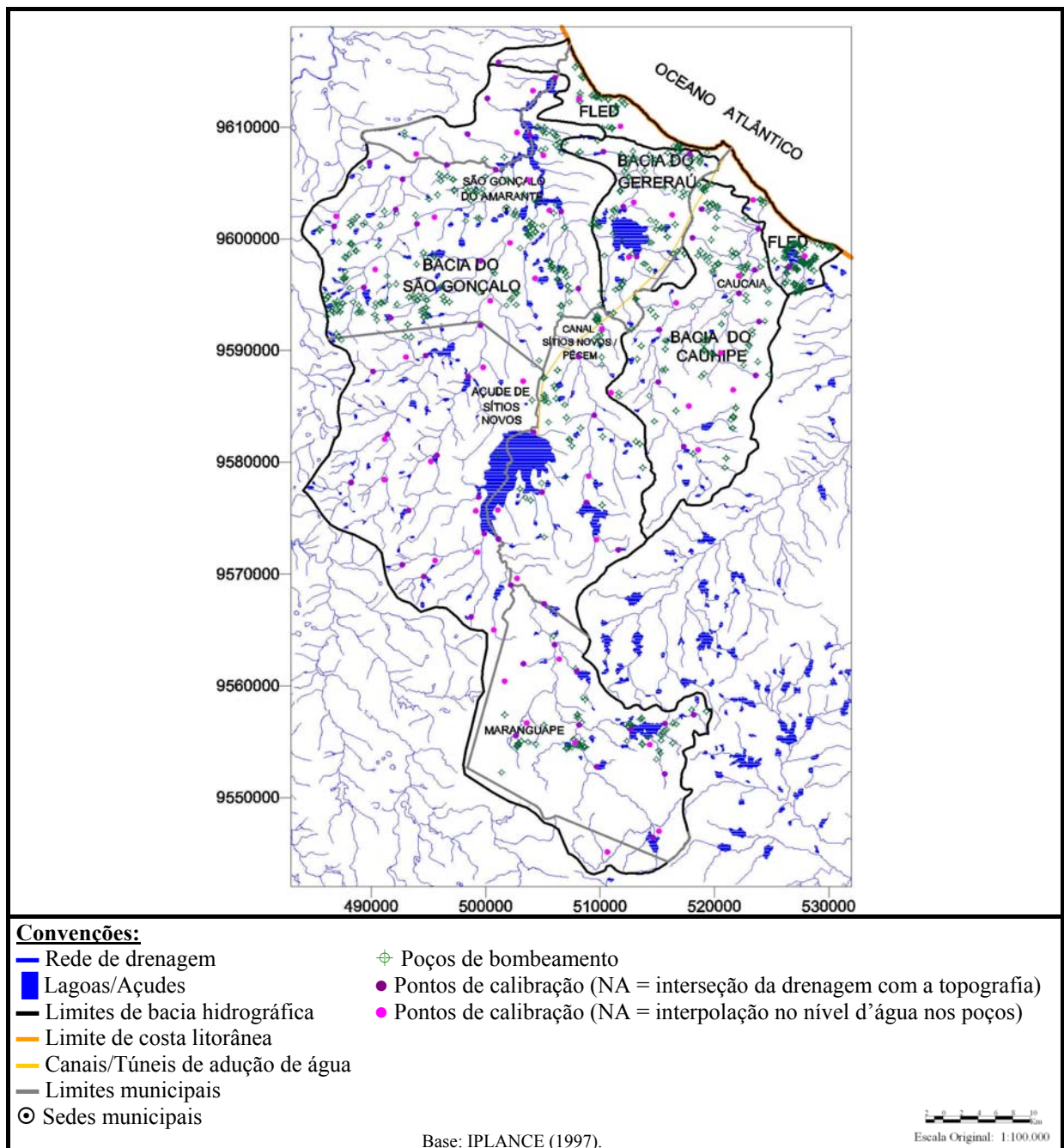


Figura 5.33 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no segundo domínio de modelamento hidrogeológico da **RMF** (bacias de São Gonçalo, Cauhipe e Gereraú).

Fonte: base modificada de IPLANCE (1997).

No caso do conjunto de pontos de interseção da drenagem com a topografia (54 pontos), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio da ordem de 0,60 m. Já para o caso do conjunto de pontos obtidos pela interpolação do nível estático médio dos poços (38 pontos), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio com um valor de 1,32 m. Por sua vez, considerando os dois conjuntos de pontos, a calibração do modelo se mostrou aceitável, com um erro médio da ordem de 0,90 m (Figura 5.34).

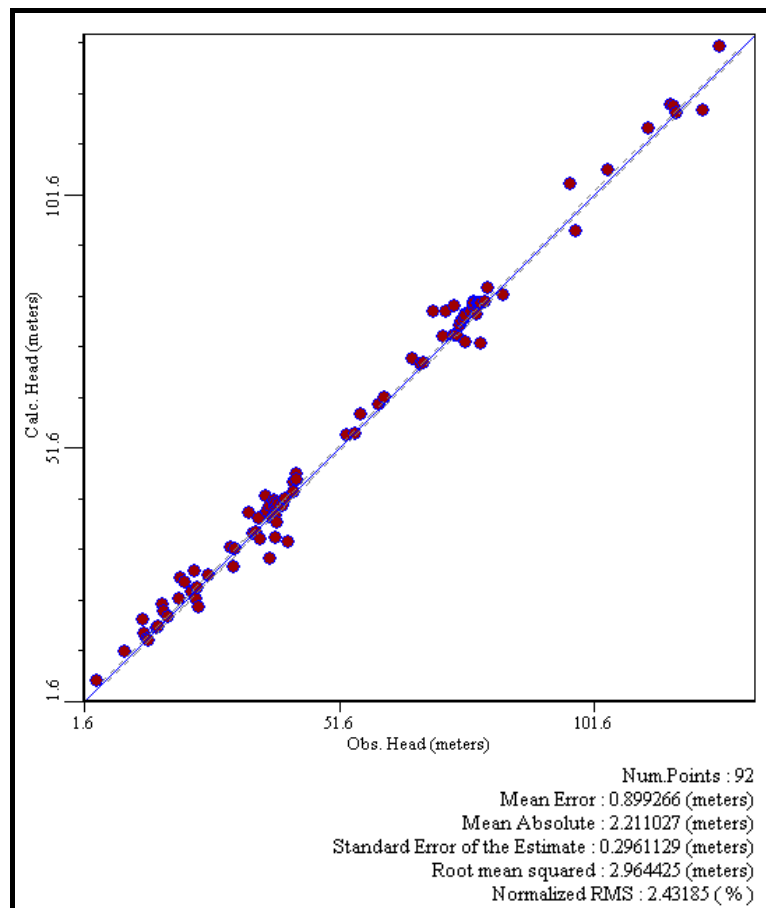


Figura 5.34 - Resultados da calibração do segundo domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.

Nota: dados do modelo computacional.

Terceiro Domínio: Bacias do Juá, Pacoti e Sistemas Ceará/Maranguape Cocó/Coaçu

Para a calibração do terceiro domínio de modelamento hidrogeológico foram usados valores distintos de recarga, variáveis em função da distribuição das unidades hidroestratigráficas presentes neste domínio (TAB. 5.62).

Tabela 5.62 - Valores de recarga usados na calibração do terceiro domínio

Unidade Aquífera	Recarga (mm/ano)
Dunas	200,0
Paleodunas	170,0
Barreiras	90,0
Cristalino (manto de alteração + porção altamente fraturada)	25,0

Nota: dados do modelo computacional.

Considerando estes valores de recarga e os valores típicos de condutividade hidráulica (TAB. 5.58), bem como os poços de bombeamento presentes (TAB. 5.59), procedeu-se ao processo de calibração, conforme os conjuntos de pontos de observação do nível d'água (Figura 5.35).

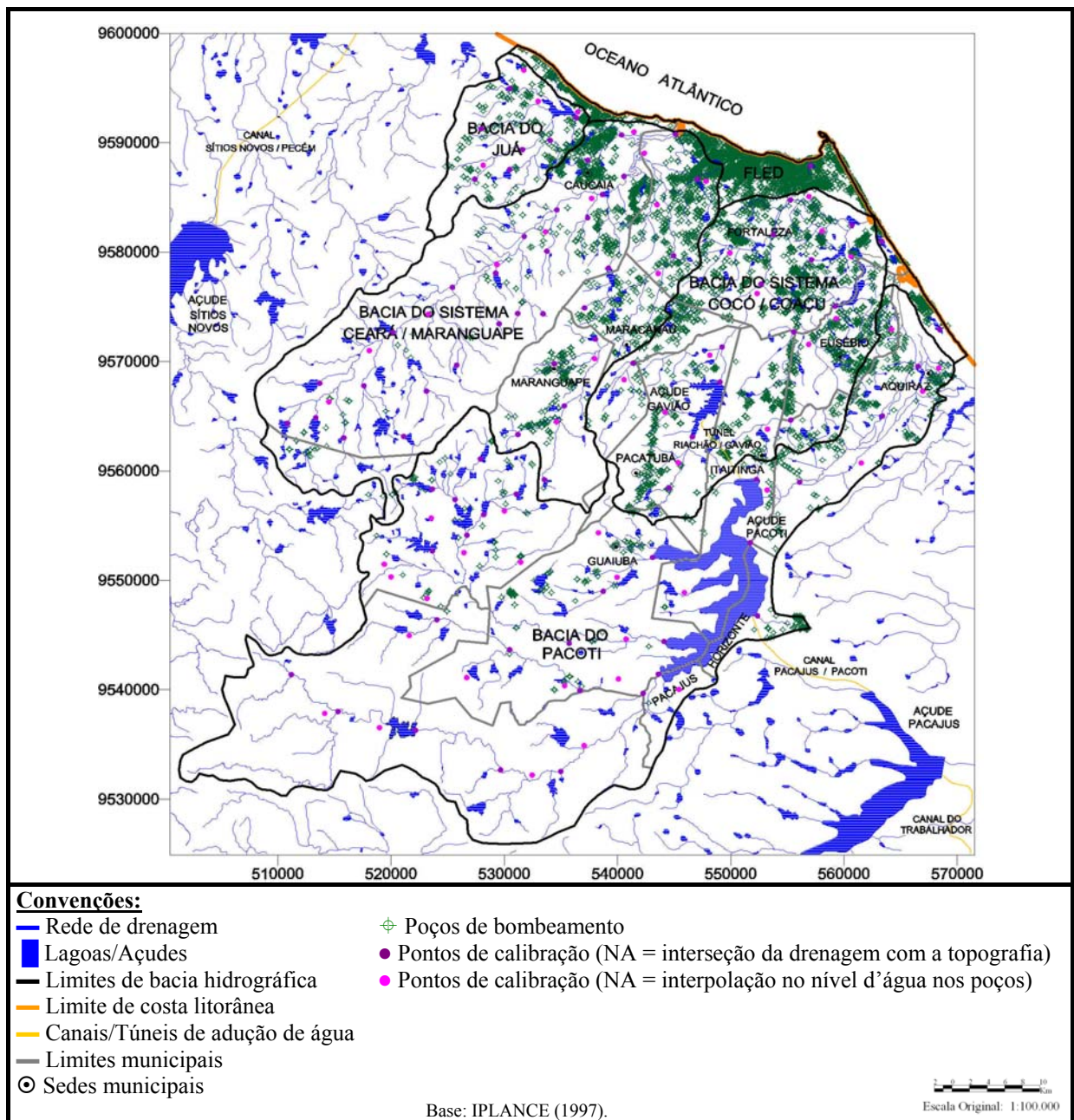


Figura 5.35 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no terceiro domínio de modelamento hidrogeológico da **RMF** (bacias do Juá, Pacoti e dos sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu).

Fonte: base modificada de IPLANCE (1997).

No caso do conjunto de pontos de interseção da drenagem com a topografia (60 pontos), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio da ordem de 0,96 m . Já para o caso do conjunto de pontos obtidos pela interpolação do nível estático médio dos poços (41 pontos), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio com um valor de 0,98 m. Por sua vez, considerando os dois conjuntos de pontos, a calibração do modelo se mostrou aceitável, com um erro médio da ordem de 0,97 m (Figura 5.36).

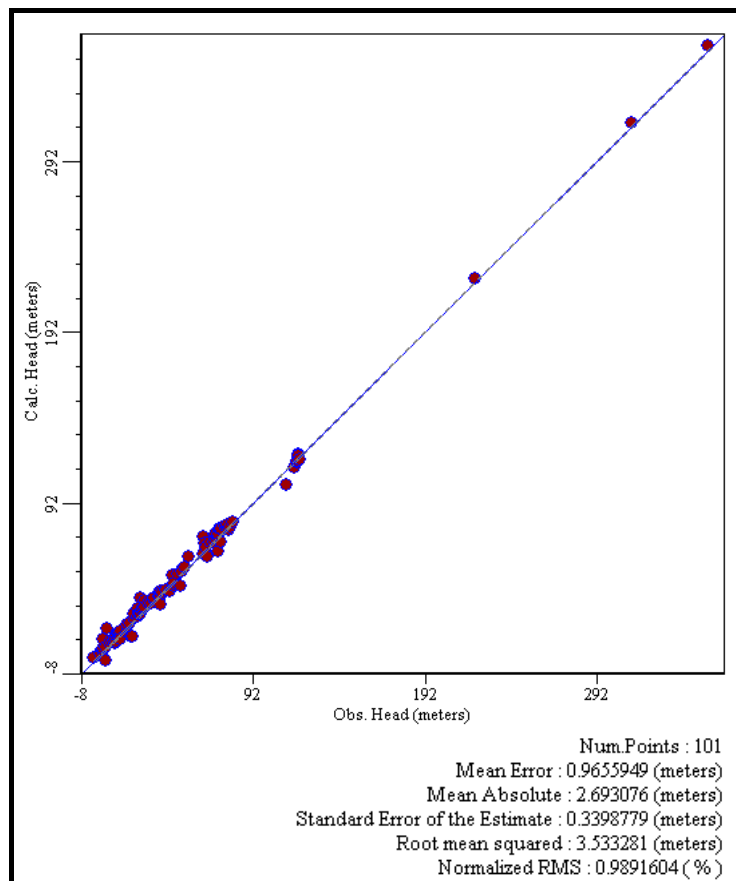


Figura 5.36 - Resultados da calibração do terceiro domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.

Nota: dados do modelo computacional.

Quarto Domínio: Bacias do Baixo Choró, Catú, Malcozinhado, Caponga Funda e Roseira

Para a calibração do quarto domínio de modelamento hidrogeológico, representativo das bacias do Baixo Choró, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira e Malcozinhado, também foram usados valores distintos de recarga, variáveis em função da distribuição das unidades hidroestratigráficas presentes neste domínio, conforme apresentado na TAB. 5.63.

Tabela 5.63 - Valores de recarga usados na calibração do quarto domínio

Unidade Aquífera	Recarga (mm/ano)
Dunas	220,0
Paleodunas	190,0
Barreiras	115,0

Nota: dados do modelo computacional.

Considerando estes valores de recarga e os valores típicos de condutividade hidráulica que foram adotados para o modelamento (TAB. 5.58), bem como os poços de bombeamento presentes neste domínio (TAB. 5.59), pôde-se proceder ao processo de calibração do modelo, conforme os dois conjuntos de pontos de observação das cotas do nível d'água (Figura 5.37).

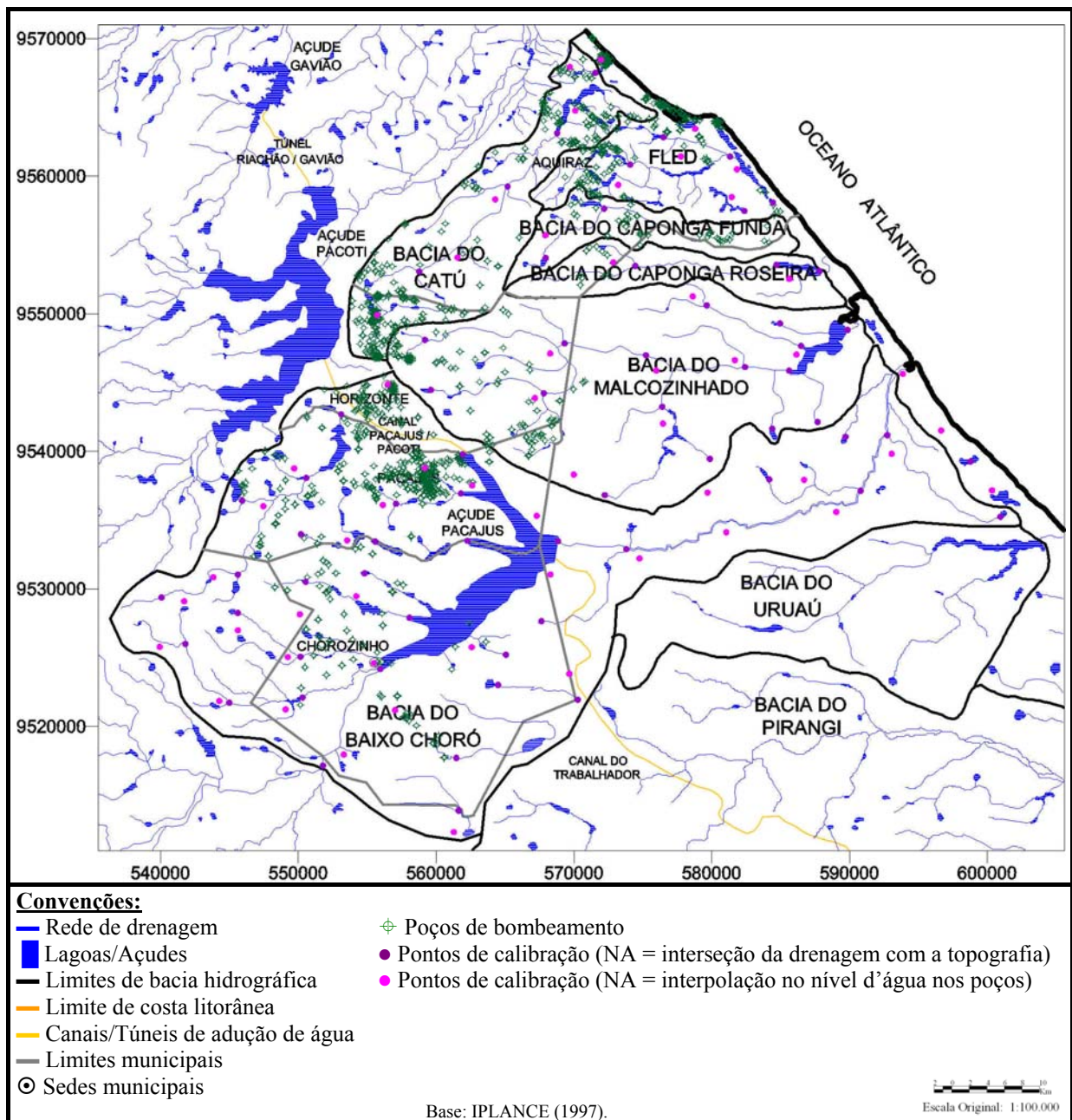


Figura 5.37 - Poços de bombeamento e pontos de calibração no terceiro domínio de modelamento hidrogeológico da **RMF** (bacias do Baixo Choró, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira e Malcozinhado).

Fonte: base modificada de IPLANCE (1997).

No caso do conjunto de pontos de interseção da drenagem com a topografia (58 pontos), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio da ordem de -1,51 m. Já para o caso do conjunto de pontos obtidos pela interpolação do nível estático médio dos poços (42 pontos), o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio com um valor de 1,86 m. Por sua vez, considerando os dois conjuntos de pontos, a calibração do modelo se mostrou aceitável, com

um erro médio da ordem de -0,09 m (Figura 5.38). Para todos os casos analisados, considera-se que o modelo respondeu satisfatoriamente, dadas às dimensões do domínio avaliado.

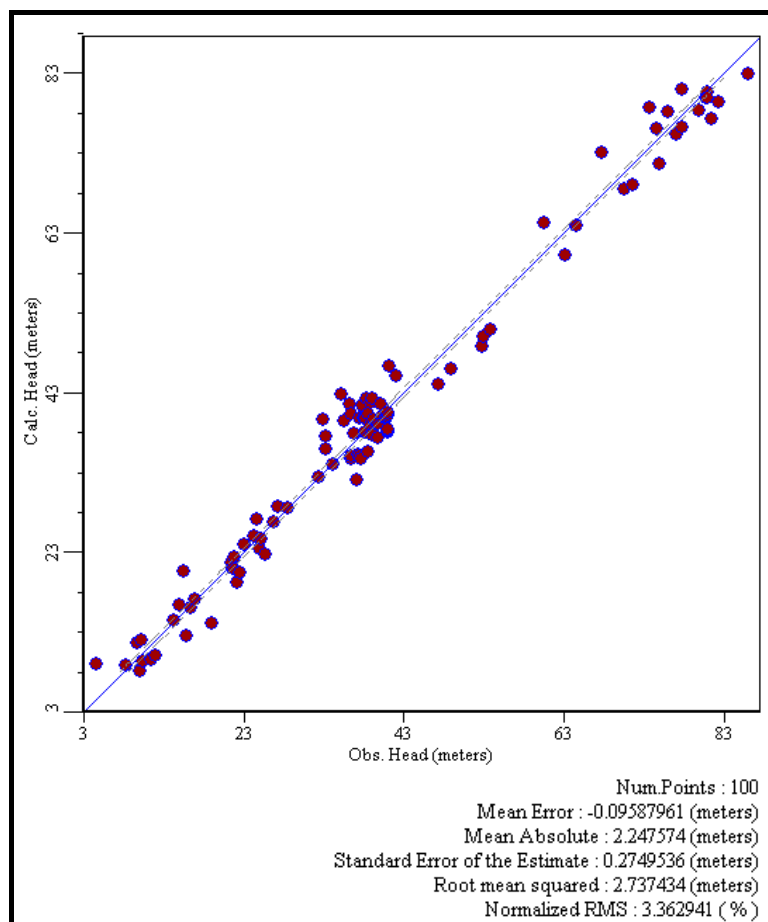


Figura 5.38 - Resultados da calibração do quarto domínio de modelamento considerando os dois conjuntos de pontos de observação referentes às cotas do NA.

Nota: dados do modelo computacional.

Caracterização Hidrogeológica da RMF

A caracterização hidrogeológica consiste na descrição do fluxo hidrodinâmico, dos rebaixamentos existentes e do potencial hídrico subterrâneo total da **RMF**. Neste caso, os resultados obtidos nos quatro domínios previamente definidos foram integrados para comporem um contexto hidrogeológico unificado.

Para esta caracterização, considera-se inicialmente o mapa DE-A02-02 (ANEXO II), gerado a partir da integração dos resultados relativos à distribuição das linhas equipotenciais e dos vetores direcionais de fluxo das águas subterrâneas. Pelo referido desenho, observa-se que o escoamento das águas subterrâneas na **RMF** se dá, preferencialmente, a partir das zonas de cotas mais elevadas para as zonas de cotas mais baixas, representadas pelos leitos dos

principais cursos d'água (e.g. rios Curú, São Gonçalo, Gereraú, Cauhipe, Pacoti, Ceará, Maranguape, Cocó, Coaçu, Choró, Catú, Caponga Funda, Caponga Roseira e Malcozinhado) e por toda a zona litorânea da **RMF**, e, daí, em direção ao mar.

Sendo assim, constata-se que o escoamento subterrâneo é fortemente influenciado pela rede drenagem superficial. Por outro lado, os poços de bombeamento também exercem uma forte influência na distribuição das cargas hidráulicas, alterando significativamente as direções de fluxo e, conseqüentemente, o escoamento das águas subterrâneas. Neste contexto, destaca-se a faixa litorânea dos municípios de Fortaleza e Aquiraz (mapa DE-A02-02 – ANEXO II), onde a alteração das direções de fluxo e da forma das linhas equipotenciais são mais pronunciadas, em função dos rebaixamentos provocados no sistema.

Para a caracterização mais ampla destes rebaixamentos, considera-se o mapa DE-A02-02 (ANEXO II), gerado a partir da integração dos resultados relativos à distribuição dos locais onde as cargas hidráulicas foram afetadas pelo bombeamento dos poços. Neste caso, percebe-se que os rebaixamentos provocados pela operação destes poços têm bastante abrangência dentro dos limites dos municípios da **RMF**, comprometendo significativamente os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú, Maranguape, Pacatuba, Itaitinga, Eusébio, Aquiraz, Horizonte e Pacajus, em função da elevada densidade de poços (mapa DE-A02-02 – ANEXO II). Notadamente, os rebaixamentos são menos expressivos nos municípios de São Gonçalo do Amarante, Guaiúba e Chorozinho, devido à baixa densidade de poços, graças aos aspectos hidrogeológicos inerentes ao cristalino (poços com baixa produção e águas subterrâneas com qualidade inferior).

De uma maneira geral, os resultados das simulações mostram que os rebaixamentos médios na **RMF** podem atingir valores superiores a 20,0 metros. Além disso, os resultados mostram também que a operação dos poços é capaz de produzir cerca de 79,79 milhões de m³/ano (TAB. 5.64). Neste contexto, os poços instalados na Unidade Aqüífera Barreiras respondem pela maior vazão de extração de águas subterrâneas, com uma produção da ordem de 37,05 milhões de m³/ano. Em seguida, destaca-se a Unidade Aqüífera Cristalino, que em função de sua vasta área e da pequena densidade de poços, produz cerca de 17,97 milhões de m³/ano. Nas unidades Dunas e Paleodunas os poços instalados produzem, respectivamente, cerca de 12,83 e 11,94 milhões de m³/ano de águas subterrâneas. Adicionalmente, as simulações do modelo sugerem que, na Unidade Dunas, cerca de 15,88 milhões de m³/ano de águas

subterrâneas sejam produzidas em função da importação de águas do mar. Portanto, na verdade, nesta unidade a vazão total produzida seria da ordem de 28,71 milhões de m³/ano.

Tabela 5.64 - Reservas renováveis das unidades aquíferas e produção dos poços em todo o domínio de influência hidrográfica da Região Metropolitana de Fortaleza

Unidade Aquífera	Área (km ²)	Nº de Poços Np	Densidade de Poços Np/km ²	Reserva Renovável x10 ⁶ m ³ /ano	Produção dos Poços x10 ⁶ m ³ /ano	Percentual Comprometido	Percentual Disponível	Importação de Água do Mar x10 ⁶ m ³ /ano
Cristalino	4.158,0	2.229	0,54	71,43	17,97	25,2%	74,8%	0,00
Barreiras	2.703,6	4.947	1,83	222,18	37,05	16,7%	83,3%	0,00
Paleodunas	283,0	2.987	10,55	26,54	11,94	45,0%	55,0%	0,00
Dunas	285,0	2.547	8,94	30,66	12,83	41,8%	58,2%	15,88
TOTAL	7.429,6	12.710	1,71	350,82	79,79	22,7%	77,3%	15,88

Nota: dados do modelo computacional.

Com relação ao balanço hídrico do domínio de influência hidrográfica da **RMF**, a integração dos resultados das simulações (TAB. 5.64) indica que o volume produzido anualmente pelos poços é da ordem de 79,79 milhões de m³/ano (aproximadamente 2.530 L/s) de águas continentais, e de cerca de 15,88 milhões de m³/ano (aproximadamente 504 L/s) de água extra importada do mar pela intrusão da cunha salina, totalizando 95,67 milhões de m³/ano de águas subterrâneas (aproximadamente 3.034 L/s). Este valor é equivalente àqueles apresentados no item 5.1.1.2 para a utilização de águas subterrâneas no ano de 2000 (*e.g.* IBGE, 2000; COGERH, 2001). Isto corrobora o modelo hidrogeológico computacional implementado aqui. Além disso, sugere que cerca de 16,6% das águas produzidas na **RMF** são oriundas da intrusão da cunha salina. Este fenômeno foi verificado com maior intensidade na orla marítima de Fortaleza, onde a densidade de poços é muito alta, e, subordinadamente, em Aquiraz. Corroborando estas indicações, a avaliação da qualidade das águas subterrâneas sugeriram a mesma situação (*i.e.* micro-área MA3-AQU, em Aquiraz; e, micro-áreas MA2-FOR e MA4-FOR, em Fortaleza).

Já a reserva renovável total calculada pelo modelo sugere um valor da ordem de 350,82 milhões de m³/ano (TAB. 5.64), equivalente a cerca de 11.124 L/s. Considerando individualmente as unidades aquíferas Cristalino, Barreiras, Paleodunas e Dunas, estas reservas são, respectivamente, da ordem de 71,43; 222,18; 26,54; e, 30,66 milhões de m³/ano. Pela referida tabela, pode-se observar também que os percentuais relativos das vazões extraídas pelos poços correspondem a valores consideráveis para todas as unidades aquíferas, mostrando que cerca de 22,7% das reservas hídricas renováveis encontram-se comprometidas

anualmente com a operação dos poços. Sob esta perspectiva, as unidades Paleodunas e Dunas mostraram-se ser as mais solicitadas, indicando que, respectivamente, cerca de 45,0% e 41,8% de suas reservas renováveis são utilizadas anualmente. Na seqüência, aparecem as unidades Cristalino e Barreiras, indicando, respectivamente, que cerca de 25,20% e 16,7% de suas reservas são exploradas anualmente.

5.1.2.3.3 - Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas Estratégicas

Nesta avaliação serão considerados os poços que estão em operação nas micro-áreas estratégicas, simulando a capacidade de produção atual e identificando o percentual relativo das reservas renováveis comprometida pelo bombeamento dos poços, bem como o percentual relativo disponível, ou não, para ser extraído (capacidade de produção futura).

Para tanto, serão usados os dados produzidos pelos modelos implementados para os quatro domínios de influência hidrográfica da **RMF**. Estes dados serão conjugados para apresentar um panorama integrado sobre o potencial de produção hídrica, atual e futuro, nas micro-áreas estratégicas. Além disso, serão adotadas algumas premissas, critérios e conceitos de avaliação, para determinar os potenciais de produção e facilitar o processo de hierarquização destas áreas. Quais sejam:

- a espessura máxima dos aquíferos nas micro-áreas estratégicas corresponde ao topo do embasamento moderadamente fraturado, o que equivale a profundidades entre 75,0 e 100,0 metros, a partir da superfície do terreno, e espessuras saturadas entre 60, e 80,0 metros;
- todos os poços de bombeamento em uso estão em operação, inclusive aqueles fora das micro-áreas estratégicas;
- as reservas renováveis totais calculadas para as micro-áreas estratégicas representam uma condição estacionária do sistema (condição de equilíbrio);
- para o cálculo das reservas renováveis totais e dos volumes produzidos anualmente pelos poços considera-se o balanço entre as entradas e saídas de água do sistema, feito automaticamente pelo modelo computacional;
- as reservas renováveis totais das micro-áreas estratégicas são relativas apenas às recargas geradas pela infiltração direta de águas de chuvas, dentro de seus limites superficiais;
- os volumes produzidos anualmente pelos poços de bombeamento representam a parcela comprometida das reservas renováveis totais nas micro-áreas estratégicas;

- a reserva renovável utilizada merece uma atenção especial. Neste caso, ela será igual ao volume anual produzido pelos poços sempre que este último for inferior ou igual à reserva renovável total. Para os casos em que o volume anual produzido pelos poços for superior, a reserva renovável utilizada será sempre igual a à reserva renovável total;
- no caso dos valores de reservas renováveis totais serem maiores que os volumes produzidos anualmente pelos poços, a diferença entre estes dois componentes representa a reserva renovável disponível. Neste caso registra-se ainda que o volume anual importado será igual a zero; e,
- no caso dos volumes produzidos anualmente pelos poços serem maiores que os valores de reservas renováveis totais, a diferença entre estes dois componentes representa o volume anual importado em cada micro-área estratégica. Neste caso, registra-se ainda que a reserva renovável utilizada será igual a reserva renovável total.

Cabe ressaltar ainda que as reservas renováveis totais calculadas para cada micro-área estratégica consideram apenas o potencial de recarga de cada uma delas, refletindo também a vazão total que, em princípio, estaria prontamente disponível para produção, sem que ocorra a importação de águas subterrâneas das adjacências. Isto porque, assume-se que cada micro-área estratégica deva ser auto-suficiente, pois a importação de águas pode implicar em comprometimento do potencial de qualidade e de quantidade, tanto para a micro-área explorada quanto para aquelas em suas vizinhanças.

Posto isto, apresentam-se na TAB. 5.65 os resultados obtidos a partir desta avaliação, representando uma caracterização geral do potencial quantitativo das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da **RMF**. Esta caracterização considera a distribuição e os limites físicos das micro-áreas estratégicas, por município (mapa DE-A02-02 – ANEXO II), bem como os resultados do balanço hídrico do modelo hidrogeológico computacional.

Tabela 5.65 - Caracterização geral do potencial quantitativo das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da RMF

Município	Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total x10 ⁶ m ³ /ano	Volume Anual Produzido pelos Poços x10 ⁶ m ³ /ano	Reserva Renovável Utilizada x10 ⁶ m ³ /ano	Reserva Renovável Disponível x10 ⁶ m ³ /ano	Volume Anual Importado pelos Poços x10 ⁶ m ³ /ano
Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	3,23	0,84	0,84	2,39	0,00
	MA2-AQU	Barreiras	1,27	1,01	1,01	0,26	0,00
	MA3-AQU	Dunas	1,16	1,09	1,09	0,07	0,00
	MA4-AQU	Barreiras	5,92	1,60	1,60	4,32	0,00
Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	3,09	5,18	3,09	0,00	2,09
	MA2-CAUC	Cristalino	3,31	0,68	0,68	2,63	0,00
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	0,70	1,92	0,70	0,00	1,22
	MA4-CAUC	Dunas/ Paleodunas	2,71	2,30	2,30	0,41	0,00
	MA5-CAUC	Dunas/ Paleodunas	1,49	0,19	0,19	1,30	0,00
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	5,35	0,84	0,84	4,51	0,00
Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	0,10	0,04	0,04	0,06	0,00
Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	0,05	1,75	0,05	0,00	1,70
	MA2-FOR	Dunas	0,62	7,78	0,62	0,00	7,16
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	0,07	2,23	0,07	0,00	2,16
	MA4-FOR	Dunas	0,38	2,43	0,38	0,00	2,05
	MA5-FOR	Cristalino	0,20	0,15	0,15	0,05	0,00
	MA6-FOR	Cristalino	0,20	0,43	0,20	0,00	0,23
	MA7-FOR	Barreiras	0,62	1,33	0,62	0,00	0,71
	MA8-FOR	Dunas	0,70	2,12	0,70	0,00	1,42
Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	0,91	0,12	0,12	0,79	0,00
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	2,83	2,53	2,53	0,30	0,00
Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	0,12	0,43	0,12	0,00	0,31
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	0,28	0,74	0,28	0,00	0,46
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	0,38	0,08	0,08	0,30	0,00
	MA2-MARAN	Cristalino	0,03	0,10	0,03	0,00	0,07
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	6,48	1,52	1,52	4,96	0,00
	MA2-PACAJ	Barreiras	2,12	3,05	2,12	0,00	0,93
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	0,27	0,52	0,27	0,00	0,25
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	6,78	0,34	0,34	6,44	0,00
	MA2-SGA	Cristalino	1,20	0,22	0,22	0,98	0,00
	MA3-SGA	Cristalino	2,28	0,22	0,22	2,06	0,00

Nota: dados do modelo computacional.

5.1.2.3.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo Disponível das Águas Subterrâneas nas Micro-Áreas Estratégicas

Com base nos dados apresentados na TAB. 5.65, procede-se à caracterização e hierarquização do potencial quantitativo disponível das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da **RMF**. Para tanto, considera-se inicialmente uma avaliação individual e, em seguida, a sua distribuição por município com base nos seus respectivos valores de reserva e vazão apresentados pelo modelo.

Neste contexto, assume-se que os valores de reserva renovável total correspondam ao limite máximo passível de exploração, com o intuito de verificar os valores já comprometidos com o bombeamento dos poços (reserva renovável utilizada) e aqueles ainda disponíveis para tal fim (reserva renovável disponível), bem como de quantificar a importação de água de áreas adjacentes (volume anual importado), no caso dos valores bombeados (volume anual produzido) serem superiores às reservas renováveis, como demonstrado na TAB. 5.65.

Identificados todos estes valores, inicialmente procede-se na determinação do grau de utilização e de disponibilidade das águas subterrâneas, com o intuito de estabelecer, individualmente, o quanto as micro-áreas estratégicas avaliadas encontram-se com o seu potencial quantitativo comprometido e, assim, realizar a sua caracterização.

Para isto, os valores de reserva renovável utilizada e disponível são normalizados em função da reserva renovável total, obtendo-se valores que representam o Índice Relativo de Utilização Hídrica (**IRUH**) e o Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica (**IRDH**). Cabe ressaltar que estes índices variam na faixa entre 0,0 e 1,0, e são complementares entre si. Assim, quanto maior for o índice de disponibilidade tanto menor será o índice de utilização, e vice-versa. Para facilitar a comparação entre estes valores, estabelece-se uma subdivisão em 5 faixas escalares, representativas da utilização e da disponibilidade hídrica, conforme apresentado na TAB. 5.66. Neste contexto, determina-se que a caracterização do potencial quantitativo disponível seja feita sempre pelos valores de **IRDH**.

Tabela 5.66 - Faixas escalares de variação dos índices relativos para caracterização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas da **RMF**

IRUH	Faixa de Variação	IRDH
Muito Baixo	$0,0 < IR \leq 0,2$	Muito Baixo
Baixo	$0,2 < IR \leq 0,4$	Baixo
Moderado	$0,4 < IR \leq 0,6$	Moderado
Alto	$0,6 < IR \leq 0,8$	Alto
Muito Alto	$0,8 < IR \leq 1,0$	Muito Alto

Nota: **IRUH** – Índice Relativo de Utilização Hídrica; **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica.

Valores de **IRDH** iguais a 1,0 indicam que todo o potencial quantitativo (reserva renovável) da respectiva área encontra-se disponível para exploração, ou seja, igual **IRUH** a zero. Em contraposição, valores de **IRDH** iguais a zero (potencial quantitativo nulo) indicam que toda a reserva renovável encontra-se comprometida pelo bombeamento dos poços ou outra forma de captação, ou seja, **IRUH** igual a 1,0. Neste último caso, é muito provável ainda que as águas subterrâneas também estejam sendo importadas das vizinhanças da área considerada.

De maneira semelhante, o volume importado de outras áreas também pode ser avaliado. Para tanto, considera-se a razão entre o volume anual importado e a reserva renovável total, representando o Grau Relativo de Importação Hídrica (**GRIH**). Neste caso, valores iguais a zero indicam que as respectivas micro-áreas encontram-se ainda numa situação sustentável, ou seja, a sua reserva renovável é superior ao volume produzido, sendo a relação entre a sua

utilização e disponibilidade dada pelos seus respectivos índices relativos. Em contrapartida, para o caso de valores de **GRIH** maiores que zero, registra-se uma condição de não sustentabilidade. Neste caso, o volume produzido é maior que a reserva renovável total, implicando que águas subterrâneas estão sendo importadas de áreas vizinhas. Isto pode vir a comprometer as reservas atuais e futuras de outras micro-áreas, tanto em qualidade quanto em quantidade.

A TAB. 5.67 apresenta os valores calculados para os parâmetros descritos acima, com base nos resultados do balanço hídrico apresentado na TAB. 5.65.

Tabela 5.67 - Valores de IRUH, IRDH e GRIH nas micro-áreas estratégicas da RMF

Município	Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	IRUH	IRDH	GRIH	Potencial Quantitativo Disponível
Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	102	0,26	0,74	0,00	Alto
	MA2-AQU	Barreiras	40	0,80	0,20	0,00	Muito Baixo
	MA3-AQU	Dunas	37	0,94	0,06	0,00	Muito Baixo
	MA4-AQU	Barreiras	188	0,27	0,73	0,00	Alto
Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	98	1,00	0,00	0,68	Nulo
	MA2-CAUC	Cristalino	105	0,20	0,80	0,00	Alto
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	22	1,00	0,00	1,75	Nulo
	MA4-CAUC	Dunas/ Paleodunas	86	0,85	0,15	0,00	Muito Baixo
	MA5-CAUC	Dunas/ Paleodunas	47	0,13	0,87	0,00	Muito alto
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	0,16	0,84	0,00	Muito alto
Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	3	0,42	0,58	0,00	Moderado
Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	1,00	0,00	34,02	Nulo
	MA2-FOR	Dunas	20	1,00	0,00	11,54	Nulo
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	1,00	0,00	30,87	Nulo
	MA4-FOR	Dunas	12	1,00	0,00	5,39	Nulo
	MA5-FOR	Cristalino	6	0,76	0,24	0,00	Baixo
	MA6-FOR	Cristalino	6	1,00	0,00	1,17	Nulo
	MA7-FOR	Barreiras	20	1,00	0,00	1,14	Nulo
	MA8-FOR	Dunas	22	1,00	0,00	2,02	Nulo
Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	29	0,13	0,87	0,00	Muito alto
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	0,89	0,11	0,00	Muito Baixo
Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	4	1,00	0,00	2,61	Nulo
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	1,00	0,00	1,65	Nulo
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	0,22	0,78	0,00	Alto
	MA2-MARAN	Cristalino	1	1,00	0,00	2,30	Nulo
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	0,23	0,77	0,00	Alto
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	1,00	0,00	0,44	Nulo
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	1,00	0,00	0,92	Nulo
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	0,05	0,95	0,00	Muito alto
	MA2-SGA	Cristalino	38	0,18	0,82	0,00	Muito alto
	MA3-SGA	Cristalino	72	0,10	0,90	0,00	Muito alto

Nota: **IRUH** – Índice Relativo de Utilização Hídrica; **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica; **GRIH** – Grau Relativo de Importação Hídrica.

Na tabela acima, vale ressaltar que os valores de reserva renovável total são aqueles apresentados na TAB. 5.65, porém tiveram as suas unidades transformadas de milhões de m³/ano para L/s com o intuito de facilitar, posteriormente, a comparação com os valores de demanda produzidos. De imediato, estes valores podem ser usados para a converção dos valores relativos de **IRUH**, **IRDH** e **GRIH**, pela simples multiplicação de um pelo outro.

A Figura 5.39 compara graficamente os valores apresentados na TAB. 5.67, fornecendo um panorama geral sobre o índice de utilização e de disponibilidade das águas subterrâneas em cada micro-área estratégica, bem como sobre o grau de importação naquelas áreas não sustentáveis.

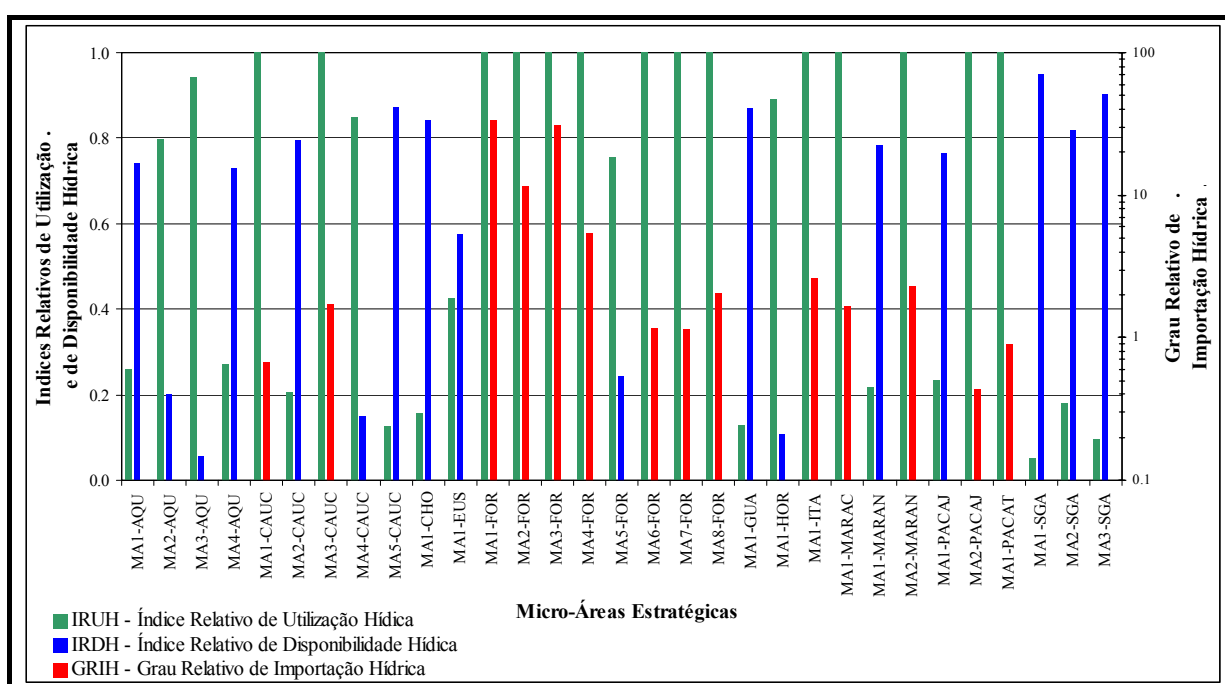


Figura 5.39 - Correlação entre os valores de IRUH, IRDH e GRIH para caracterização quantitativa das micro-áreas estratégicas da RMF.

Nota: **IRUH** – Índice Relativo de Utilização Hídrica; **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica; **GRIH** – Grau Relativo de Importação Hídrica.

Pela figura acima, pode-se caracterizar o potencial quantitativo disponível de cada micro-área. Neste sentido, constata-se que as situações mais críticas, onde as águas subterrâneas têm um índice de utilização extrema (**IRUH = 1,0** e **IRDH=0,0**), revelando que todo o seu potencial encontra-se comprometido (nulo – TAB. 5.67), são aparentes nas micro-áreas localizadas nos municípios de Caucaia (MA1-CAUC e MA3-CAUC), Fortaleza (MA7-FOR, MA6-FOR, MA8-FOR, MA4-FOR, MA2-FOR, MA3-FOR e MA1-FOR), Itaitinga (MA1-ITA), Maracanaú (MA1-MARAC), Maranguape (MA2-MARAN), Pacajus (MA2-PACAJ) e

Pacatuba (MA1-PACAT). Nestas micro-áreas registra-se a importação de águas subterrâneas das vizinhanças e, dependendo da localização, pode existir até mesmo a introdução de água extra oriunda da intrusão da cunha salina (*i.e.* MA2-FOR, MA4-FOR, em Fortaleza). Para as demais micro-áreas, o potencial quantitativo disponível variou segundo as faixas determinadas na TAB. 5.66. A caracterização completa do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas é apresentada na TAB. 5.67, segundo a variação de seus valores de **IRDH**.

Tendo sido caracterizado o potencial quantitativo de cada micro-área estratégica, procede-se agora à sua hierarquização por município da **RMF**. Neste caso, o foco da avaliação consiste em priorizar o potencial de produção ainda disponível de cada micro-área, em termos de seus valores absolutos, e hierarquizá-lo por município. Sendo assim, cabe ressaltar que não se podem usar os valores relativos calculados, uma vez que foram determinados para estabelecer uma caracterização do potencial quantitativo de cada micro-área e, sendo assim, só fazem sentido numa avaliação individual.

Posto isto, para a hierarquização das micro-áreas estratégicas, por município, são priorizados, em ordem decrescente, os valores de reserva renovável disponível. Neste caso, entende-se que quanto maiores os valores de reserva disponível, tanto maior também será o potencial quantitativo, e vice-versa. Em segunda ordem, no caso dos valores de reserva renovável disponível serem nulos, são priorizados os valores de vazão importada pelos poços. Neste caso, os valores são ordenados em ordem crescente, pois entende-se que quanto menor o volume importado das vizinhanças, tanto menor também será o risco de comprometimento do potencial quantitativo de áreas adjacentes, e vice-versa.

A TAB. 5.68 apresenta a hierarquização das micro-áreas estratégicas, por município, proposta nos termos descritos acima. Nesta tabela, vale dizer que os valores apresentados são correspondentes àqueles da TAB. 5.65, porém tiveram as suas unidades transformadas de milhões de m³/ano para L/s com o intuito de facilitar, posteriormente, a comparação com os valores de demanda produzidos. Adicionalmente, a referida tabela ainda mostra a caracterização do potencial quantitativo de cada micro-área.

Tabela 5.68 - Hierarquização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas, por município da RMF, com base nos valores absolutos de Reserva Renovável Disponível e de Vazão Importada pelos Poços

Município	Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida por Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada por Poços (L/s)	Potencial Quantitativo Disponível
Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	188	51	51	137	0	Alto
	MA1-AQU	Barreiras	102	27	27	75	0	Alto
	MA2-AQU	Barreiras	40	32	32	8	0	Muito Baixo
	MA3-AQU	Dunas	37	35	35	2	0	Muito Baixo
Caucaia	MA2-CAUC	Cristalino	105	22	22	83	0	Alto
	MA5-CAUC	Dunas/ Paleodunas	47	6	6	41	0	Muito alto
	MA4-CAUC	Dunas/ Paleodunas	86	73	73	13	0	Muito Baixo
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	22	61	22	0	39	Nulo
	MA1-CAUC	Barreiras	98	164	98	0	66	Nulo
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	27	27	143	0	Muito alto
Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	3	1	1	2	0	Moderado
Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	6	5	5	2	0	Baixo
	MA6-FOR	Cristalino	6	14	6	0	7	Nulo
	MA7-FOR	Barreiras	20	42	20	0	23	Nulo
	MA8-FOR	Dunas	22	67	22	0	45	Nulo
	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	55	2	0	54	Nulo
	MA4-FOR	Dunas	12	77	12	0	65	Nulo
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	71	2	0	68	Nulo
	MA2-FOR	Dunas	20	247	20	0	227	Nulo
Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	29	4	4	25	0	Muito alto
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	80	80	10	0	Muito Baixo
Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	4	14	4	0	10	Nulo
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	23	9	0	15	Nulo
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	3	3	10	0	Alto
	MA2-MARAN	Cristalino	1	3	1	0	2	Nulo
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	48	48	157	0	Alto
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	97	67	0	29	Nulo
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	16	9	0	8	Nulo
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	11	11	204	0	Muito alto
	MA3-SGA	Cristalino	72	7	7	65	0	Muito alto
	MA2-SGA	Cristalino	38	7	7	31	0	Muito alto

Nota: reservas e vazões calculadas pelo modelo computacional.

5.2 - Graben Crato-Juazeiro

5.2.1 - Definição e Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento

Da mesma maneira que foi apresentado no item 5.1.1, a definição e caracterização das áreas críticas envolve a integração de aspectos relativos à demanda de água e a capacidade instalada e prevista do sistema de abastecimento para atender a estas demandas na área do Graben Crato-Juazeiro. Além disso, envolve também considerações sobre possíveis cenários de

evolução, em condições normais de atendimento das demandas atual e futura, ou ainda de possíveis colapsos no sistema de abastecimento principal, criando condições emergenciais de atendimento das demandas. Como já visto anteriormente, esta tarefa passa pela realização de estudos preliminares sobre as projeções de população e consumo, bem como sobre a contextualização da infra-estrutura hídrica atual e futura.

5.2.1.1 - População e Demanda

Devido à falta de dados mais detalhados, o cálculo das projeções populacionais nos municípios considerados na área do **GCJ** é executado de forma direta, segundo os dados censitários e as taxas de crescimento populacional apresentados por IBGE (2000), conforme mostra a TAB. 5.69.

Tabela 5.69 - Dados censitários e taxa de crescimento médio anual da população para os municípios considerados na área do **GCJ**

Município	População (hab.)			Taxa de Crescimento Médio Anual da População		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Barbalha	47.031	30.669	16.362	2,27%	2,62%	1,64%
Crato	104.646	83.917	20.729	1,62%	1,99%	0,27%
Juazeiro do Norte	212.133	202.227	9.906	2,25%	2,29%	1,53%

Fonte: compilado de IBGE (2000).

Posto isto, calculam-se as projeções populacionais para um período de 20 anos, com resultados apresentados para os anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Para tanto, adota-se o método geométrico de projeção populacional, amplamente utilizado pelo **IBGE** que, como já apresentado no item 5.1.1.1, consiste na solução da Eq. 5.1.

Ao aplicar a referida equação, com base nos dados censitários e nas taxas de crescimento apresentadas por IBGE (2000), obtêm-se as projeções futuras para as populações dos municípios considerados na área do Graben Crato-Juazeiro (*i.e.* Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte), como demonstrado na TAB. 5.70.

Tabela 5.70 - Projeção populacional para os municípios considerados na área do **GCJ**

Projeção	População (hab.)								
	Barbalha			Crato			Juazeiro do Norte		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
2000	47.031	30.669	16.362	104.646	83.917	20.729	212.133	202.227	9.906
2005	52.651	34.903	17.748	113.616	92.606	21.010	237.154	226.467	10.687
2010	58.973	39.721	19.252	123.490	102.194	21.296	265.143	253.613	11.530
2015	66.088	45.204	20.884	134.360	112.775	21.585	296.452	284.012	12.440
2020	74.098	51.445	22.653	146.330	124.452	21.878	331.476	318.055	13.421

Base: dados censitários e taxas de crescimento de IBGE (2000).

Já para o cálculo das demandas projetadas para estes anos, a situação se torna mais complexa devido à ausência de dados localizados sobre o consumo *per capita* dos setores usuários da água nos municípios avaliados. Para se chegar a estes valores, são considerados, inicialmente, os dados oficiais de IPECE (2004), para os municípios de Barbalha e Juazeiro do Norte; como também os dados estimados de VERÍSSIMO (1999) para o município de Crato, uma vez que não se dispõe de informações oficiais.

Estes dados referem-se aos valores de vazão aduzida para o atendimento das demandas humanas urbanas, no ano de 2000, nos referidos municípios, conforme apresentado na TAB. 5.71.

Tabela 5.71 - Vazão aduzida no ano de 2000 e consumo *per capita* urbano nos municípios considerados na área do **GCJ**

Município	População (hab.)			Vazão Aduzida em 2000 L/dia	Consumo <i>Per Capita</i> Urbano L/hab./dia
	Total	Urbana	Rural		
Barbalha	47.031	30.669	16.362	5.160.000	168
Crato	104.646	83.917	20.729	35.040.000	418
Juazeiro do Norte	212.133	202.227	9.906	46.800.000	231

Fonte: IBGE (2000); VERÍSSIMO (1999), IPECE (2004).

Dessa maneira, os valores de consumo *per capita* urbano, obtidos pela razão entre a vazão aduzida e a população urbana, são equivalentes a 168 L/hab./dia, 418 L/hab./dia e 231 L/hab./dia para os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, respectivamente. O valor de consumo *per capita* nas zonas rurais é fixado em 100 L/hab./dia, conforme recomendado no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Ceará (CEARÁ, 1992). De posse das informações relativas ao consumo humano nas zonas urbanas e rurais, pode-se calcular o consumo *per capita* para uso doméstico, conforme apresentado na TAB. 5.72. Neste caso, o consumo doméstico é dado pelo somatório dos produtos entre o consumo *per capita* e o percentual da população residente nas zonas urbanas e rurais, respectivamente (média ponderada).

Tabela 5.72 - Consumo *per capita* doméstico nos municípios considerados na área do **GCJ**

Município	População (hab.)			Consumo <i>Per Capita</i> (L/Hab./dia)		
	Urbana	Rural	Total	Urbano	Rural	Doméstico
Barbalha	30.669	16.362	47.031	168	100	145
Crato	83.917	20.729	104.646	418	100	355
Juazeiro do Norte	202.227	9.906	212.133	231	100	255

Fonte: valores calculados com base nos dados de IBGE (2000); VERÍSSIMO (1999), IPECE (2004).

Cabe dizer que, no município de Crato, o consumo *per capita* se mostra mais elevado devido, principalmente, à presença de ligações clandestinas e à ausência de medição do volume consumido pela população, porque comumente os equipamentos de hidrometração são retirados das residências pelos próprios moradores, sendo o consumo medido pela taxa mínima (e.g. ANJOS, 2000; VERÍSSIMO, 1999).

Já para os valores de consumo *per capita* relativo aos demais usos da água (irrigação, indústria e animal), são considerados os valores percentuais de composição das demandas, obtidos pela compilação dos dados de consumo estimados por VERÍSSIMO (1999). Segundo o referido autor, pode-se admitir que o uso doméstico represente cerca de 80% da demanda de água, sendo o uso para irrigação, indústria e animal responsáveis por valores de cerca de 18%, 1,5% e 0,5%, respectivamente. Dessa maneira, os valores de consumo per capita relativos aos diferentes usos da água nos municípios considerados na área do GCJ podem ser consolidados como apresentados na TAB. 5.73.

Tabela 5.73 - Distribuição dos valores de consumo *per capita*, de acordo com os diferentes usos da água nos municípios considerados na área do GCJ

Município	Consumo Per Capita (L/Hab./dia)				Total
	Doméstico	Irrigação	Indústria	Animal	
Barbalha	145	33	3	1	182
Crato	355	80	7	2	444
Juazeiro do Norte	255	51	4	1	281

Fonte: calculado pelos valores percentuais de composição das demandas (VERÍSSIMO, 1999)

Portanto, com base nas projeções populacionais (TAB. 5.70) e nos dados de consumo *per capita* total (TAB. 5.73), pode-se avaliar preliminarmente as demandas totais pelo uso da água na área do Graben Crato-Juazeiro, para os horizontes previstos até o ano de 2020, como apresentado na TAB. 5.74. Vale ressaltar que os valores apresentados nesta tabela consideram o consumo *per capita* fixo ao longo dos anos, sendo os incrementos de demanda dados em função do crescimento populacional, conforme as projeções realizadas.

Tabela 5.74 - Projeção das demandas para os municípios na área do GCJ

Projeção	Demandas (L/s)			Total
	Barbalha	Crato	Juazeiro do Norte	
2000	99	538	690	1.327
2005	111	584	771	1.466
2010	124	635	862	1.621
2015	139	690	964	1.793
2020	156	752	1.078	1.986

Base: IBGE (2000); VERÍSSIMO (1999).

5.2.1.2 - A Infra-estrutura Hídrica Atual e Futura

Os recursos hídricos subterrâneos na área do **GCJ** são essenciais para o desenvolvimento socioeconômico local. Eles representam a única fonte de abastecimento para as populações urbana e rural (uso doméstico), assim como para o suprimento das demandas geradas pelos demais usos (irrigação, indústria, dessedentação de animais).

As demandas municipais são totalmente atendidas por água subterrânea captada através de poços tubulares e/ou nascentes, de cunho particular (sistema privado), ou pelos poços construídos pela **CAGECE** e pelas prefeituras locais (sistema público). Em termos de abastecimento público, o sistema se presta exclusivamente ao atendimento das demandas humanas urbanas. Neste caso, no ano de 2000, no município de Barbalha eram utilizados 4 poços tubulares, produzindo uma vazão de cerca de 1,88 milhões de m³/ano de água subterrânea, aproximadamente 60 L/s. Já no município do Crato eram utilizados 24 poços tubulares e 2 nascentes, produzindo uma vazão anual da ordem de 12,79 milhões de m³ (aproximadamente 406 L/s).

Por sua vez, em Juazeiro do Norte a captação de água subterrânea era realizada por uma bateria de 22 poços tubulares profundos, com uma produção da ordem de 17,08 milhões de m³/ano, aproximadamente 542 L/s (*e.g.* VERÍSSIMO, 1999; IPECE, 2004). As demandas humanas rurais e as demandas de irrigação, indústria e animal são atendidas pelo sistema privado, composto por poços, nascentes, cacimbas e cisternas particulares. Neste caso as estimativas são difíceis de serem realizadas, pois não há qualquer tipo de controle sobre o uso, uma vez que nesta região prevalece o entendimento que as águas subterrâneas são associadas à posse da terra.

Sendo assim, os valores representativos do sistema público expressam, fundamentalmente, as demandas humanas urbanas, uma vez que não consideram o sistema privado, destinados ao atendimento dos diferentes usos da água nos três municípios. Dessa maneira, as vazões produzidas pelo referido sistema representam apenas uma parcela da demanda total projetada de cada município. Neste sentido, com base nos valores de demanda total do ano de 2000 (TAB. 5.74), observa-se que o sistema público foi responsável pelo atendimento de cerca de 60% das demandas no município de Barbalha, enquanto que nos municípios de Crato e Juazeiro do Norte foi responsável pelo atendimento de 75% e 80% das respectivas demandas.

Cabe ressaltar que não existem projetos futuros para complementação da infra-estrutura hídrica atual do sistema público, seja pela construção de reservatórios superficiais ou de novos poços tubulares para produção de águas subterrâneas. De maneira geral, percebe-se que a construção de novos poços é feita subjetivamente, seguindo a necessidade de atendimento das populações crescentes de cada município, sem que haja um planejamento prévio, a curto e longo prazo, e tampouco estudos específicos sobre as potencialidades hídricas do sistema explorado e sobre os impactos que podem ser causados.

5.2.1.3 - Áreas Críticas de Abastecimento na Área do GCJ

As áreas críticas de abastecimento na área do **GCJ** são caracterizadas e definidas em função de suas demandas atuais e futuras, bem como da capacidade instalada para atendimento das mesmas. Como descrito no item anterior, não existem projetos futuros de desenvolvimento e expansão do sistema de abastecimento atual, tampouco dados específicos sobre o consumo em domínios localizados. O planejamento para o abastecimento é feito em função da necessidade imediata de atendimento das demandas, essencialmente nas áreas urbanas.

Por esta razão, para tal caracterização considera-se uma escala maior de avaliação, que envolve integralmente as condições de uso e ocupação do meio físico de cada município. Neste caso, tais condições refletem características socioeconômicas bastante similares entre os municípios, com altas taxas de urbanização e baixa vocação para o desenvolvimento de atividades econômicas significativas. Isto implica em dizer que as demandas pelo uso da água são dadas, principalmente, pelo consumo doméstico, como demonstrado na TAB. 5.75. Pela referida tabela, constata-se que em todos os horizontes de projeção a demanda doméstica é aquela de maior vulto na composição das demandas totais do município, seguida pelas demandas de irrigação, indústria e animal.

Como apresentado no Capítulo 4, o total grau de dependência social e econômica em relação às águas subterrâneas se justifica pelas condições físico-climáticas da região, que favorecem a formação de sistemas aquíferos de alta produção e que, em contraposição, desfavorecem a acumulação de águas superficiais, devido às altas taxas de infiltração e de evaporação. Sendo assim, tanto o sistema de abastecimento público quanto o privado recorrem às disponibilidades hídricas subterrâneas para o atendimento de suas demandas domésticas. Contudo não existem dados oficiais que demonstrem o grau de utilização de cada setor, tornado inviável uma análise neste sentido.

Tabela 5.75 - Projeção das demandas para os municípios na área do GCJ

Município	Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)						
					Doméstica			Irrigação	Indústria	Animal	Total
		Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total				
Barbalha	2000	30.669	16.362	47.031	60	19	79	18	2	1	99
	2005	34.903	17.748	52.651	68	21	88	20	2	1	111
	2010	39.721	19.252	58.973	77	22	100	23	2	1	125
	2015	45.204	20.884	66.088	88	24	112	25	2	1	140
	2020	51.445	22.653	74.098	100	26	126	28	3	1	158
Crato	2000	83.917	20.729	104.646	406	24	430	97	8	2	538
	2005	92.606	21.010	113.616	448	24	472	105	9	3	589
	2010	102.194	21.296	123.490	494	25	519	114	10	3	646
	2015	112.775	21.585	134.360	546	25	571	124	11	3	709
	2020	124.452	21.878	146.330	602	25	627	135	12	3	778
J. do Norte	2000	202.227	9.906	212.133	541	11	552	125	10	2	690
	2005	226.467	10.687	237.154	605	12	618	140	11	3	772
	2010	253.613	11.530	265.143	678	13	691	157	12	3	863
	2015	284.012	12.440	296.452	759	14	774	175	14	3	966
	2020	318.055	13.421	331.476	850	16	866	196	15	4	1.081

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000); VERÍSSIMO (1999); IPECE (2004).

Dadas estas condições, são consideradas as seguintes áreas críticas de abastecimento na área do Graben Crato-Juazeiro:

- Em Barbalha, a região que circunscribe a sede municipal, onde se concentra a maioria da população e o centro administrativo do município.
- No Crato, a região que circunscribe a sua sede, onde se concentra a maioria da população e o centro administrativo do município.
- Em Juazeiro do Norte, a região que circunscribe a sua sede, onde se concentra a grande maioria da população e o centro administrativo do município.

Em todos os casos, o enfoque maior é dado ao sistema de abastecimento público e às suas deficiências atuais e futuras, frente a capacidade de atendimento das demandas urbanas crescentes, como demonstra a TAB. 5.75. Atualmente, nestes municípios, o sistema público se destina essencialmente ao atendimento destas demandas. Contudo, não há um planejamento adequado e tampouco conhecimento específico sobre as disponibilidades dos aquíferos explorados, tanto em termos de quantidade quanto em qualidade. Esta situação pode levar a um colapso futuro, seja pela falta de proteção dos mananciais subterrâneos ou pela falta de conhecimento de suas reais potencialidades. Como são inviáveis os projetos de infra-estrutura hídrica superficial, em cenários futuros as águas subterrâneas continuarão a ser um recurso estratégico para atendimento das demandas, desde que devidamente conhecida a sua disponibilidade e planejada a sua utilização.

5.2.2 - Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento

5.2.2.1 - Definição Preliminar

Neste estudo, considera-se todo o domínio do Graben Crato-Juazeiro como sendo a área potencialmente estratégica de abastecimento. Este domínio foi definido preliminarmente em função de critérios estruturais (Figura 5.40). Assim, como já discutido no Capítulo 4 (item 4.2.1.1), o referido graben constitui-se em uma unidade morfotectônica, limitada por falhas de grande expressão. Em sua porção interior, ocorrem falhas menores que compartimentam todo o seu domínio, dando uma conformação de estruturas em “dominó”.

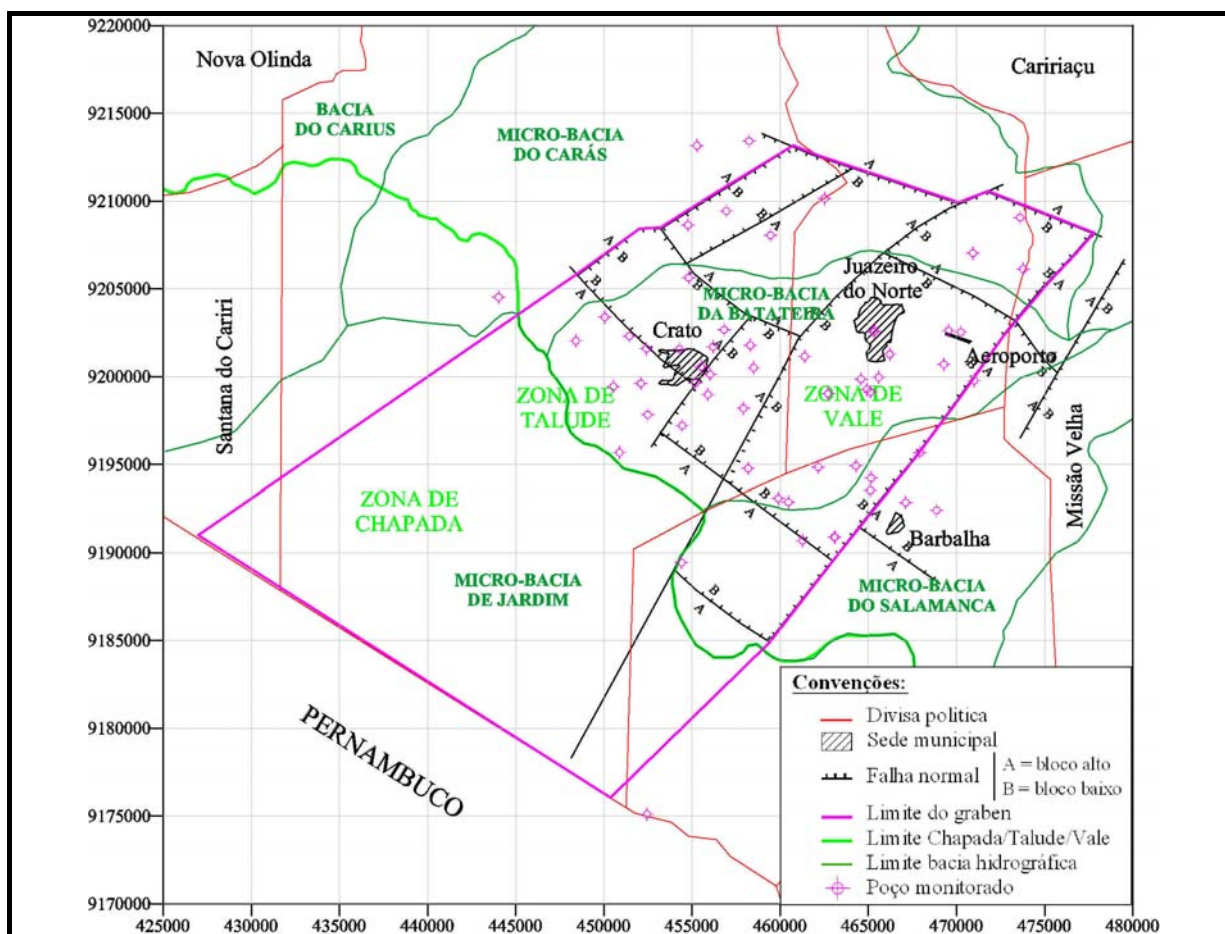


Figura 5.40 - Limite da área potencialmente estratégica correspondente à área do **GCJ**. Base: modificado de DNPM (1996).

Posto isto, a caracterização dos aspectos hidrogeológicos qualitativos e quantitativos é feita em função deste domínio e, predominantemente, em função dos sistemas aquíferos presentes na zona de vale, que tem maior abrangência na área e se constitui na principal fonte de abastecimento para os centros urbanos de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte.

5.2.2.2 - Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas

Na área do Graben Crato-Juazeiro, as águas subterrâneas captadas artificialmente (*e.g.* poços tubulares, cacimbas, cisternas) ou oriundas de exutórios naturais (*e.g.* fontes ou nascentes), têm ampla utilização e são destinadas, principalmente, ao abastecimento público e à irrigação de pequenas lavouras. Diante disto, destaca-se a importância de se conhecer as potencialidades hídricas do sistema aquífero local, principalmente, em termos qualitativos, uma vez que a grande parcela das águas produzidas são destinadas ao consumo humano.

Para tanto, neste item apresenta-se uma descrição do sistema de monitoramento implantado, com os pontos monitorados, as campanhas realizadas e a consistência dos dados coletados. Além disso, apresenta-se os resultados obtidos com a caracterização do comportamento hidroquímico geral dos parâmetros monitorados, como também com a caracterização da qualidade das águas subterrâneas em função dos parâmetros de maior interesse. Assim, será estabelecido o potencial qualitativo das águas subterrâneas na área do **GCJ**.

5.2.2.2.1 - Descrição do Sistema de Monitoramento Implantado

Conforme já apresentado no Capítulo 2 (item 2.4), em função do desconhecimento das condições de uso dos poços, fez-se necessária a implantação de uma rede de monitoramento, no tempo e no espaço, para a coleta de dados sobre alguns parâmetros hidroquímicos e a avaliação da qualidade das águas subterrâneas na área do **GCJ**. A seleção dos poços para a implantação desta rede de monitoramento foi feita a partir do cadastro de poços existentes, de maneira a obedecer a uma ordem de critérios, prioritariamente estabelecidos, quais sejam: importância da área; dados disponíveis; e, capacidade de produção (ver Capítulo 2 – item 2.4).

Com base nos critérios acima, foram selecionados 60 pontos para a implantação da rede de monitoramento na área do **GCJ**, sendo 57 poços e 3 nascentes, conforme apresentado na TAB. A03-1 (ANEXO III). A distribuição dos mesmos pode ser visualizada na Figura 5.40 ou no DE-A04-01 (ANEXO IV). Estes pontos foram monitorados manualmente, com o uso de uma sonda multi-sensores, e as campanhas contemplaram 8 períodos intercalados (TAB. 5.76). Vale ressaltar que, nestas campanhas, a coleta de dados se deu de maneira irregular, devido a dificuldades encontradas em campo (*e.g.* poços temporariamente desativados; impedimento de acesso ao poço por parte do proprietário). Ademais, coloca-se que, para facilitar o tratamento dos dados coletados, estes períodos foram transformados para uma data de referência, correspondente ao último dia de cada campanha.

Tabela 5.76 - Campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ

Campanha	Período de Realização	Data de Referência
1 ^a	dias 15, 16, 17, 18, 20, 28 e 29 de outubro de 2003	29/10/2003
2 ^a	entre os dias 4 e 9 de dezembro de 2003	09/12/2003
3 ^a	dias 14, 15, 16, 17, 19 e 20 de janeiro de 2004	20/01/2004
4 ^a	dias 4, 5, 6, 8, 9 e 10 de março de 2004	10/03/2004
5 ^a	dias 12,13,14, 15 e 17 de maio de 2004	17/05/2004
6 ^a	entre os dias 16 e 20 de julho de 2004	20/07/2004
7 ^a	dias 23, 24, 25 e 27 de setembro de 2004	27/09/2004
8 ^a	entre os dias 27 e 30 de dezembro de 2004	30/12/2004

Fonte: Compilado de GOLDER/PIVOT (2005b).

Sendo assim, observa-se uma descontinuidade de informações, tanto no espaço quanto no tempo, conforme mostra a TAB. 5.77. Neste sentido, na primeira campanha, apenas 51 pontos foram efetivamente monitorados. A partir da segunda campanha, alguns dos problemas observados anteriormente foram sanados, e então o número de pontos efetivamente monitorados passou a ser de 57. Na terceira campanha os pontos foram 55 pontos efetivamente monitorados. Já nas duas campanhas seguintes (quarta e quinta) 51 pontos foram monitorados. Na sexta, sétima e oitava campanhas o número de pontos efetivamente monitorados aumentou, passando a ser de 56, 55 e 53, respectivamente.

Pela TAB. 5.77 pode-se constatar também que no Sistema Aquífero Superior estão sendo monitorados 6 pontos, sendo 1 poço e 3 nascentes na Unidade Arajara e 2 poços na Unidade Exu. Neste sistema, a profundidade média dos poços, que estão localizados na borda da chapada, é comumente superior a 130,0 m, estando a profundidade no nível estático e dinâmico superior a 100,0 m. Por sua vez, as nascentes, que geralmente ocorrem nos contatos entre as formações Exu e Arajara e/ou Arajara e Santana também estão associadas ao fraturamento nestas formações. Estas nascentes são responsáveis pela perenização de determinados trechos dos cursos d'água superficiais e por parte da recarga do Sistema Aquífero Médio.

No Sistema Aquífero Médio estão sendo monitorados 46 pontos (TAB. 5.77), sendo 43 poços na Unidade Rio da Batateira e 3 poços na Unidade Missão Velha. Neste sistema, a profundidade média dos poços é da ordem de 95,0 m, estando a profundidade o nível estático comumente superior a 30,0 m. Em alguns pontos, as águas subterrâneas são extraídas com vazões superiores a 100,0 m³/h, fazendo com que o nível d'água dinâmico alcance profundidades de até 70,0 metros. Estes aspectos têm influência direta nos cursos d'água superficiais, uma vez que na maior parte do ano eles são intermitentes em alguns trechos deste

sistema. Por outro lado, o fato do nível d'água ser mais profundo fornece uma proteção natural contra a poluição antrópica.

Tabela 5.77 - Distribuição dos poços efetivamente monitorados, por município, sistema aquífero e campanha realizada na área do **GCJ**

Município	Sistema	Unidade	Nº de Pontos	Pontos Monitorados por Campanha							
				1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
Barbalha	Aqüífero Superior	Exu	1	-	1	1	1	1	1	1	1
		Arajara	2*	2	2	2	1	1	1	1	1
	Aqüífero Médio	R. Batateira	12	11	11	11	11	11	11	11	10
SUB-TOTAL			15	13	14	14	13	13	13	13	12
Crato	Aqüífero Superior	Exu	1	-	1	-	1	1	1	1	1
		Arajara	1* + 1	1	1	2	2	2	2	2	2
	Aqüífero Médio	R. Batateira	17	13	17	15	16	15	16	16	17
		M. Velha	2	1	2	2	2	2	2	2	1
	Aqüífero Inferior	Mauriti	4	4	4	4	2	3	4	4	4
Aquitardo Santana	Santana	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
SUB-TOTAL			27	20	26	24	24	24	26	26	26
Juazeiro do Norte	Aqüífero Médio	R. Batateira	14	14	13	13	12	12	13	12	11
		M. Velha	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Aqüífero Inferior	Mauriti	2	2	2	2	1	1	2	2	2
	Cristalino	Emb. Cristalino	1	1	1	1	-	-	1	1	1
SUB-TOTAL			18	18	17	17	14	14	17	16	15
TOTAL			60	51	57	55	51	51	56	55	53

* Nascentes

Fonte: Compilado de GOLDER/PIVOT (2005b).

Considerando o Sistema Aquífero Inferior, observa-se que 6 poços estão sendo monitorados na Unidade Mauriti (TAB. 5.77). Estes poços estão locados na porção aflorante do sistema e apresentam uma profundidade média de 70,0 m. O nível estático neste sistema é comumente inferior a 20,0 metros de profundidade, enquanto que o nível dinâmico pode alcançar mais de 30,0 metros. Adicionalmente, existem 2 poços sendo monitorados fora das principais unidades aquíferas da área (TAB. 5.77), sendo um deles na Unidade Santana (Aquitardo) e o outro no embasamento (unidade Cristalino). O poço na Unidade Santana tem profundidade de 102,0 metros com nível estático e dinâmico a 40,0 e 70,0 metros, respectivamente. Já na Unidade Cristalino, o poço tem uma profundidade de 35,0, com nível estático e dinâmico superiores a 10,0 metros.

Os resultados destas campanhas, com a identificação dos poços efetivamente monitorados e os dados que foram coletados, são mostrados nas TAB. A03-2 a TAB. A03-9 (ANEXO III). Já a distribuição pelas unidades estratigráficas pode ser visualizada no DE-A04-01 (ANEXO IV). A partir da interpretação destes dados é que se faz a caracterização do comportamento hidroquímico na área do Graben Crato-Juazeiro.

5.2.2.2.2 - Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas

O comportamento hidroquímico das águas subterrâneas na área do **G CJ** será descrito da mesma maneira que foi feita no item 5.1.2.2.2. Inicialmente serão considerados os seus valores mínimos, máximos e médios e, posteriormente, será feita uma análise integrada dos dados coletados, buscando caracterizar o comportamento dos valores medidos pela correlação entre os parâmetros de interesse. Para avaliar a distribuição espacial dos dados obtidos, serão consideradas as isolinhas geradas pela interpolação das médias dos valores coletados para cada ponto ao longo das campanhas executadas. Consideram-se ainda os critérios de potabilidade e de classificação das águas, segundo estabelece as normas brasileiras (*e.g.* Portaria N° 518, do Ministério da Saúde; e, Resolução N° 20, do **CONAMA**).

Temperatura da Água

Em se tratando da distribuição temporal, a variação da temperatura média das águas subterrâneas (TAB. 5.78 – Figura 5.41) mostrou dois períodos distintos. O primeiro situado entre os meses de janeiro e julho, com temperaturas médias mais baixas, próximas a 28 °C. O segundo situado entre os meses de agosto e dezembro, com temperaturas médias mais elevadas, próximas 29 °C.

Tabela 5.78 - Valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **G CJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de Temperatura (°C)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	25,01	32,95	29,09
2ª (09/12/03)	24,00	33,98	29,36
3ª (20/01/04)	24,74	33,25	28,46
4ª (10/03/04)	25,28	32,77	28,24
5ª (17/05/04)	24,74	32,58	28,28
6ª (20/07/04)	24,43	32,41	28,05
7ª (27/09/04)	25,08	33,58	28,62
8ª (30/12/04)	24,78	32,41	28,58

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Esta variação térmica, em princípio, teria alguma influência da variação da temperatura atmosférica. Isto porque entre os meses de janeiro e julho, que geralmente estão sobre a influência do período úmido da região, a cota do nível d'água nos aquíferos tende a ser mais alta, em virtude do aporte de águas recentes. Uma vez que se encontra em cotas mais elevadas, a influência da atmosfera passa a ser perceptível na variação da temperatura das águas subterrâneas. Em contraposição, entre os meses agosto e dezembro, geralmente sobre a influência do período seco da região, a cota do nível d'água nos aquíferos tende a ser mais baixa. Isto diminui a interferência das temperaturas atmosféricas e aumenta a participação do grau geotérmico na variação da temperatura das águas subterrâneas.

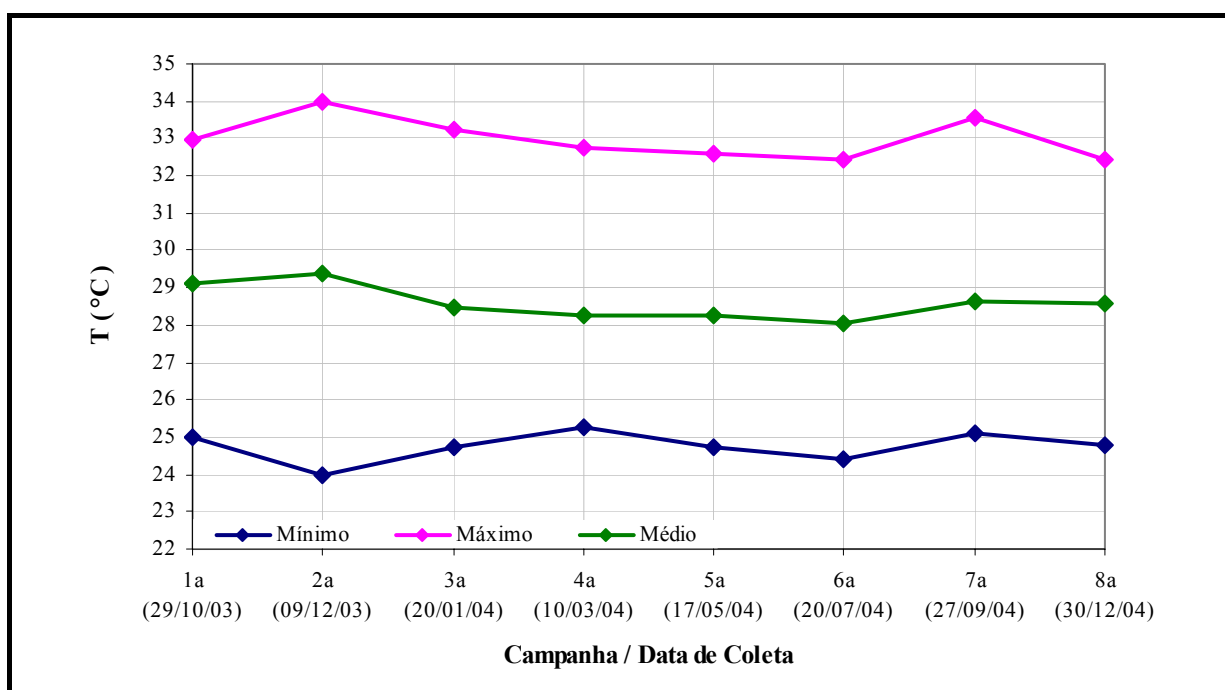


Figura 5.41 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de temperatura da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Como não foi possível proceder à coleta dos dados sobre o nível d'água, devido ao risco de perder o equipamento de medição durante este processo, a análise da influência da profundidade na variação da temperatura da água subterrânea (*i.e.* grau geotérmico) é feita a partir dos dados de profundidade dos poços (Figura 5.42). Esta análise tem um caráter aproximativo, uma vez que o nível de exploração das águas subterrâneas é sempre superior à profundidade total dos poços. No entanto, acredita-se que possa fornecer resultados passíveis de interpretação, pois a coleta das amostras se deu a partir da profundidade de instalação dos

equipamentos de bombeamento, que, muitas vezes, é próxima da profundidade total do poço.

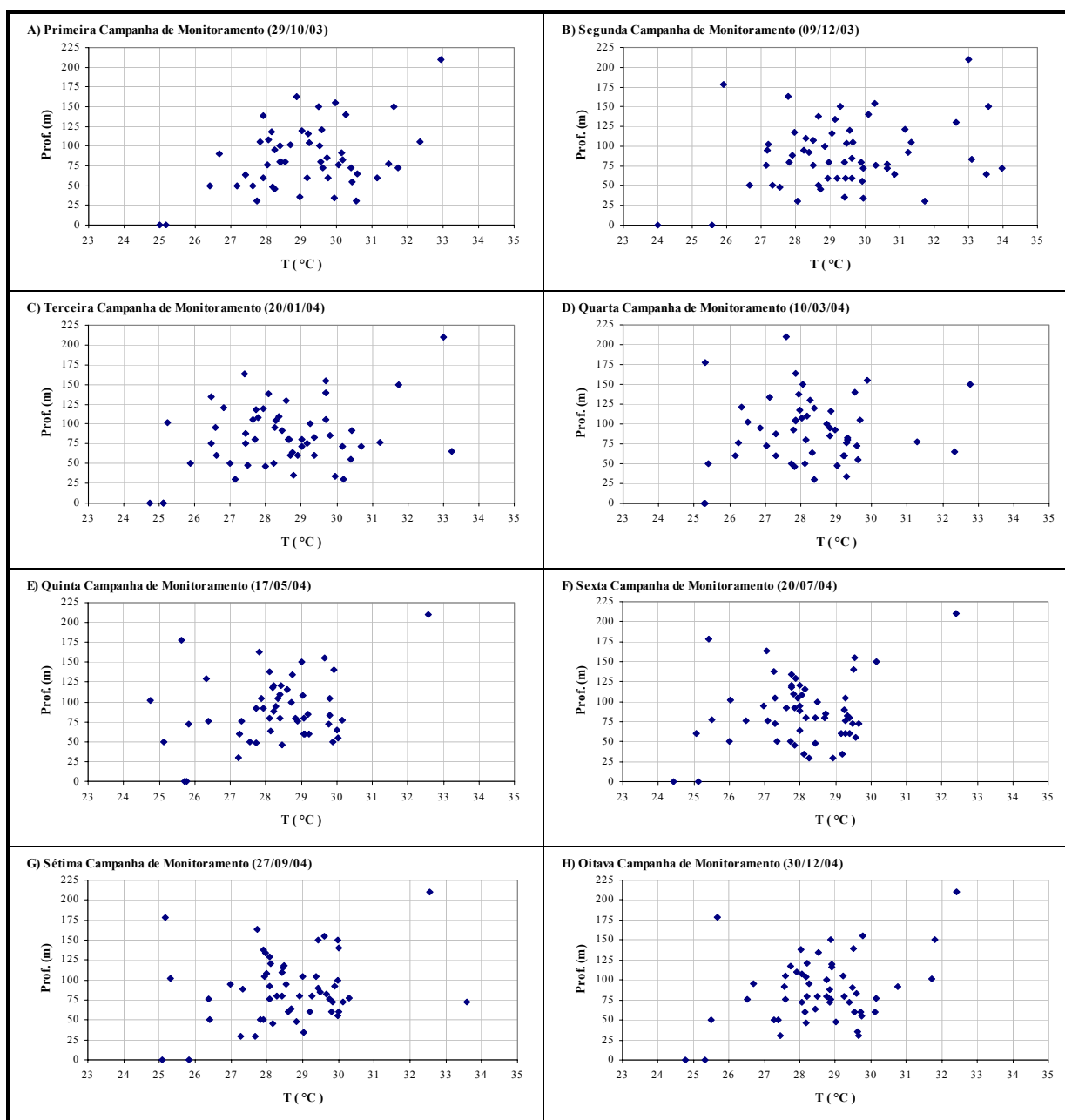


Figura 5.42 - Correlação dos valores de temperatura com a profundidade dos poços monitorados na área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Assim, quando se considera a variação da profundidade dos poços e sua distribuição na área do graben, observa-se que para aqueles com profundidade menor os valores de temperatura também tendem a ser menores, podendo ainda, em alguns pontos, a temperatura da água ser mais influenciável pela temperatura atmosférica. Já para o caso dos poços com maior profundidade, a variação da temperatura estaria associada, essencialmente, ao aumento do grau geotérmico com a profundidade (Figura 5.42).

Quando se avalia a distribuição espacial dos valores médios de temperatura das águas subterrâneas na área do **GCJ** (Figura 5.43), observa-se que os menores valores são registrados sempre próximo à encosta da chapada, onde a cobertura vegetal é maior e o nível d'água tende a ser mais elevado, em função da contribuição constante das nascentes que ocorrem na encosta da chapada. Sendo assim, é possível que, nesta porção, estas águas sejam mais influenciáveis pela temperatura atmosférica, que varia anualmente na faixa de $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ (ver capítulo 4 – item 4.2.1.4).

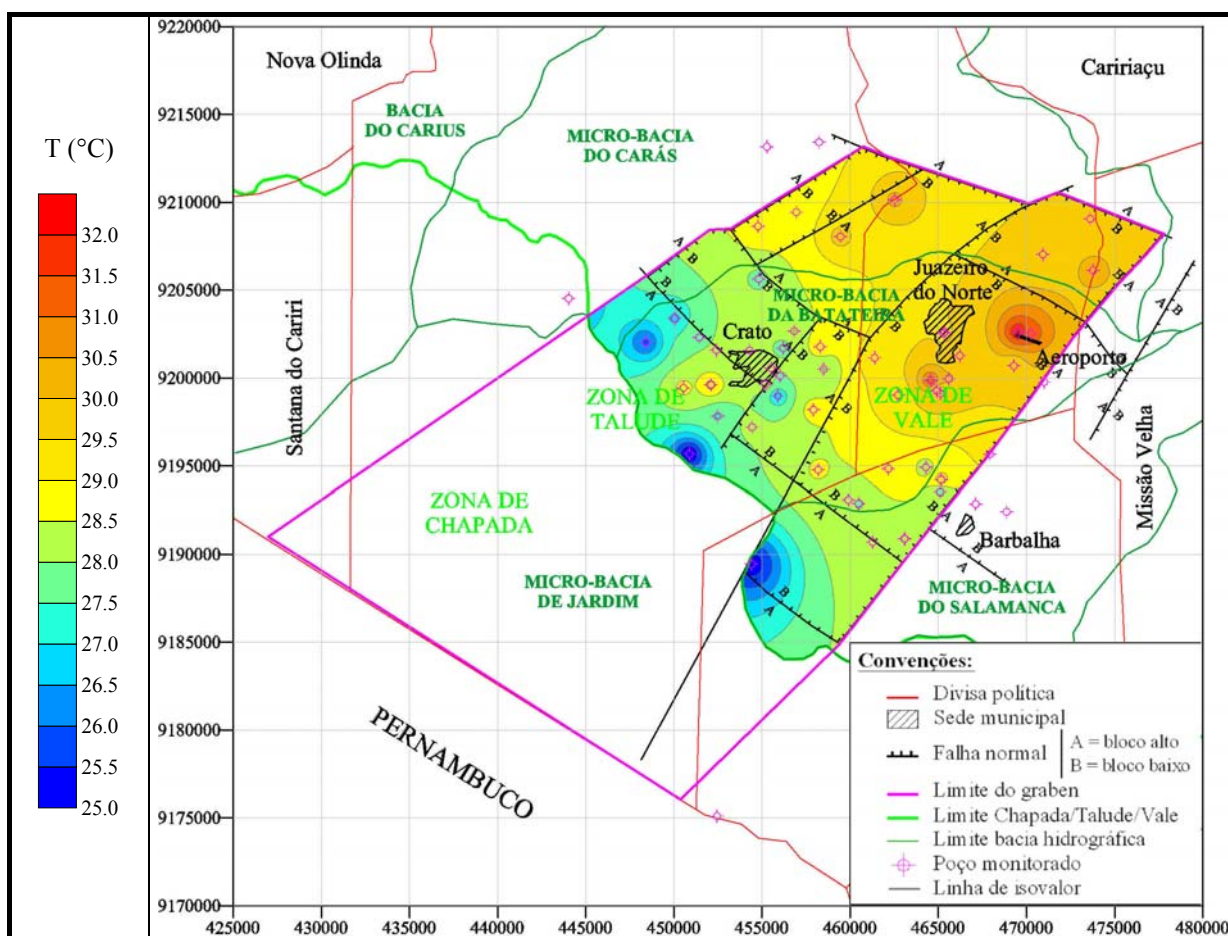


Figura 5.43 - Distribuição espacial dos valores médios de temperatura das águas subterrâneas, T ($^{\circ}\text{C}$), na área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

Por outro lado, quando se afasta da chapada e se avança em direção à depressão sertaneja, nota-se que, independente da campanha de monitoramento, existe uma tendência de aumento da temperatura das águas subterrâneas. Neste caso, acredita-se que esta tendência seja, predominantemente, uma função do nível de circulação das águas (grau geotérmico), uma vez que a faixa de variação das temperaturas atmosféricas ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$) é inferior à faixa de variação registrada para a temperatura média das águas subterrâneas ($28,5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ – TAB. 5.78).

Sendo assim, pode-se considerar que as águas com temperaturas mais elevadas na porção central e nordeste da área do **GCJ** seriam oriundas de níveis mais profundos do aquífero e estariam menos sujeitas à variação térmica da atmosfera. Além disso, em termos mais amplos, acredita-se que esta tendência pode definir a direção de fluxo das águas subterrâneas no aquífero (de sudoeste para nordeste), como também as zonas de recarga (a sudoeste) e descarga (a nordeste) do sistema.

Potencial Hidrogeniônico

De uma maneira geral, observa-se que durante as 4 primeiras campanhas a variação dos valores de pH se manteve praticamente constante. Na quinta campanha percebe-se uma queda generalizada, mas suave, dos valores medidos. No entanto, a partir da sexta campanha, os valores passam a crescer e a variar abruptamente, revelando outro comportamento (TAB. 5.79 – Figura 5.44).

Tabela 5.79 - Valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de pH		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	4,71	7,68	6,22
2ª (09/12/03)	4,90	7,65	6,17
3ª (20/01/04)	5,02	7,74	6,22
4ª (10/03/04)	5,07	7,57	6,30
5ª (17/05/04)	4,93	6,78	5,77
6ª (20/07/04)	4,73	10,58	7,21
7ª (27/09/04)	4,09	8,56	6,69
8ª (30/12/04)	4,87	12,32	8,27

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Com base nestas observações, pode-se correlacionar as variações de pH a períodos climáticos distintos na área do **GCJ**. Assim, as 4 primeiras campanhas seriam o reflexo de um período mais úmido, mas com pouca precipitação, o que possibilitaria um equilíbrio do pH das águas subterrâneas. Já na quinta campanha, percebe-se a influência do período úmido, mas com maior precipitação, o que reflete na diminuição do pH das águas subterrâneas pela introdução de águas recentes com maior concentração de CO₂ (percolação de águas de chuva). A partir da sexta campanha, percebe-se a influência do período seco, quase sem chuvas, promovendo a elevação generalizada do pH (águas alcalinas), em função da ocorrência de reações de equilíbrio entre as águas subterrâneas e o meio geológico.

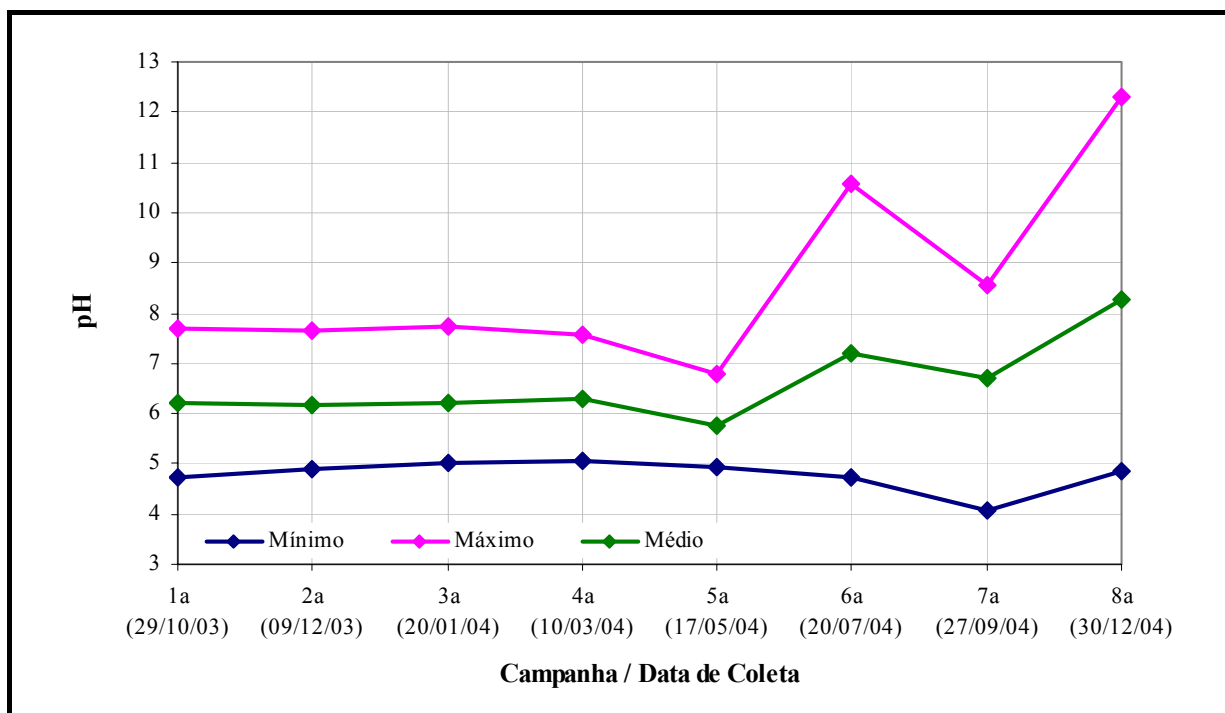


Figura 5.44 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de pH da água, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Quando se correlacionam os valores de pH com os de temperatura das águas subterrâneas (Figura 5.45), o comportamento descrito acima também pode ser percebido. Neste caso, observa-se que a correlação entre estes valores não mostra nenhuma tendência clara nas quatro primeiras campanhas (Figuras 5.45A, B, C e D). No entanto, na quinta campanha percebe-se uma tendência tênue de diminuição dos valores de pH com os valores de temperatura (Figura 5.45E). Já a partir da sexta campanha a tendência se inverte e passa a ser mais marcante (Figura 5.45F, G e H). Além disso, podem-se observar dois comportamentos distintos para o pH das águas subterrâneas, em termos dos valores coletados.

No primeiro, observa-se que os valores de pH estão contidos numa faixa restrita, entre 4 e 8. Já no segundo, observa-se que o pH passa a apresentar uma dispersão maior, com os seus valores contidos numa faixa mais ampla, entre 4 e 13. Estes comportamentos refletem situações distintas de interação e de equilíbrio iônico. No primeiro caso predomina a interação entre águas subterrâneas e águas recentes, introduzidas pela percolação de águas de chuva, refletindo em valores de pH mais baixos e numa faixa mais estreita. No segundo caso predomina a interação entre as águas subterrâneas e o meio geológico, refletindo em valores de pH mais altos e numa faixa mais ampla.

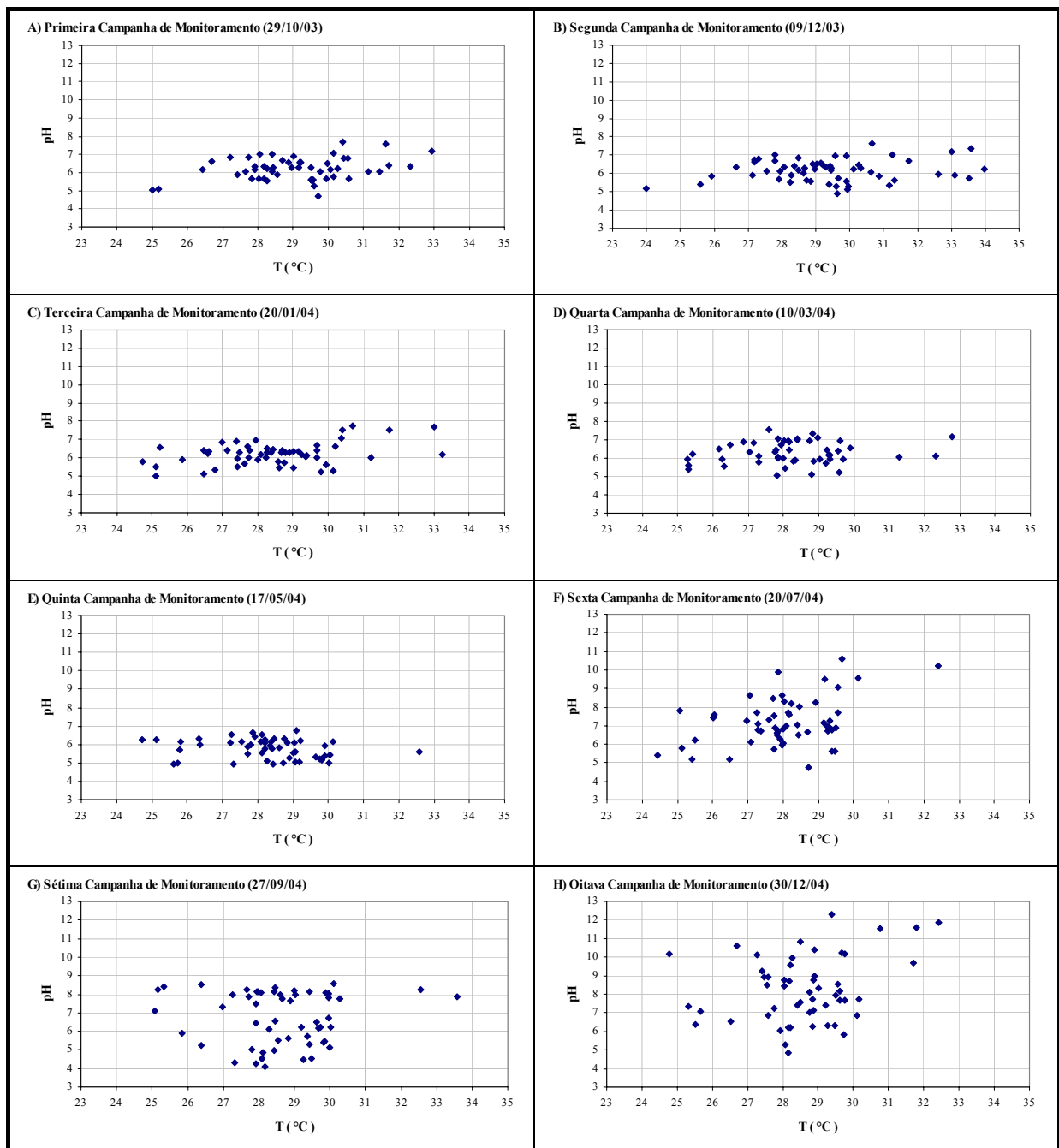


Figura 5.45 - Correlação dos valores de pH com os valores de temperatura da água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Quando se avalia o comportamento espacial do pH das águas subterrâneas (Figura 5.46), com base em seus valores médios, percebe-se que os menores valores são registrados pontualmente nas áreas urbanas de Crato e Juazeiro do Norte (pH médio < 5,0), devido à percolação de águas poluídas. Já os maiores valores de pH (acima de 8,0) foram registrados na porção nordeste da área, na zona de descarga dos aquíferos, em função do acúmulo natural de íons. À exceção destes locais, os valores médios de pH se mantiveram dentro da faixa de variação normal, descrita comumente entre 5,0 e 8,0 (e.g. FEITOSA & MANUEL FILHO, 1998).

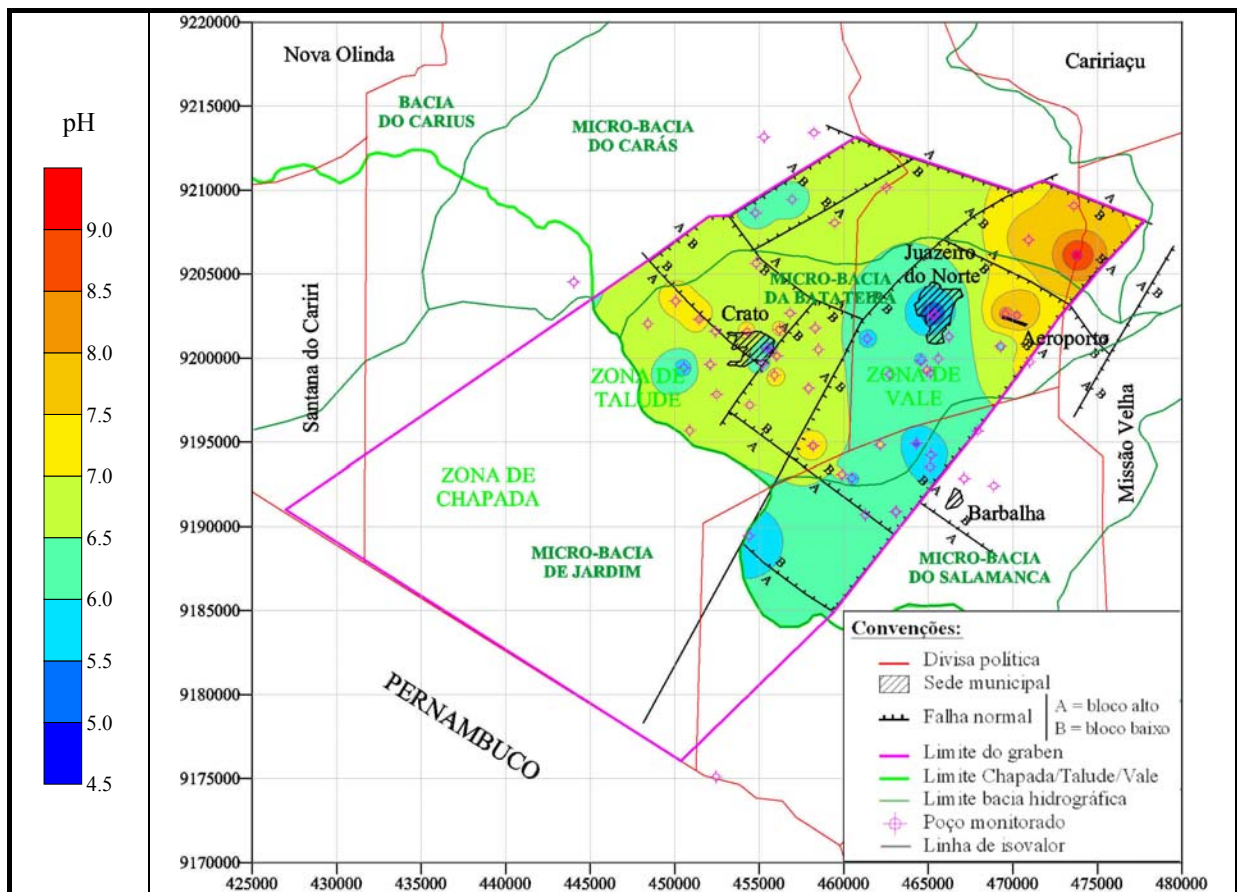


Figura 5.46 - Distribuição espacial dos valores médios de pH das águas subterrâneas na área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

Oxigênio Dissolvido

De uma maneira geral, observa-se que a distribuição dos valores de OD (TAB. 5.80) se manteve dentro do limite normal esperado, ou seja, inferior à concentração de saturação de oxigênio na água, que, em função da temperatura, é da ordem de 8,0 mg/L na área do **GCJ**, conforme descrito no Capítulo 2 (item 2.4.1.3). Considerando o comportamento dos valores de OD (Figura 5.47) pode-se distinguir uma variação abrupta dos dados coletados. Esta variação caracteriza dois períodos distintos em relação à presença de OD nas águas subterrâneas da área do **GCJ**. O primeiro período é caracterizado por teores de OD mais elevados, como demonstram os dados coletados na terceira e quarta campanhas, com valores superiores a 1,0 mg/L em alguns pontos. Já o segundo período, caracteriza-se por teores de OD mais baixos, comumente inferiores a 1,0 mg/L, como demonstram os demais dados.

Tabela 5.80 - Valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de OD (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	0,10	0,94	0,34
2ª (09/12/03)	-	-	-
3ª (20/01/04)	0,10	2,31	0,38
4ª (10/03/04)	0,13	5,63	0,80
5ª (17/05/04)	0,28	0,85	0,55
6ª (20/07/04)	0,30	0,85	0,57
7ª (27/09/04)	0,24	1,07	0,63
8ª (30/12/04)	0,44	1,09	0,70

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

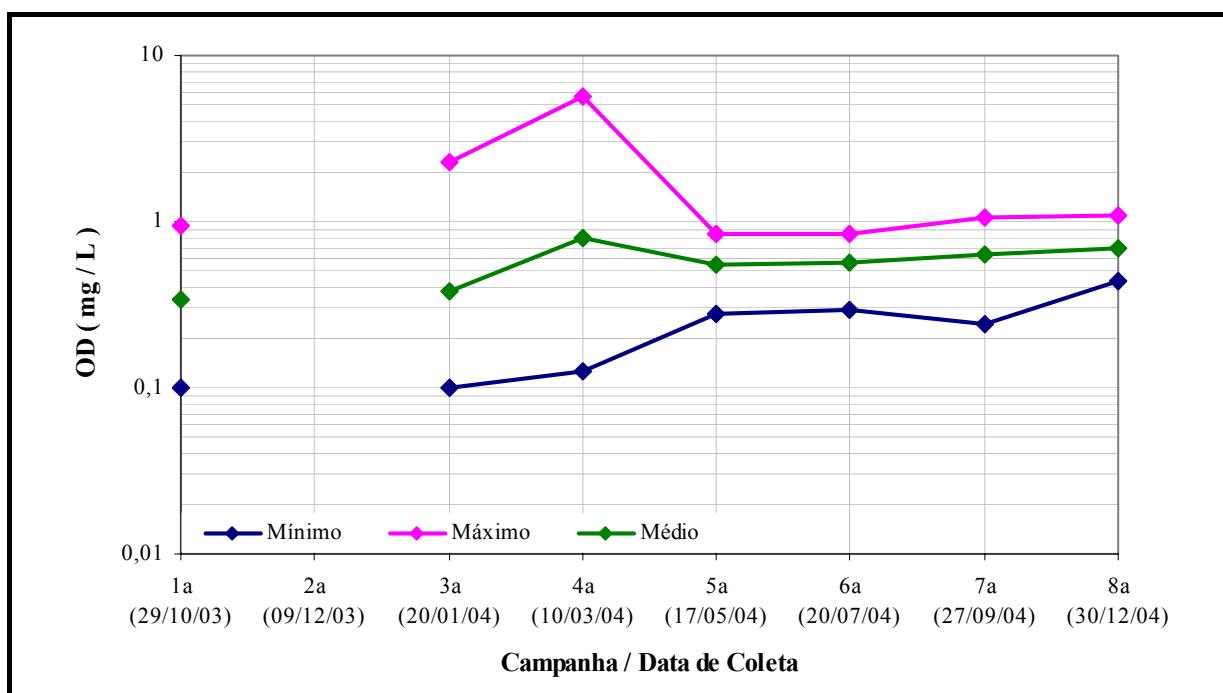


Figura 5.47 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na água, OD, em função das campanhas realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Como era de se esperar, este comportamento está relacionado à sazonalidade climática da região. Neste sentido, o período de baixo OD estaria associado ao período seco, fazendo com que a concentração dissolvida na água subterrânea seja comumente pequena em função da falta de reintrodução de oxigênio no aquífero. Em contraposição, o período de alto OD estaria associado ao período úmido da região, com chuvas abundantes, onde, em determinadas porções, é feita a reintrodução de oxigênio nas águas subterrâneas. Quando se correlaciona o OD com o pH das águas subterrâneas (Figuras 5.48), percebe-se claramente esta tendência.

Neste caso, na terceira e quarta campanhas (Figura 5. 48C e D) os valores de OD tendem a ser maiores, enquanto que os valores de pH tendem a ser menores. Isto reflete uma introdução de águas recentes no aquífero, com concentrações maiores de O_2 e CO_2 , modificando, respectivamente, o comportamento do OD e do pH nas águas subterrâneas. Já nas demais campanhas, este comportamento se inverte, uma vez que os teores de OD tendem a ser menores, enquanto o pH tende a crescer. Isto implica na ausência de uma fonte contínua de reintrodução de O_2 e CO_2 , caracterizando um período mais seco.

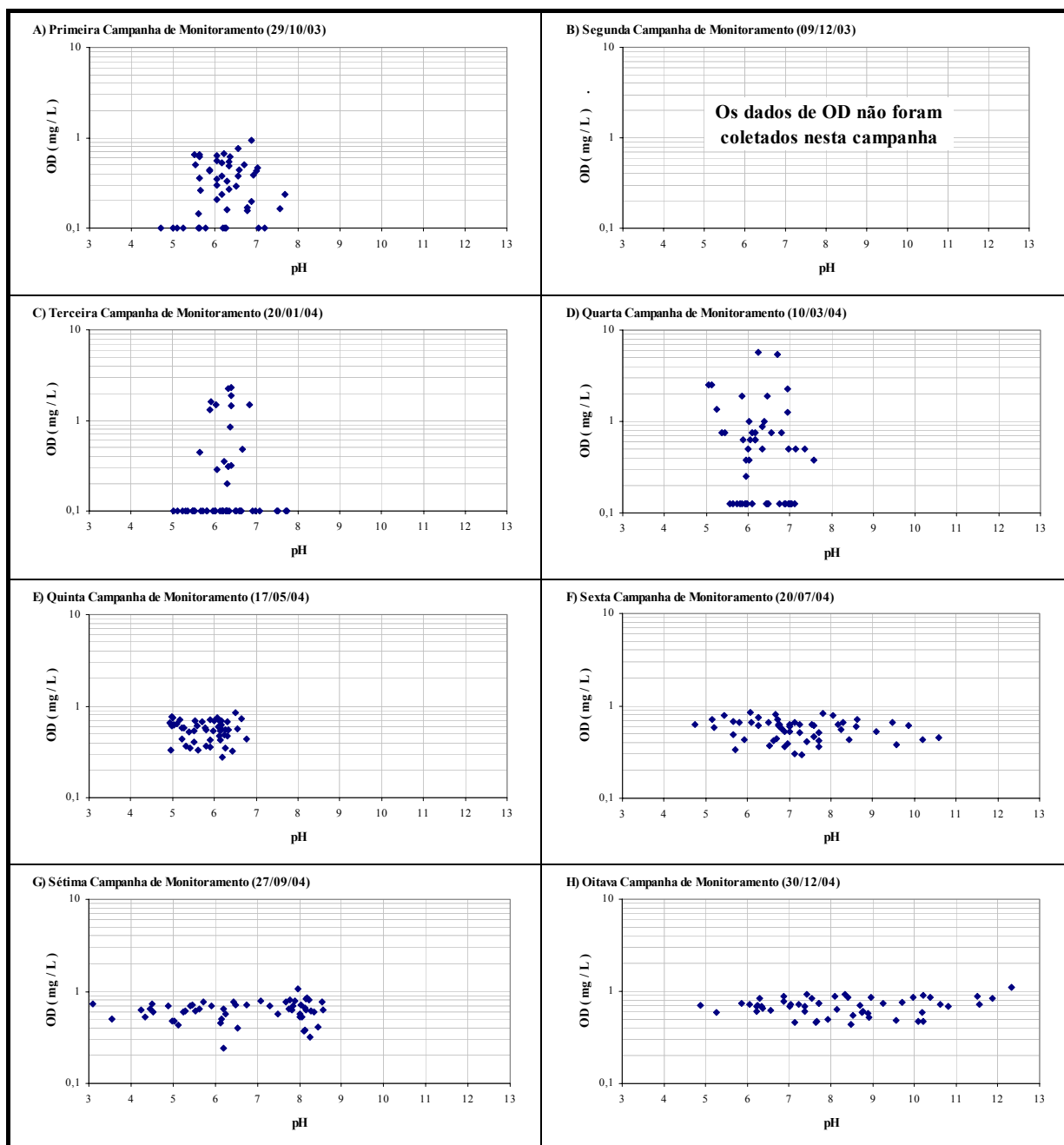


Figura 5.48 - Correlação dos valores de OD com os valores de pH da água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Considerando a distribuição espacial dos valores médios de OD (Figura 5.49), pode-se identificar que na porção oeste da área ocorre uma reintrodução maior de oxigênio. Esta reintrodução verifica-se em alguns pontos próximos à encosta da chapada e em outros situados nos domínios da sede municipal do Crato. Em ambos os casos, acredita-se que isto ocorra em função da má condição construtiva destes poços, que permitem a percolação de águas superficiais com maior facilidade. Ademais, no geral percebe-se que os valores de oxigênio dissolvido tendem a diminuir em direção à porção leste da área do graben.

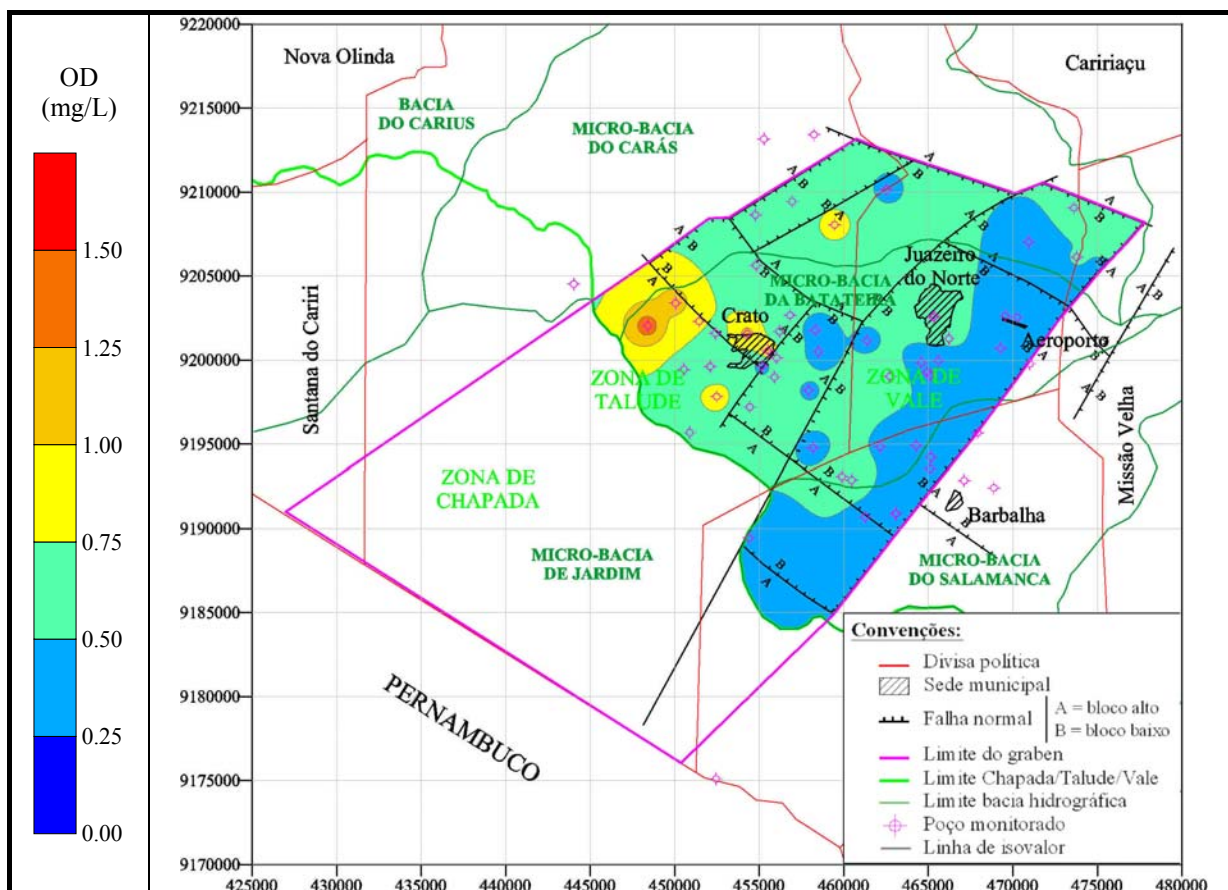


Figura 5.49 - Distribuição espacial dos valores médios de oxigênio dissolvido, OD (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

Amônia

Pela variação dos valores mínimos, máximos e médios apresentados na TAB. 5.81, podem-se observar dois comportamento distintos para a amônia. O primeiro reflete uma diminuição generalizada dos teores de NH_3 , com auge na terceira campanha de monitoramento, enquanto o segundo reflete um aumento generalizado para os teores de NH_3 , com auge na sexta campanha de monitoramento (Figura 5.50). No caso dos valores mais baixos, acredita-se que

isto reflita um processo de oxidação da amônia, em função da percolação de águas de chuva com teores mais elevados de oxigênio dissolvido. Já para o caso dos valores mais elevados de amônia, relacionado ao período mais seco da região, acredita-se que isto reflita um processo contínuo de percolação de águas residuárias e de lixiviação de solos com cargas excessivas de poluentes (*e.g.* esgoto doméstico), bem como a diminuição do processo de oxidação da amônia devido a ausência de oxigênio disponível para promover esta reação.

Tabela 5.81 - Valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH₃, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de NH ₃ (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	1,89	16,64	6,36
2ª (09/12/03)	1,03	9,40	3,37
3ª (20/01/04)	0,88	6,29	3,15
4ª (10/03/04)	0,52	9,23	2,86
5ª (17/05/04)	0,75	15,21	7,62
6ª (20/07/04)	0,96	74,20	26,78
7ª (27/09/04)	0,47	19,42	8,18
8ª (30/12/04)	1,75	113,40	22,45

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

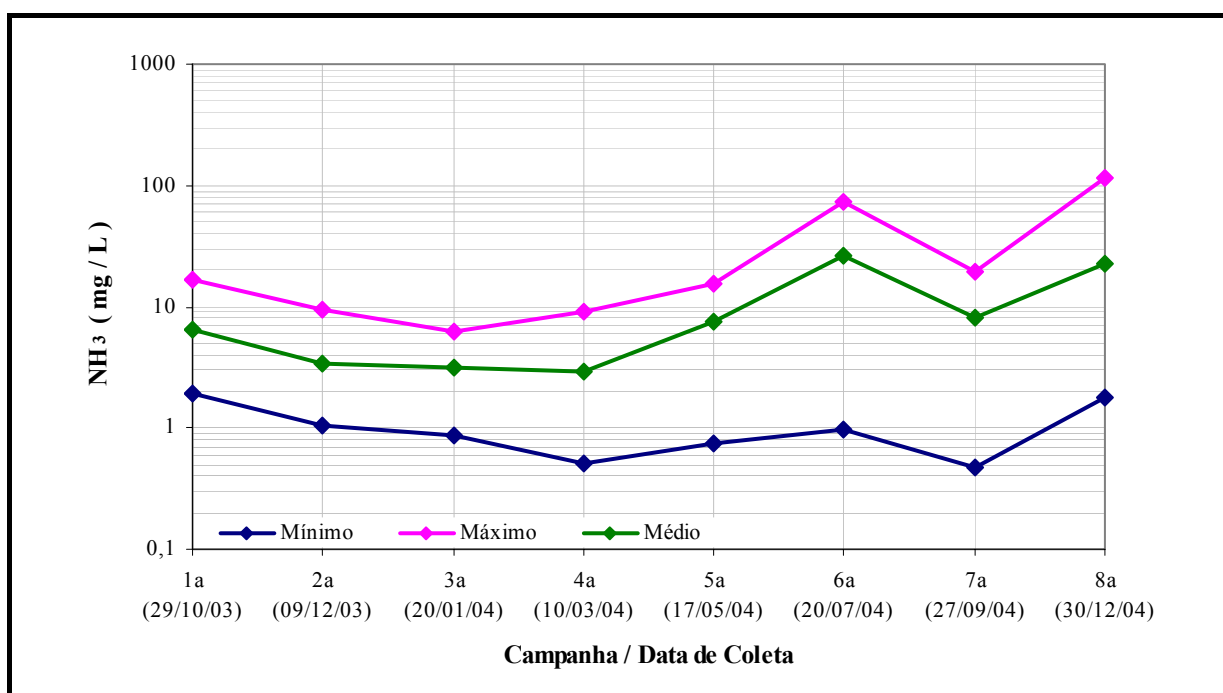


Figura 5.50 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de amônia, NH₃, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Quando se correlaciona os valores de amônia, NH_3 , com os valores de oxigênio dissolvido, OD (Figura 5.51), percebe-se o comportamento descrito acima. Neste caso, ele é mais marcante na Figura 5.51C e D, onde se nota uma tendência de diminuição dos teores de amônia com um aumento dos teores de OD (auge do período úmido). Além disso, percebe-se que a partir da quinta campanha os valores de amônia tendem a ser maiores (período mais seco), onde os efeitos da percolação de águas residuárias são mais evidentes e o processo de oxidação diminui devido falta de oxigênio suficiente para permitir que as reações aconteçam.

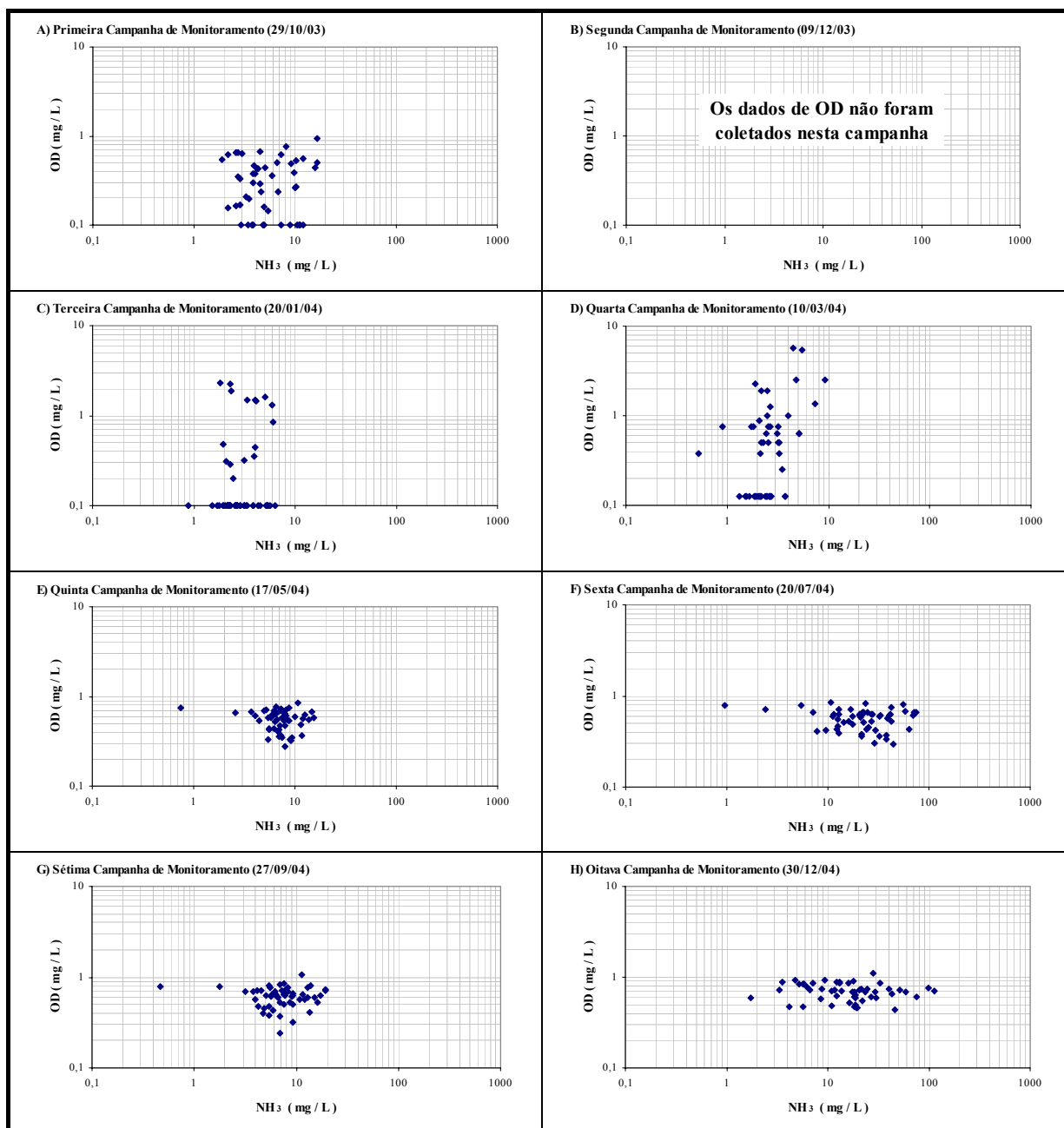


Figura 5.51 - Correlação dos valores de NH_3 com os valores de OD, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Em termos de padrões ambientais, os valores de amônia, NH_3 , apresentam uma ampla variação, seja em relação aos pontos monitorados ou às campanhas realizadas. De maneira geral, quase sempre estes valores apresentaram-se acima do padrão de potabilidade das águas (1,5 mg/L), conforme estabelecido pela Portaria N° 518, do Ministério da Saúde.

Quando se considera a distribuição espacial dos teores médios de NH_3 na área do GCJ (Figura 5.52), observa-se que os domínios mais críticos estão associados à zona urbana e peri-urbana dos municípios de Crato e Juazeiro do Norte, bem como à região onde ocorrem pequenas comunidades. Sendo assim, acredita-se que as fontes poluidoras estejam relacionadas às fossas e esgotos domésticos nas áreas urbanizadas, enquanto que nas zonas rurais esta relação seja feita com a aplicação de fertilizantes agrícolas em pequenas lavouras.

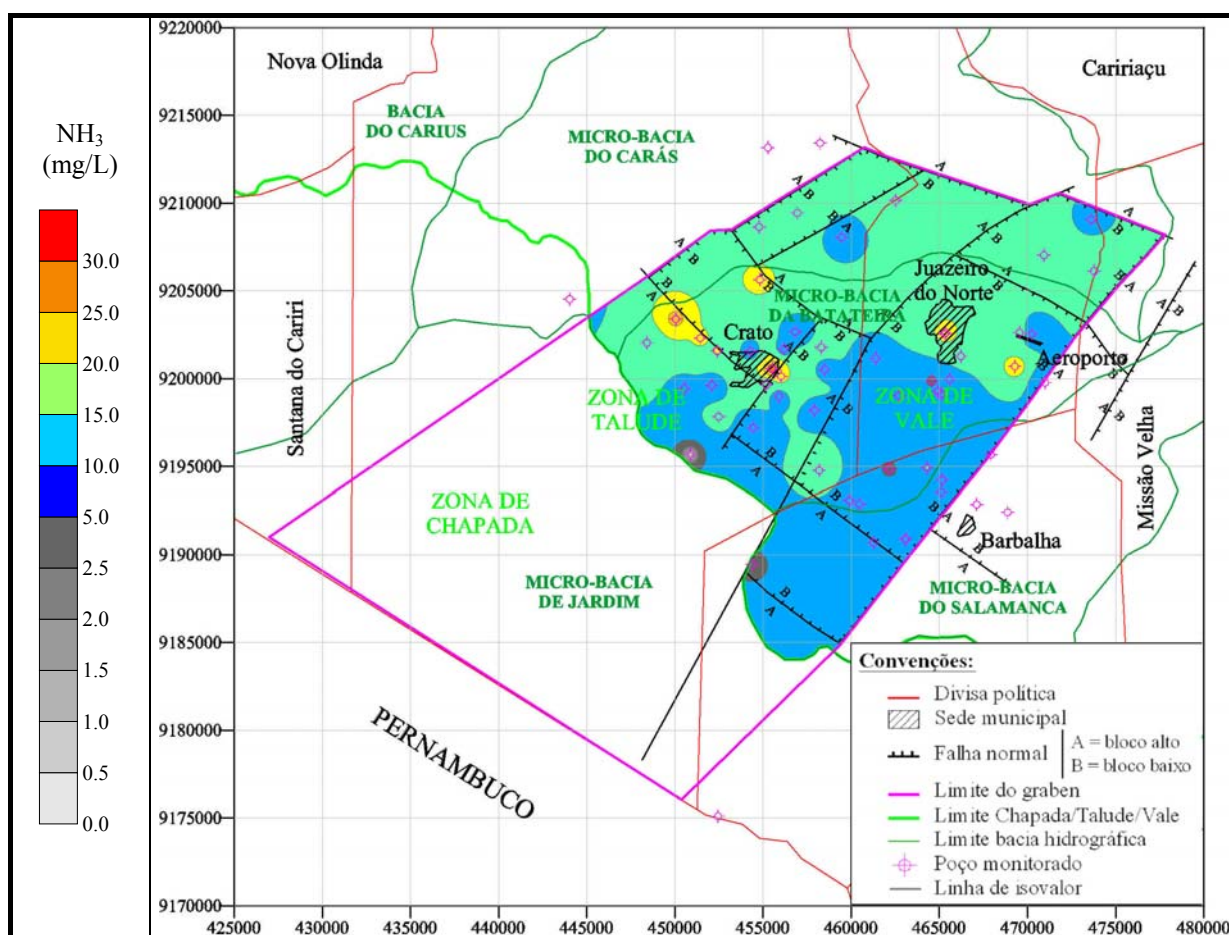


Figura 5.52 - Distribuição espacial dos valores médios de amônia, NH_3 (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

Nitrato

Pela variação dos valores mínimos, máximos e médios apresentados na TAB. 5.82, nota-se que os maiores valores de NO_3^- são registrados na quarta campanha de monitoramento, enquanto que os menores valores estão associados à sexta campanha (Figura 5.53). Em princípio, este comportamento reflete um processo de incorporação de águas recentes (através da infiltração de águas de chuva), com maiores teores de oxigênio dissolvido, fazendo com que ocorra a oxidação da amônia e, conseqüentemente, incorporação de teores mais elevados de nitratos nas águas subterrâneas. Aparentemente, este processo ocorre somente no período chuvoso da região, após o qual as concentrações iniciais tendem a diminuir e se reequilibrar.

Tabela 5.82 - Valores mínimos, máximos e médios de nitrato na água, NO_3^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de NO_3^- (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	0,11	56,18	6,20
2ª (09/12/03)	0,10	56,00	6,22
3ª (20/01/04)	0,20	62,00	7,01
4ª (10/03/04)	0,29	140,00	11,59
5ª (17/05/04)	0,22	76,48	7,61
6ª (20/07/04)	0,20	35,37	4,14
7ª (27/09/04)	0,31	43,54	5,31
8ª (30/12/04)	0,40	73,49	7,88

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

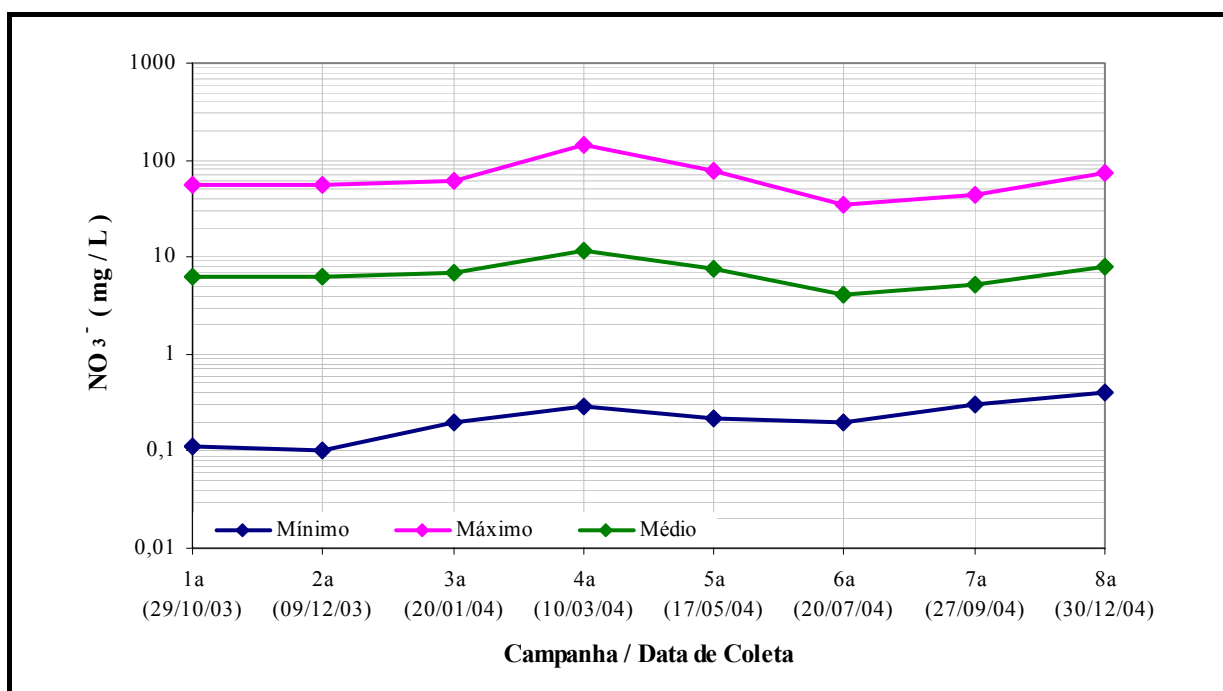


Figura 5.53 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de nitratos na água, NO_3^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Quando se avalia o comportamento dos valores de NO_3^- e de NH_3 (Figura 5.54), observa-se que ocorre uma tendência tênue de aumento dos teores de NO_3^- com os valores de NH_3 . Este comportamento reflete o processo de oxidação da amônia para formas reduzidas de nitrogênio. Neste caso, quanto maior a concentração de amônia na água, e havendo oxigênio disponível para oxidá-la, tanto maior será a concentração de nitrato. Sendo assim, constata-se que os teores de nitratos são maiores na quarta campanha porque os teores de OD também são maiores (período chuvoso). Em contraposição, a partir da sexta campanha, quando os teores de OD na água diminuem (período seco), os teores de nitratos seguem a mesma tendência.

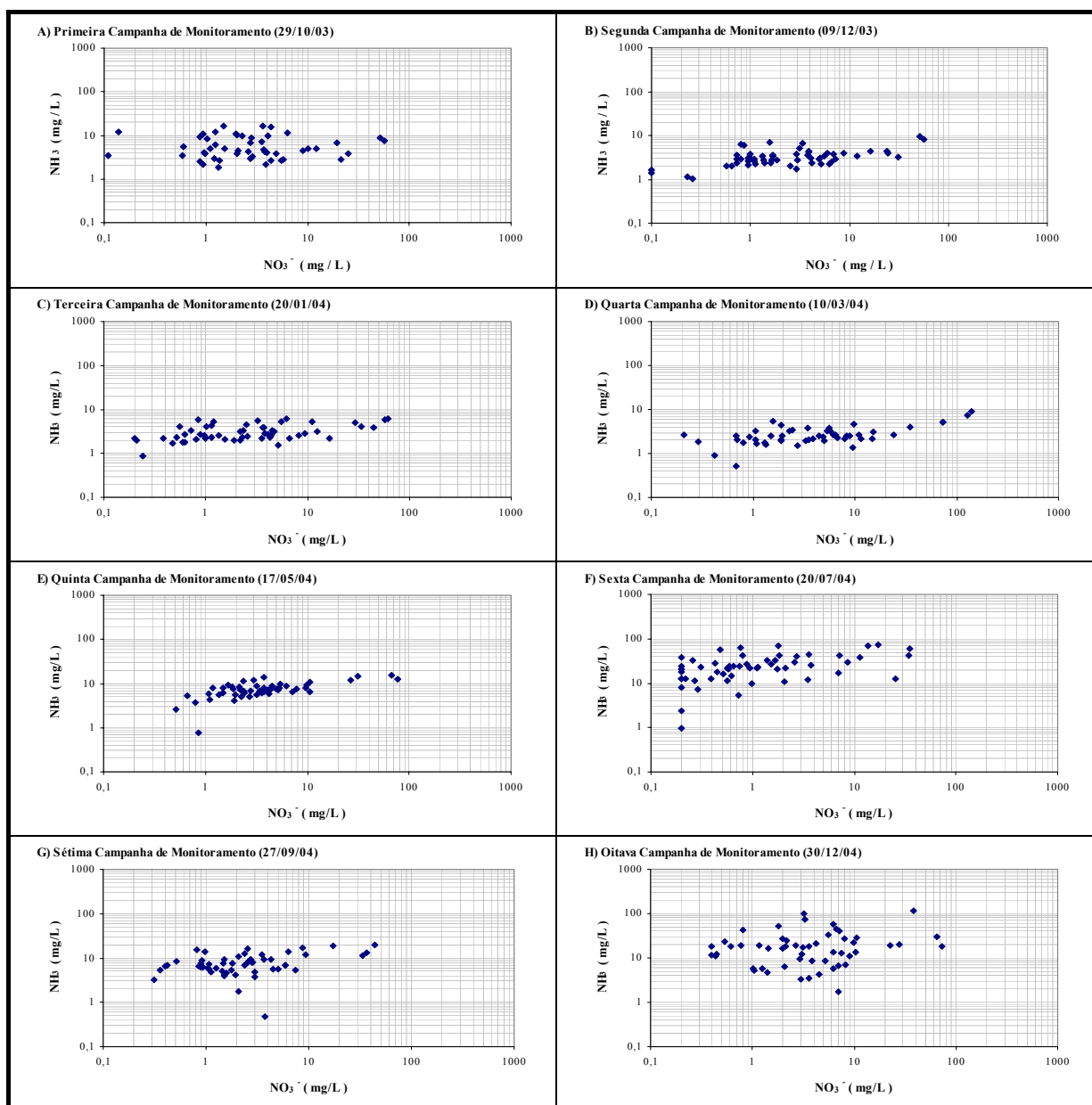


Figura 5.54 - Correlação dos valores de NO_3^- com os valores de NH_3 , considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Em termos de padrões ambientais, observa-se que apenas 8 pontos (0013, 0037, 0516, 0565, 0737, 0738, 0773 e 0821) apresentaram valores de nitratos, NO_3^- , acima do valor máximo permitido em águas potáveis (10,0 mg/L), conforme estabelecido pela Portaria N° 518, do Ministério da Saúde. Estes pontos definem locais específicos, conforme mostrado na Figura 5.55. Nestes locais, os valores de NO_3^- considerados fora do padrão de potabilidade foram detectados em uma ou mais campanhas de monitoramento, caracterizando períodos e/ou pontos com produção de águas impróprias para o consumo humano direto.

Assim, com base na distribuição espacial dos valores médios de nitratos na área do GCJ (Figura 5.55), pode-se identificar que as situações mais críticas ocorrem na zona urbana e peri-urbana dos municípios de Crato e Juazeiro do Norte, bem como na zona rural, onde existem pequenas comunidades e fazendas. Nas áreas urbanizadas, acredita-se que as fontes poluidoras estejam relacionadas às fossas e esgotos domésticos. Já nas zonas rurais, pode relacionar-se com a aplicação de fertilizantes e com a criação de pequenos rebanhos.

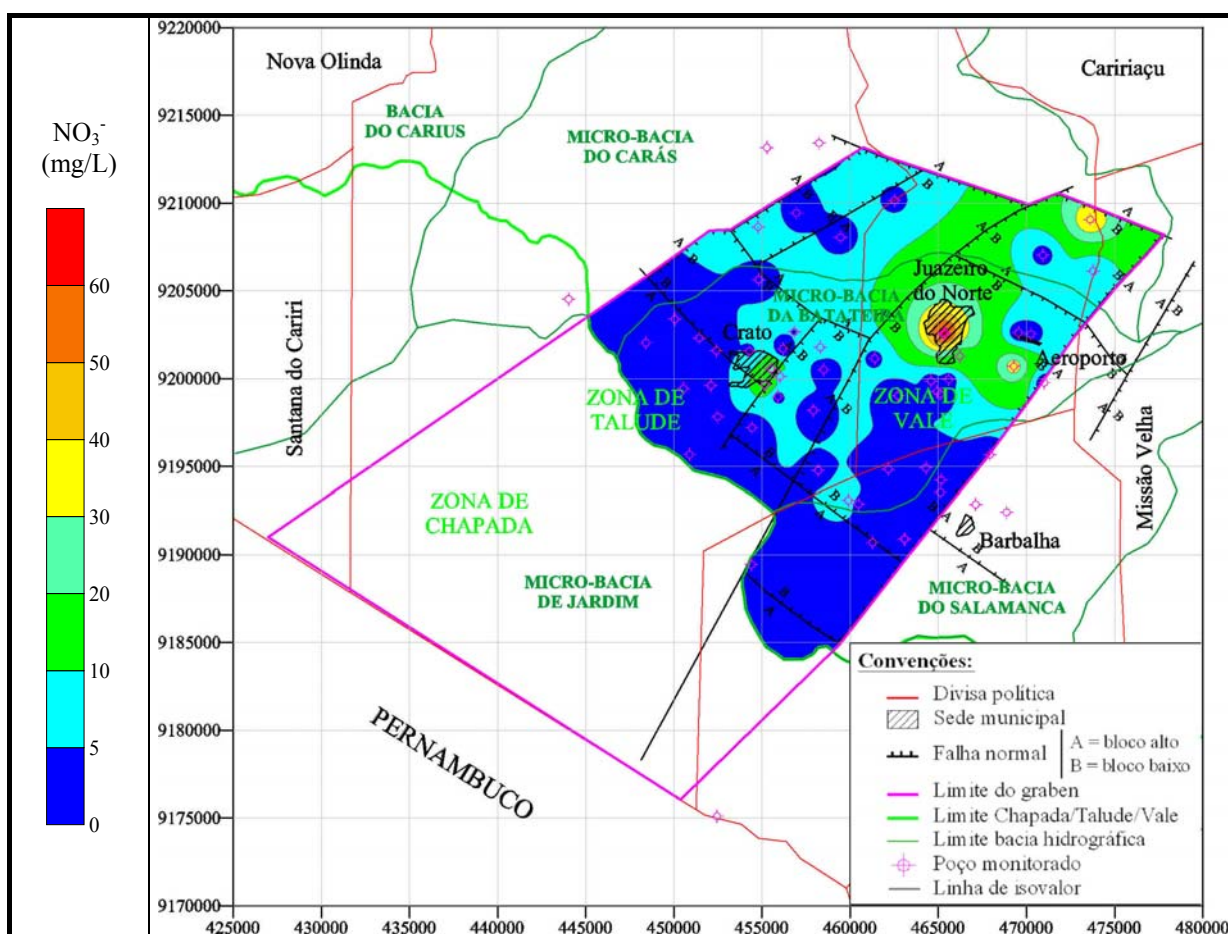


Figura 5.55 - Distribuição espacial dos valores médios de nitratos, NO_3^- (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

Cloreto

Os valores de cloretos, Cl^- , serão utilizados como uma forma simples de avaliar a salinidade das águas. Para tanto, além do comportamento espacial e temporal dos valores medidos, será apresentada uma caracterização em função do padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04).

Posto isto, pela variação dos valores mínimos, máximos e médios apresentados na TAB. 5.83, nota-se uma tendência de diminuição generalizada dos teores de cloreto na quarta e quinta campanhas de monitoramento. Esta tendência se inverte na sexta campanha, com a retomada do crescimento, onde foram registrados os maiores valores (Figura 5.56).

Tabela 5.83 - Valores mínimos, máximos e médios de cloretos na água, Cl^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de Cl^- (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	8,20	190,00	34,41
2ª (09/12/03)	12,00	178,00	40,79
3ª (20/01/04)	13,00	212,20	43,61
4ª (10/03/04)	3,77	136,60	32,55
5ª (17/05/04)	3,13	141,80	25,84
6ª (20/07/04)	4,70	364,30	48,32
7ª (27/09/04)	3,14	316,70	32,59
8ª (30/12/04)	-	-	-

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

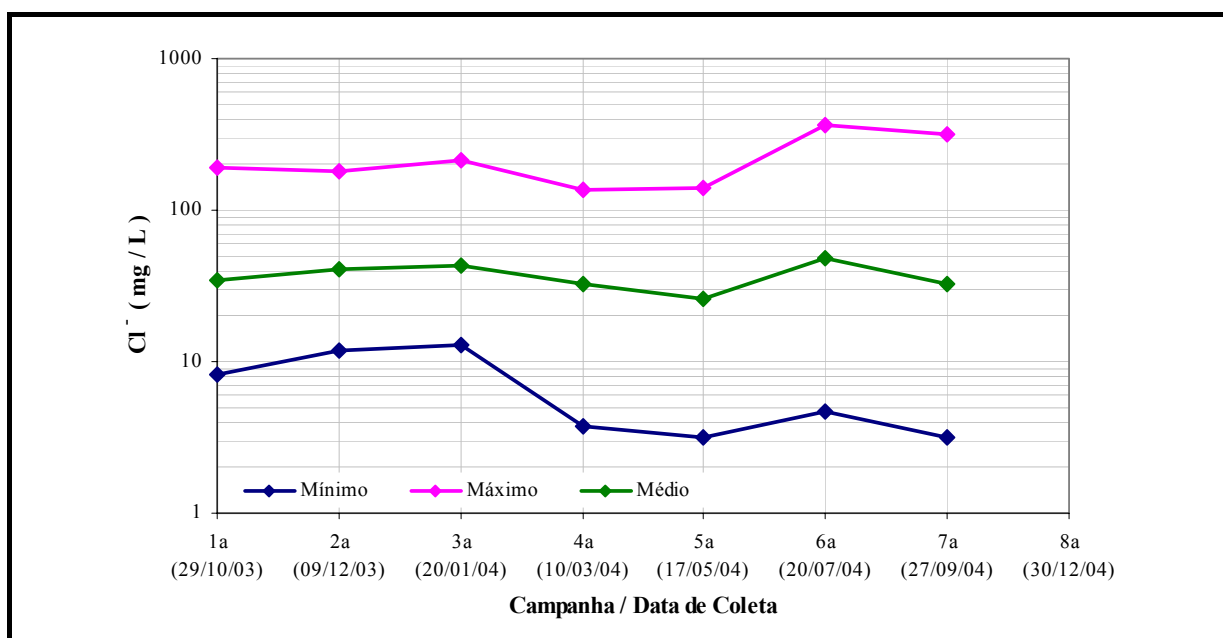


Figura 5.56 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de cloretos, Cl^- , em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Este comportamento estaria refletindo um processo de incorporação de águas recentes no aquífero, fazendo com que ocorra a diluição das concentrações de íons na água. Este processo, aparentemente, é imediato, ocorrendo apenas durante o período chuvoso, após o qual, as concentrações iniciais tendem a crescer e se reequilibrar. Assim, quando se avalia o comportamento dos valores de Cl^- e de NO_3^- (Tabela 5.57), observa-se que ocorre uma tendência de aumento dos teores. Isto pode indicar que a presença do cloreto esteja associada com a contaminação remota por efluentes domésticos (fossas e esgoto sanitário), uma vez que os teores de nitrato indicam esta possibilidade.

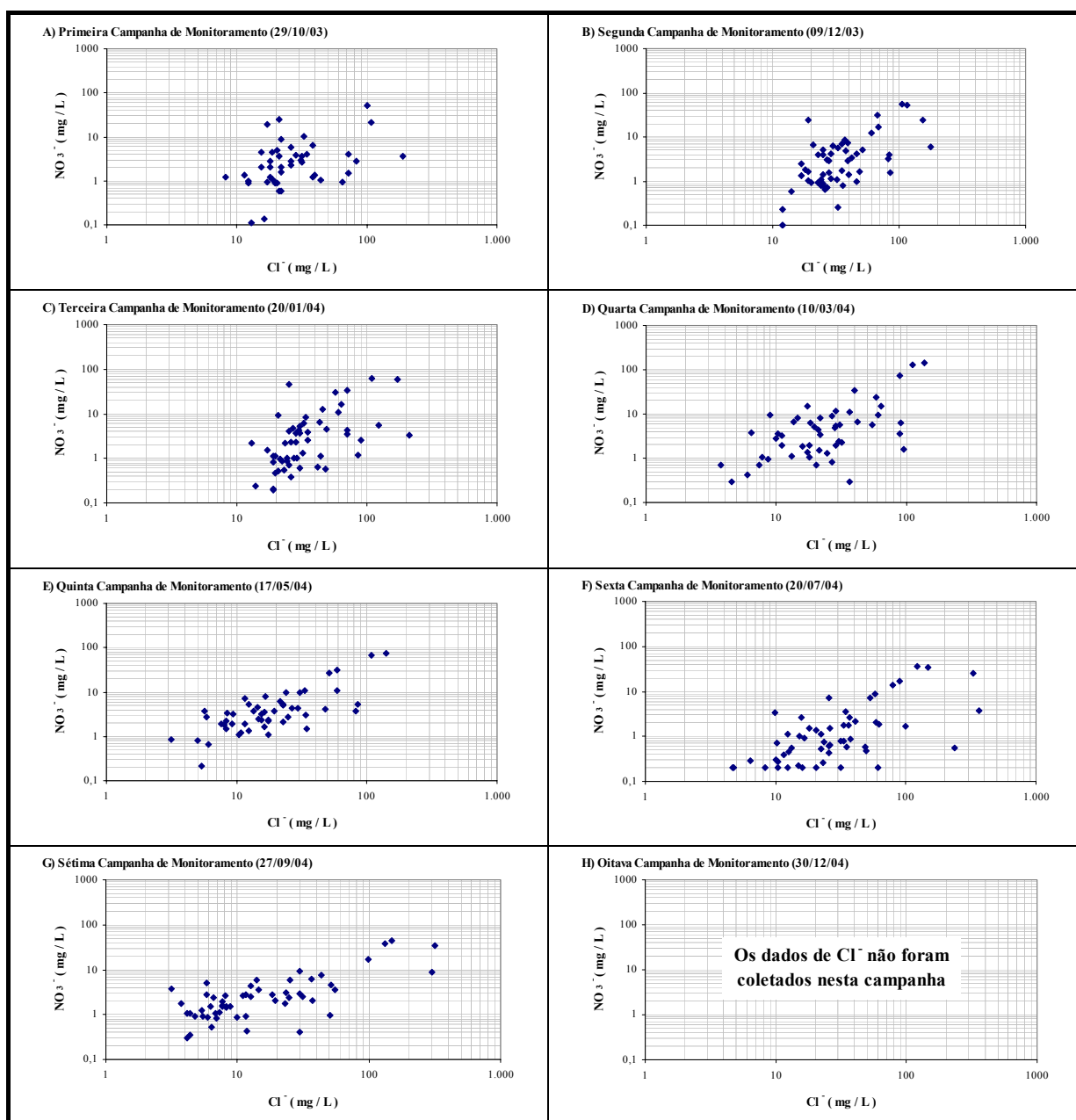


Figura 5.57 - Correlação dos teores de cloreto com os teores de nitrato, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do GCJ.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Em termos de padrões ambientais, observa-se que apenas 2 pontos (0773 e 0834) apresentaram valores de cloreto acima do valor máximo permitido (250,0 mg/L), estabelecido pelo padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde). Como apresentado na Figura 5.58, a distribuição espacial dos valores médios de cloretos mostra que a região mais crítica situa-se na porção nordeste da área do **GCJ**, onde os pontos identificados acima estão situados. Cabe ressaltar ainda que os valores anômalos observados foram registrados apenas em algumas campanhas, sendo que nas demais os valores se mantiveram entre 100,0 e 250,0 mg/L. Como discutido no Capítulo 2 (item 2.4.1.6), este comportamento pode indicar a acumulação de cloretos na direção do fluxo subterrâneo.

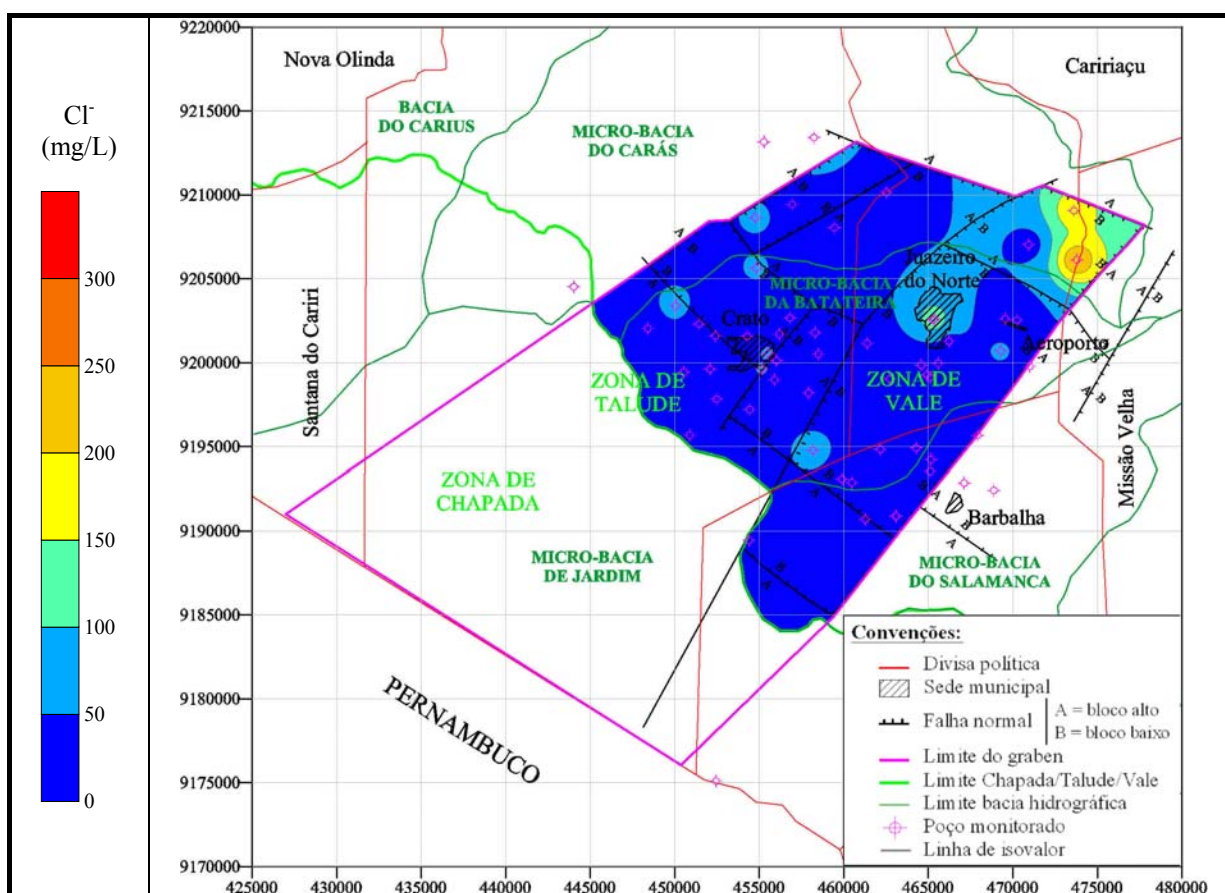


Figura 5.58 - Distribuição espacial dos valores médios de cloretos, Cl⁻ (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

Sólidos Totais Dissolvidos

Os valores de sólidos totais dissolvidos, STD, são utilizados como uma forma simples de avaliar a salinidade das águas. Para tanto, será apresentada uma caracterização dos valores obtidos em função das normas de classificação (Resolução N° 20, do **CONAMA**) e dos padrões de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde).

Posto isto, pela variação dos valores mínimos, máximos e médios apresentados na TAB. 5.84, observa-se que os teores de STD se mantiveram praticamente constantes ao longo das campanhas de monitoramento realizadas (Figura 5.59). Apenas na quarta campanha de monitoramento é que se percebe uma tendência muito tênue de diminuição destes teores. Este comportamento, que é semelhante àquele observado para os cloretos, estaria refletindo um processo de incorporação de águas recentes no aquífero, através da infiltração de águas de chuva, fazendo com que ocorra a diluição das concentrações de íons dissolvidos na água. Aparentemente, este processo é imediato, ocorrendo apenas durante o período chuvoso da região, após o qual, as concentrações iniciais tendem a se equilibrar novamente.

Tabela 5.84 - Valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**

Campanha / Data de Coleta	Valores de STD (mg/L)		
	Mínimo	Máximo	Médio
1ª (29/10/03)	13,00	1.196,65	213,56
2ª (09/12/03)	13,00	1.660,10	221,80
3ª (20/01/04)	7,80	1.484,60	240,12
4ª (10/03/04)	6,50	1.535,95	203,00
5ª (17/05/04)	7,80	1.596,40	204,79
6ª (20/07/04)	8,45	1.805,05	228,35
7ª (27/09/04)	7,80	1.328,60	208,14
8ª (30/12/04)	8,45	1.547,00	201,87

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

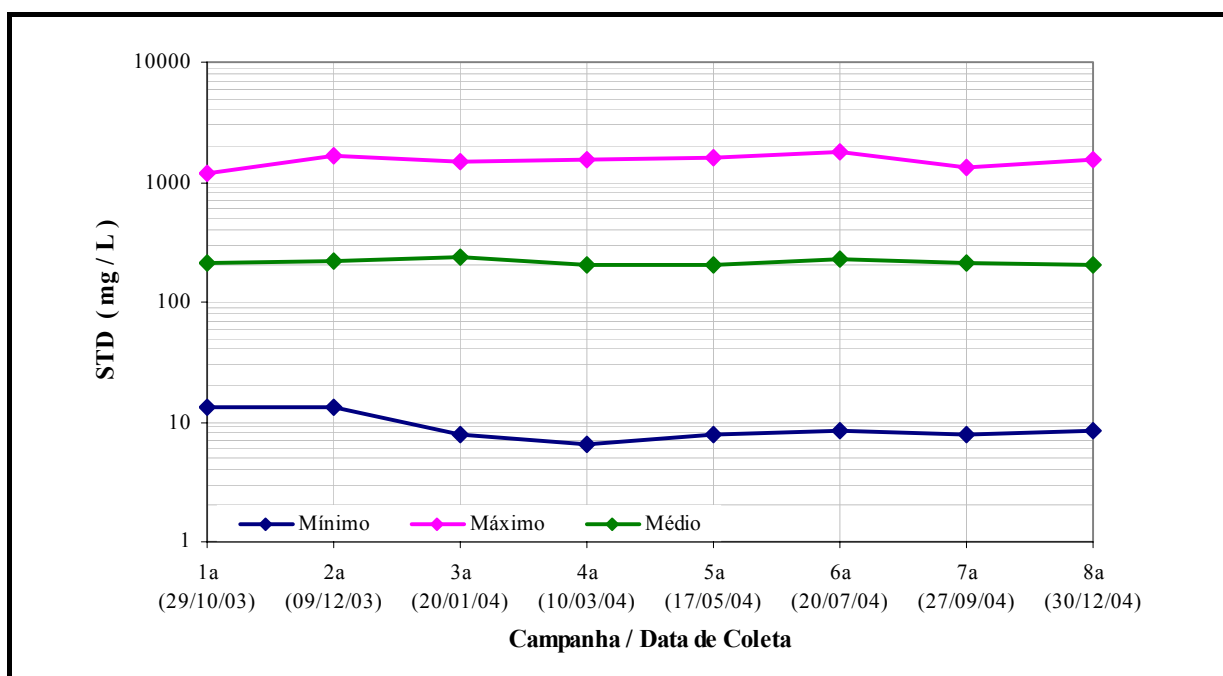


Figura 5.59 - Evolução temporal dos valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais dissolvidos na água, STD, em função das campanhas realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Quando se avalia o comportamento dos valores de STD em função dos valores de nitratos e cloretos (Figura 5.60 e 5.61), constata-se uma correlação clara entre estes parâmetros, que demonstra uma tendência de aumento dos teores de STD com os nitratos e cloretos. Este comportamento pode ser explicado pela contribuição direta dos teores de nitratos e cloretos na concentração de íons dissolvidos na água.

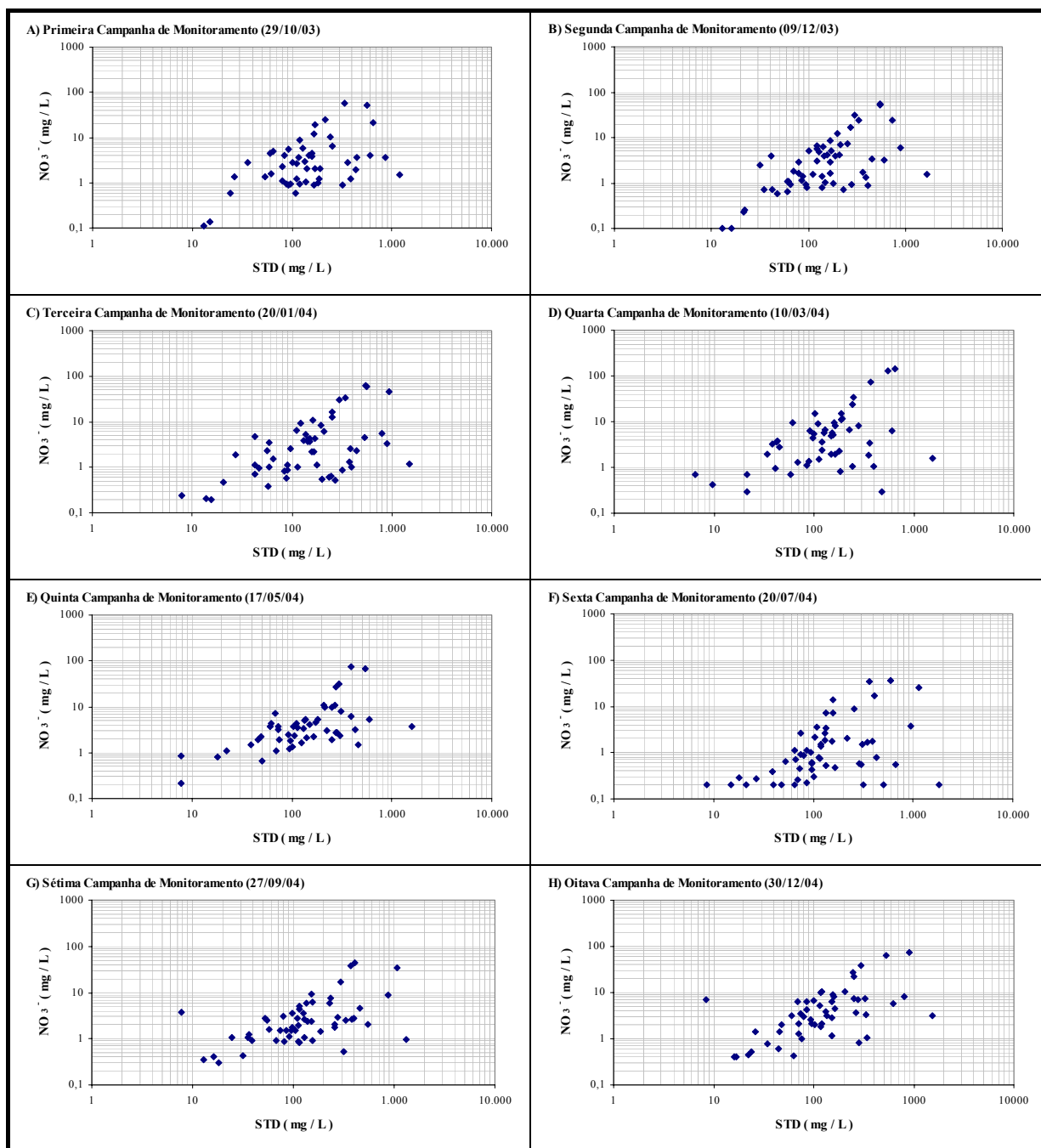


Figura 5.60 - Correlação dos valores de STD com os valores de temperatura de nitratos na água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do **GCJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

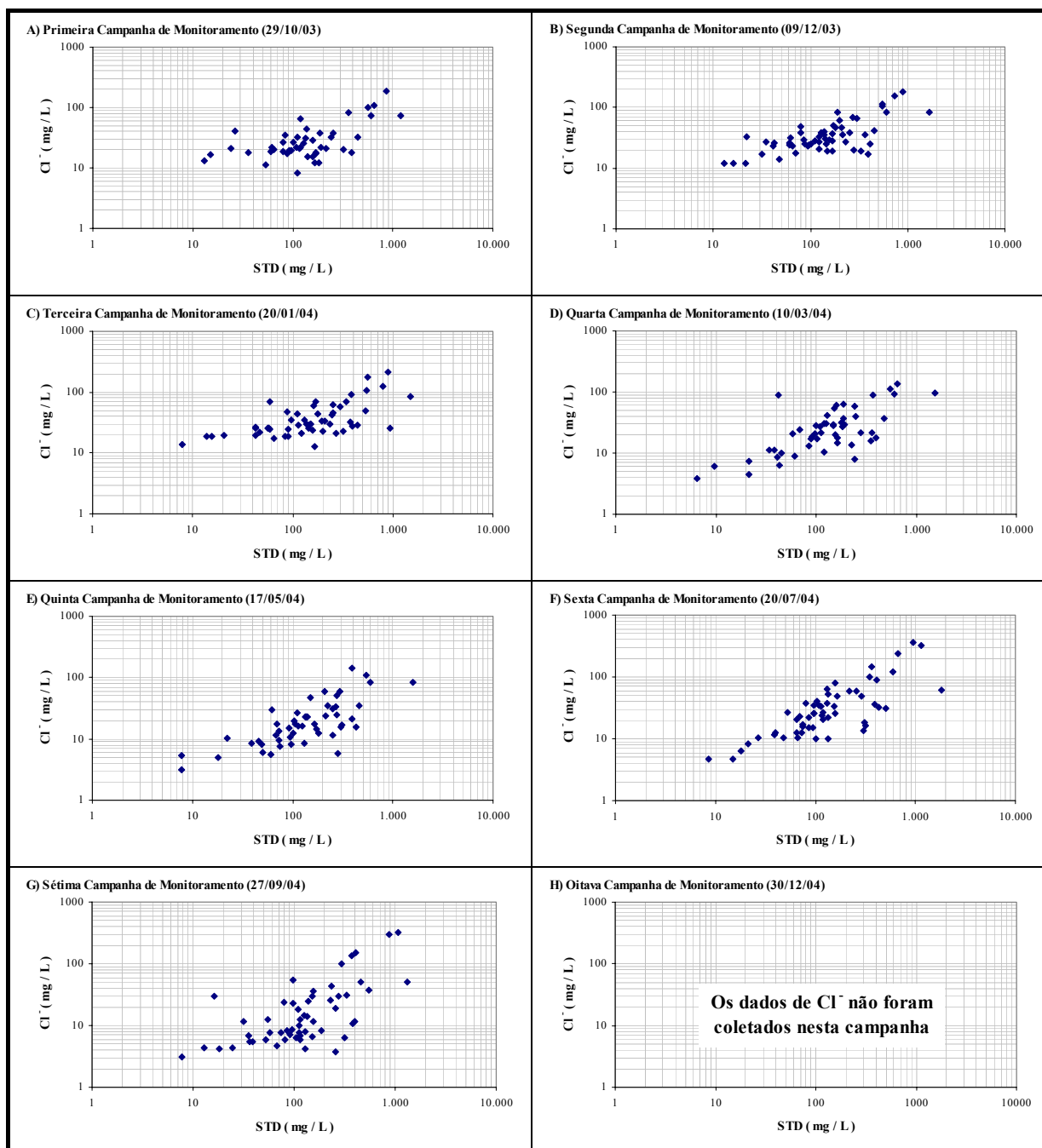


Figura 5.61 - Correlação dos valores de STD com os valores de cloretos na água, considerando as campanhas de monitoramento realizadas na área do **G CJ**.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Em se tratando dos padrões ambientais, a medida simples da salinidade das águas expressa pelos valores de STD revelou que apenas 8 pontos (0642, 0678, 0687, 0689, 0737, 0738, 0773 e 0834) apresentaram teores de STD, coletados em uma ou mais campanhas, que caracterizam locais favoráveis à produção de águas salobras ($STD > 500$ mg/L – Resolução CONAMA N°20). Contudo, apenas nos pontos 0687 e 0773 os teores de STD foram superiores a 1.000 mg/L, caracterizando águas inapropriadas para o consumo humano direto (Portaria N° 518, do

Ministério da Saúde). Nos demais pontos, o comportamento observado revelou valores de STD na faixa entre 200 e 800 mg/L, classificando as águas como doces a ligeiramente salobras e sem restrições para o consumo humano.

Considerando a distribuição dos valores médios de STD em todos os pontos monitorados (Figura 5.62), a situação mais crítica verifica-se na porção sudoeste (ponto 0687) e na porção nordeste (ponto 0773) da área do G CJ. Na porção sudoeste, os teores elevados de STD estão associados ao meio geológico, mais especificamente, às rochas carbonáticas da Formação Santana. Já na porção nordeste da área, acredita-se que os teores elevados de STD estejam relacionados ao embasamento cristalino e ao processo de acumulação natural de íons.

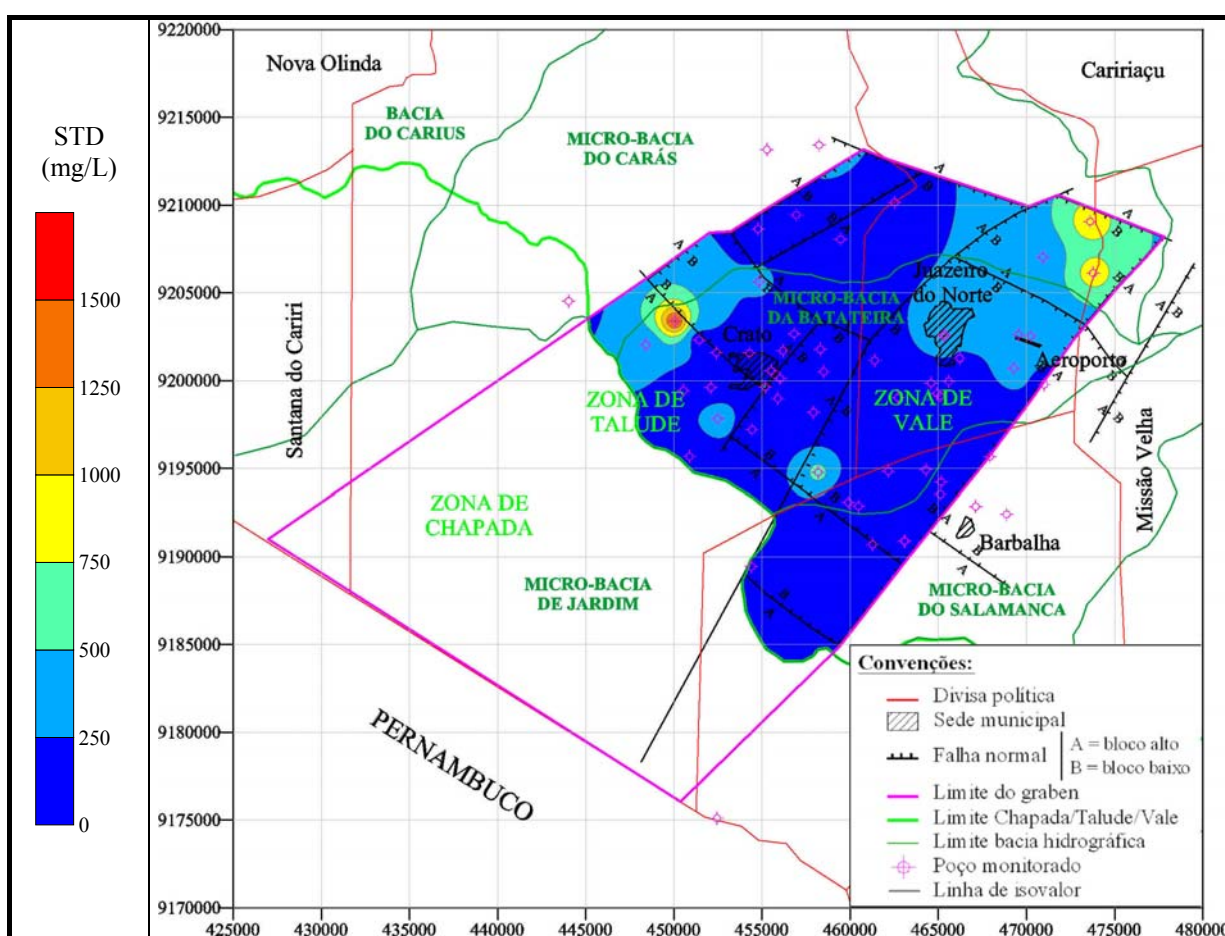


Figura 5.62 - Distribuição espacial dos valores médios de sólidos totais dissolvidos, STD (mg/L), nas águas subterrâneas da área do Graben Crato-Juazeiro.

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b); base modificada de DNPM (1996).

5.2.2.2.3 - Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas na Área do GCJ

Para definir o potencial de qualidade das águas subterrâneas na área do Graben Crato-Juazeiro, consideram-se apenas as variações dos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de maior interesse para aplicação das normas e padrões ambientais de classificação e potabilidade das águas (*e.g.* Resolução N° 20, do CONAMA, de 18/06/86; Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04).

Neste estudo, os parâmetros considerados são os seguintes: nitratos, NO_3^- ; cloretos, Cl^- e sólidos totais dissolvidos, STD. Os demais parâmetros que foram monitorados (*i.e.* temperatura, T; potencial hidrogeniônico, pH; oxigênio dissolvido, OD; e, amônia, NH_3) também apresentaram características importantes, como descrito no item anterior. Entretanto, com o intuito de priorizar e de encaminhar as discussões para a hierarquização do potencial de qualidade das águas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas, não serão explicitamente considerados nesta análise. Ademais, destaca-se que os resultados serão apresentados conforme a distribuição dos pontos e por município que compõe a área do GCJ. Os dados de localização e identificação destes pontos são apresentados na TAB. A03-1 (ANEXO III), podendo a distribuição dos mesmos ser visualizada no DE-A04-01 (ANEXO IV).

Município de Barbalha

No município de Barbalha foram monitorados 15 pontos, dos quais 2 correspondem a nascentes e 13 são poços tubulares. Para estes pontos os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.*, NO_3^- , Cl^- e STD) são apresentados na TAB. 5.85. Estes pontos localizam-se na porção norte do município, ao longo da faixa que divide as bacias do Salamanca e da Batateira, próximo ao limite sudeste do graben. Neste domínio, as nascentes estão relacionadas ao contato entre as formações Exu e Arajara, enquanto que os poços tubulares estão todos relacionados à Formação Rio da Batateira.

Em termos de padrões ambientais, os teores de nitratos mostram-se inferiores ao limite de potabilidade ($\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$), caracterizando águas de boa qualidade para o consumo humano direto. Já os cloretos e sólidos totais dissolvidos mostram-se com teores de acordo com os padrão de potabilidade das águas ($\text{Cl}^- < 250,0 \text{ mg/L}$ e $\text{STD} < 1.000 \text{ mg/L}$). Além disso, com base nos valores de STD, pode-se classificar as águas subterrâneas produzidas como doces ($\text{STD} < 500,0 \text{ mg/L}$).

Tabela 5.85 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse por ponto monitorado no município de Barbalha

Nº do Ponto	Litotipo Associado	Valores de NO ₃ ⁻ (mg/L)			Valores de Cl ⁻ (mg/L)			Valores de STD (mg/L)		
		Mín.	Máx.	Méd	Mín.	Máx.	Méd	Mín.	Máx.	Méd
0051	R. Batateira	0,63	7,05	2,32	19,26	44,00	31,46	137,80	277,55	194,26
0144	R. Batateira	0,45	3,29	2,05	5,38	18,00	13,09	35,75	72,80	57,61
0168	R. Batateira	0,20	1,94	1,11	6,80	40,00	17,89	24,05	45,50	36,40
0297	R. Batateira	0,72	9,45	2,82	7,65	24,30	15,81	57,20	73,45	64,11
0425	R. Batateira	0,88	3,73	2,36	8,48	49,00	27,48	78,65	150,80	118,22
0472	R. Batateira	0,90	5,18	2,20	11,56	26,20	20,33	80,60	161,85	122,61
0481	R. Batateira	0,20	1,07	0,55	11,79	26,00	20,36	31,85	68,90	57,76
0485	R. Batateira	2,50	9,75	6,86	5,89	22,00	15,75	31,85	121,55	94,17
0488	R. Batateira	4,91	4,91	4,91	20,40	20,40	20,40	64,35	64,35	64,35
0616	R. Batateira	1,12	6,59	3,61	5,65	89,14	31,84	42,25	121,55	65,16
0668	Exu	0,20	1,11	0,51	7,44	33,00	18,14	16,25	22,10	20,89
0720	R. Batateira	0,20	0,93	0,66	5,44	25,10	13,01	24,05	50,70	42,25
0723	R. Batateira	1,48	9,12	5,17	16,64	29,80	22,78	143,65	313,30	221,65
F-52A	Arajara	0,10	0,21	0,14	12,00	19,10	14,70	13,00	13,65	13,22
F-52B	Arajara	0,10	0,80	0,33	4,12	19,10	9,85	9,75	18,20	16,01

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Município do Crato

No município do Crato foram monitorados 27 pontos, sendo uma nascente e 26 poços. Para estes pontos os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.*, NO₃⁻, Cl⁻ e STD) são apresentados na TAB. 5.86. Estes pontos localizam-se na porção leste do município, distribuídos nas bacias da Batateira e do Carás, compreendendo a porção central e noroeste do graben. Neste domínio, a nascente monitorada está relacionada ao contato entre as formações Exu e Arajara. Já os poços têm correlação com as formações Arajara, Santana, Rio da Batateira, Missão Velha e Mauriti.

Em termos de padrões ambientais, os teores de nitratos mostram-se, quase sempre, inferiores ao limite de potabilidade (NO₃⁻ < 10 mg/L), caracterizando águas de boa qualidade para o consumo humano direto. A exceção ocorre nos pontos 0037, 0565 e 0821, onde os valores coletados indicam concentrações acima do limite de potabilidade (NO₃⁻ > 10 mg/L) em determinados períodos, assim como o comprometimento de porções específicas da área do graben. Neste sentido, os pontos 0037 e 0821 estão associados à zona urbana e peri-urbana de Crato, sugerindo a poluição pela percolação de águas residuárias com concentrações elevadas de nitratos (*e.g.* esgoto doméstico). Já o ponto 0565 identifica uma porção associada à zona rural do município, sugerindo a possibilidade de poluição pela aplicação de fertilizantes ou pela percolação de águas superficiais poluídas por dejetos humanos e/ou animais.

Tabela 5.86 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse por ponto monitorado no município do Crato

Nº do Ponto	Litotipo Associado	Valores de NO ₃ ⁻ (mg/L)			Valores de Cl ⁻ (mg/L)			Valores de STD (mg/L)		
		Mín.	Máx.	Méd	Mín.	Máx.	Méd	Mín.	Máx.	Méd
0031	R. Batateira	3,58	9,97	7,38	14,02	37,00	28,78	100,10	211,25	158,32
0033	R. Batateira	1,51	4,87	3,16	23,62	39,00	29,47	78,65	150,15	109,09
0037	R. Batateira	16,43	27,48	21,09	43,77	69,00	57,39	233,35	273,00	254,43
0041	R. Batateira	1,10	8,17	4,19	6,57	30,10	21,53	85,15	174,20	149,42
0046	R. Batateira	0,26	1,81	1,24	6,97	29,00	19,02	68,90	124,80	109,36
0056	R. Batateira	0,88	2,11	1,40	7,70	40,70	21,57	47,45	104,65	85,80
0242	R. Batateira	2,62	9,91	7,51	25,27	37,22	32,91	118,95	248,95	197,52
0561	R. Batateira	1,02	1,30	1,13	4,18	24,39	16,57	69,55	150,80	116,09
0562	Mauriti	0,75	4,45	3,01	8,04	27,00	20,46	55,90	132,60	110,74
0565	M. Velha	12,00	16,60	14,62	36,49	64,21	56,55	154,70	216,45	186,79
0618	R. Batateira	0,58	1,42	0,96	10,00	48,00	25,60	45,50	139,10	96,12
0631	Mauriti	0,48	5,10	3,17	24,52	70,20	45,81	110,50	171,60	148,57
0642	Mauriti	0,56	4,54	2,80	37,48	238,40	92,77	208,65	669,50	443,19
0648	R. Batateira	0,59	3,87	2,60	31,34	90,10	57,48	181,35	384,80	287,06
0662	R. Batateira	1,77	6,26	4,96	12,67	33,28	25,82	113,75	152,75	138,26
0664	R. Batateira	0,43	6,28	2,10	8,17	28,00	21,55	85,15	197,60	140,49
0678	R. Batateira	0,20	7,24	2,88	28,60	51,14	36,63	254,80	502,45	438,51
0687	Santana	0,20	3,78	1,75	50,50	95,57	76,01	1.196,65	1.805,05	1.519,29
0689	R. Batateira	1,68	6,27	4,53	72,70	123,00	92,24	345,15	798,85	599,30
0708	Arajara	0,20	2,39	1,05	6,38	25,00	17,41	285,35	412,10	327,76
0745	R. Batateira	0,31	5,60	1,82	7,25	55,14	19,28	90,35	182,00	117,19
0751	Mauriti	0,80	6,29	3,72	12,69	35,00	26,76	54,60	114,40	93,52
0808	R. Batateira	1,00	3,54	1,94	7,75	46,00	25,61	76,05	185,25	140,81
0821	R. Batateira	9,66	38,45	23,82	17,20	98,58	62,73	157,30	299,65	245,54
0833	M. Velha	0,65	8,96	4,85	19,57	55,38	34,08	52,65	121,55	99,88
1442	Exu	0,20	0,40	0,28	4,40	12,00	6,20	7,80	21,45	15,82
F-30	Arajara	0,20	6,99	2,12	3,13	13,90	5,74	6,50	8,45	7,80

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Já os cloretos mostram-se com teores de acordo com os padrão de potabilidade das águas (Cl⁻ < 250,0 mg/L). No entanto, registra-se no ponto 0642, localizado em rochas da Formação Mauriti e próximo ao contato com o embasamento cristalino, um teor próximo ao limite de potabilidade. Isto sugere a possibilidade de inter-relação entre estas duas unidades, uma vez que os teores de cloretos no embasamento são comumente maiores, devido a acumulação natural de íons.

Por sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD mostra que, de um modo geral, as águas subterrâneas deste domínio podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L). Contudo, registra-se a ocorrência de locais específicos com produção de águas salobras (STD > 500,0 mg/L), como caracteriza os pontos 0642, 0678, 0687 e 0689. No caso

do ponto 0687, além de salobras, as águas produzidas são inapropriadas ao consumo humano direto, uma vez que os teores de STD são superiores a 1.000 mg/L.

Além disso, cabe ressaltar que o ponto 0687 está associado às rochas carbonáticas que ocorrem na Formação Santana. Já os pontos 0678 e 0689 estão associados à Formação Rio da Batateira, mas estão próximos ao contato com a Formação Santana, comumente com teores mais elevados de STD. Por sua vez, o ponto 0642 associa-se às rochas da Formação Mauriti, mas localiza-se próximo ao contato com o embasamento cristalino, comumente também com teores mais altos de STD, em função da acumulação natural de íons como o cloreto. Dessa maneira, constata-se que no município de Crato, dos 27 pontos monitorados apenas 9 apresentam a qualidade de suas águas subterrâneas comprometida, principalmente, em função dos teores de NO_3^- e STD.

Município de Juazeiro do Norte

No município de Juazeiro do Norte foram monitorados 18 poços tubulares. Para estes poços, os dados relativos aos valores mínimos, máximos e médios dos parâmetros de interesse (*i.e.*, NO_3^- , Cl^- e STD) são apresentados na TAB. 5.87.

Estes pontos localizam-se na porção sul do município, distribuídos nas bacias da Batateira e do Carás, compreendendo a porção nordeste do graben. Neste domínio, os poços têm correlação com as formações Rio da Batateira, Missão Velha e Mauriti, bem como com o embasamento cristalino.

Em termos de padrões ambientais, os teores de nitratos mostram-se, quase sempre, inferiores ao limite de potabilidade ($\text{NO}_3^- < 10 \text{ mg/L}$), caracterizando águas de boa qualidade para o consumo humano direto. A exceção ocorre nos pontos 0013, 0516, 0737, 0738 e 0773, onde os valores coletados indicam concentrações acima do limite de potabilidade ($\text{NO}_3^- > 10 \text{ mg/L}$) em determinados períodos, assim como o comprometimento de porções específicas da área do graben. Neste sentido, os pontos 0013 e 0516 estão associados à zona peri-urbana de Juazeiro do Norte, enquanto que os pontos 0737 e 0738 associam-se à zona urbana, sugerindo a poluição pela percolação de águas residuárias com concentrações elevadas de nitratos (*e.g.* esgoto doméstico). Já o ponto 0773, associado à zona rural do município, sugere a possibilidade de poluição pela aplicação de fertilizantes ou pela percolação de águas superficiais poluídas por dejetos humanos e/ou animais.

Tabela 5.87 - Valores mínimos, máximos e médios obtidos para os parâmetros de interesse por ponto monitorado no município de Juazeiro do Norte

Nº do Ponto	Litotipo Associado	Valores de NO ₃ ⁻ (mg/L)			Valores de Cl ⁻ (mg/L)			Valores de STD (mg/L)		
		Mín.	Máx.	Méd	Mín.	Máx.	Méd	Mín.	Máx.	Méd
0007	R. Batateira	0,99	8,23	3,06	6,26	19,00	14,05	92,95	179,40	142,35
0009	R. Batateira	0,62	6,16	1,96	8,75	25,52	18,56	90,35	97,50	94,33
0013	R. Batateira	12,35	34,59	20,02	29,62	53,19	39,95	135,20	270,40	227,83
0014	R. Batateira	0,77	3,22	1,54	7,85	31,86	18,50	240,50	432,90	377,98
0015	R. Batateira	0,52	7,07	1,95	3,76	20,80	13,43	167,70	393,90	279,18
0017	R. Batateira	0,27	2,76	1,35	4,35	27,00	13,30	24,70	53,30	38,35
0018	R. Batateira	0,39	4,40	1,74	4,76	15,50	10,59	39,00	156,65	83,69
0059	R. Batateira	0,22	1,96	0,93	5,92	23,00	14,64	34,45	87,10	73,17
0073	R. Batateira	1,10	3,92	2,45	6,41	34,30	20,27	27,30	84,50	51,22
0210	R. Batateira	0,93	6,50	3,84	16,72	41,80	26,12	41,60	128,05	84,09
0516	R. Batateira	17,20	73,55	34,86	19,00	90,25	57,92	215,80	407,55	332,67
0737	R. Batateira	35,37	127,80	64,13	106,00	148,70	117,35	338,65	596,70	507,98
0738	R. Batateira	34,25	140,00	64,22	101,00	173,00	135,50	367,25	646,75	494,93
0773	Cristalino	21,45	73,49	37,20	25,10	326,50	186,02	648,05	1.153,10	911,41
0775	M. Velha	1,33	7,43	3,33	10,96	36,15	25,62	190,45	390,65	348,32
0782	R. Batateira	0,52	6,75	2,17	8,23	64,50	25,34	118,30	251,55	192,73
0798	Mauriti	1,84	5,73	3,98	14,42	62,41	33,46	85,15	135,20	124,56
0834	Mauriti	3,27	8,76	5,59	178,00	364,30	249,40	811,20	955,50	879,13

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Já os cloretos mostram-se com teores de acordo com o padrão de potabilidade das águas (Cl⁻ < 250,0 mg/L) na grande maioria dos pontos monitorados neste domínio. A exceção ocorre nos pontos 0773 e 0834, onde em determinado períodos os teores coletados foram superiores ao limite de potabilidade (Cl⁻ > 250,0 mg/L), sugerindo a possibilidade de produção de águas salinizadas. Por sua vez, a variação dos valores mínimos, máximos e médios de STD mostra que, de um modo geral, as águas subterrâneas deste domínio podem ser classificadas como doces (STD < 500,0 mg/L). Contudo, registra-se a ocorrência de locais com produção de águas salobras (STD > 500,0 mg/L), como caracteriza os pontos 0737, 0738, 0773 e 0834.

No caso do ponto 0773 (associado a rochas do embasamento cristalino), além de salobras, as águas produzidas são inapropriadas ao consumo humano direto, uma vez que os teores de STD são superiores a 1.000 mg/L. o Ponto 0834 (associado a rochas da Formação Mauriti) apresenta valores muito próximos desse limite. Já nos pontos 0737 e 0738 (associado a rochas da Formação Rio da Batateira), apesar de salobras, as águas são apropriadas ao consumo humano, uma vez que os teores são inferiores a 1.000 mg/L. Os teores elevados de STD nestes pontos podem ser correlacionados à percolação de águas residuárias (pontos 0737 e 0738) e à acumulação natural de íons (pontos 0773 e 0834), que geram concentrações de STD comumente elevadas na zona de descarga do sistema. Dessa maneira, constata-se que no município de Crato, dos 18 pontos monitorados apenas 6 apresentam a qualidade de suas águas subterrâneas comprometida, principalmente, em função dos teores de NO₃⁻ e STD.

5.2.2.2.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas na Área do GCJ

Para caracterizar e hierarquizar o potencial de qualidade das águas subterrâneas na área do **GCJ** será abordada uma metodologia de análise semelhante àquela empregada na **RMF**. Neste caso, tal metodologia consiste em determinar o Índice Relativo de Qualidade (**IRQ**) para cada ponto monitorado, em função dos parâmetros de interesse que foram avaliados no item anterior, quais sejam: NO_3^- , Cl^- e **STD**. Sendo assim, adotou-se o seguinte procedimento:

1. inicialmente, são resgatados os valores mínimos, máximos e médios ($V_{i\text{mín.}}$; $V_{i\text{máx.}}$; $V_{i\text{méd.}}$, respectivamente), apresentados no item anterior (TAB. 5.85 a TAB. 5.87), relativos aos parâmetros i de interesse (*i.e.* NO_3^- , Cl^- e **STD**), para cada ponto monitorado, conforme apresentado na TAB. 5.88.
2. A partir dos valores (V_i) apresentados na TAB. 5.88 e com base nos Valores Máximos Permitidos (VMP_i) para cada parâmetro i avaliado ($\text{NO}_3^- = 10 \text{ mg/L}$; $\text{Cl}^- = 250 \text{ mg/L}$; **STD** = 1.000 mg/L), conforme estabelecido pelo padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04), calcula-se o IRQ_i mínimo, máximo e médio de cada parâmetro, por ponto, de acordo com as expressões base Eq. 5.3 a Eq. 5.5, apresentadas no item 5.1.2.2.4.
3. Sendo assim, considerando o parâmetro NO_3^- e os valores V_i apresentados (TAB. 5.88), os respectivos valores do IRQ_i (TAB. 5.89) são calculados pelas expressões Eq. 5.6 a Eq. 5.8, apresentadas no item 5.1.2.2.4.
4. Da mesma maneira, considerando o parâmetro Cl^- e os valores V_i apresentados (TAB. 5.88), os respectivos valores do IRQ_i (TAB. 5.89) são calculados pelas expressões Eq. 5.9 a Eq. 5.11, também apresentadas no item 5.1.2.2.4.
5. Para o parâmetro **STD** e os valores V_i apresentados (TAB. 5.88), os respectivos valores do IRQ_i (TAB. 5.89) são calculados pelas expressões Eq. 5.12 a Eq. 5.14, como apresentadas no item 5.1.2.2.4.
6. Finalmente, a partir dos valores de $IRQ_{i\text{mín.}}$, $IRQ_{i\text{máx.}}$ e $IRQ_{i\text{méd.}}$ calculados para cada parâmetro i considerado (TAB. 5.89), pode-se então calcular o $IRQ_{\text{mín.}}$, $IRQ_{\text{máx.}}$ e $IRQ_{\text{méd.}}$ para cada ponto monitorado na área do **GCJ** (TAB. 5.90), de acordo com as expressões Eq. 5.15 a Eq. 5.17, apresentadas no item 5.1.2.2.4.

Tabela 5.88 - Valores de interesse para determinação do IRQ na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Litotipo Associado	Valor Mínimo ($V_{i\text{mín}}$) (mg/L)			Valor Máximo ($V_{i\text{máx}}$) (mg/L)			Valor Médio ($V_{i\text{méd}}$) (mg/L)		
			NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD
0007	J. do Norte	R. Batateira	0,99	6,26	92,95	8,23	19,00	179,40	3,06	14,05	142,35
0009	J. do Norte	R. Batateira	0,62	8,75	90,35	6,16	25,52	97,50	1,96	18,56	94,33
0013	J. do Norte	R. Batateira	12,35	29,62	135,20	34,59	53,19	270,40	20,02	39,95	227,83
0014	J. do Norte	R. Batateira	0,77	7,85	240,50	3,22	31,86	432,90	1,54	18,50	377,98
0015	J. do Norte	R. Batateira	0,52	3,76	167,70	7,07	20,80	393,90	1,95	13,43	279,18
0017	J. do Norte	R. Batateira	0,27	4,35	24,70	2,76	27,00	53,30	1,35	13,30	38,35
0018	J. do Norte	R. Batateira	0,39	4,76	39,00	4,40	15,50	156,65	1,74	10,59	83,69
0031	Crato	R. Batateira	3,58	14,02	100,10	9,97	37,00	211,25	7,38	28,78	158,32
0033	Crato	R. Batateira	1,51	23,62	78,65	4,87	39,00	150,15	3,16	29,47	109,09
0037	Crato	R. Batateira	16,43	43,77	233,35	27,48	69,00	273,00	21,09	57,39	254,43
0041	Crato	R. Batateira	1,10	6,57	85,15	8,17	30,10	174,20	4,19	21,53	149,42
0046	Crato	R. Batateira	0,26	6,97	68,90	1,81	29,00	124,80	1,24	19,02	109,36
0051	Barbalha	R. Batateira	0,63	19,26	137,80	7,05	44,00	277,55	2,32	31,46	194,26
0056	Crato	R. Batateira	0,88	7,70	47,45	2,11	40,70	104,65	1,40	21,57	85,80
0059	J. do Norte	R. Batateira	0,22	5,92	34,45	1,96	23,00	87,10	0,93	14,64	73,17
0073	J. do Norte	R. Batateira	1,10	6,41	27,30	3,92	34,30	84,50	2,45	20,27	51,22
0144	Barbalha	R. Batateira	0,45	5,38	35,75	3,29	18,00	72,80	2,05	13,09	57,61
0168	Barbalha	R. Batateira	0,20	6,80	24,05	1,94	40,00	45,50	1,11	17,89	36,40
0210	J. do Norte	R. Batateira	0,93	16,72	41,60	6,50	41,80	128,05	3,84	26,12	84,09
0242	Crato	R. Batateira	2,62	25,27	118,95	9,91	37,22	248,95	7,51	32,91	197,52
0297	Barbalha	R. Batateira	0,72	7,65	57,20	9,45	24,30	73,45	2,82	15,81	64,11
0425	Barbalha	R. Batateira	0,88	8,48	78,65	3,73	49,00	150,80	2,36	27,48	118,22
0472	Barbalha	R. Batateira	0,90	11,56	80,60	5,18	26,20	161,85	2,20	20,33	122,61
0481	Barbalha	R. Batateira	0,20	11,79	31,85	1,07	26,00	68,90	0,55	20,36	57,76
0485	Barbalha	R. Batateira	2,50	5,89	31,85	9,75	22,00	121,55	6,86	15,75	94,17
0488	Barbalha	R. Batateira	4,91	20,40	64,35	4,91	20,40	64,35	4,91	20,40	64,35
0516	J. do Norte	R. Batateira	17,20	19,00	215,80	73,55	90,25	407,55	34,86	57,92	332,67
0561	Crato	R. Batateira	1,02	4,18	69,55	1,30	24,39	150,80	1,13	16,57	116,09
0562	Crato	Mauriti	0,75	8,04	55,90	4,45	27,00	132,60	3,01	20,46	110,74
0565	Crato	M. Velha	12,00	36,49	154,70	16,60	64,21	216,45	14,62	56,55	186,79
0616	Barbalha	R. Batateira	1,12	5,65	42,25	6,59	89,14	121,55	3,61	31,84	65,16
0618	Crato	R. Batateira	0,58	10,00	45,50	1,42	48,00	139,10	0,96	25,60	96,12
0631	Crato	Mauriti	0,48	24,52	110,50	5,10	70,20	171,60	3,17	45,81	148,57
0642	Crato	Mauriti	0,56	37,48	208,65	4,54	238,40	669,50	2,80	92,77	443,19
0648	Crato	R. Batateira	0,59	31,34	181,35	3,87	90,10	384,80	2,60	57,48	287,06
0662	Crato	R. Batateira	1,77	12,67	113,75	6,26	33,28	152,75	4,96	25,82	138,26
0664	Crato	R. Batateira	0,43	8,17	85,15	6,28	28,00	197,60	2,10	21,55	140,49
0668	Barbalha	Exu	0,20	7,44	16,25	1,11	33,00	22,10	0,51	18,14	20,89
0678	Crato	R. Batateira	0,20	28,60	254,80	7,24	51,14	502,45	2,88	36,63	438,51
0687	Crato	Santana	0,20	50,50	1.196,65	3,78	95,57	1.805,05	1,75	76,01	1.519,29
0689	Crato	R. Batateira	1,68	72,70	345,15	6,27	123,00	798,85	4,53	92,24	599,30
0708	Crato	Arajara	0,20	6,38	285,35	2,39	25,00	412,10	1,05	17,41	327,76
0720	Barbalha	R. Batateira	0,20	5,44	24,05	0,93	25,10	50,70	0,66	13,01	42,25
0723	Barbalha	R. Batateira	1,48	16,64	143,65	9,12	29,80	313,30	5,17	22,78	221,65
0737	J. do Norte	R. Batateira	35,37	106,00	338,65	127,80	148,70	596,70	64,13	117,35	507,98
0738	J. do Norte	R. Batateira	34,25	101,00	367,25	140,00	173,00	646,75	64,22	135,50	494,93
0745	Crato	R. Batateira	0,31	7,25	90,35	5,60	55,14	182,00	1,82	19,28	117,19
0751	Crato	Mauriti	0,80	12,69	54,60	6,29	35,00	114,40	3,72	26,76	93,52
0773	J. do Norte	Cristalino	21,45	25,10	648,05	73,49	326,50	1.153,10	37,20	186,02	911,41
0775	J. do Norte	M. Velha	1,33	10,96	190,45	7,43	36,15	390,65	3,33	25,62	348,32
0782	J. do Norte	R. Batateira	0,52	8,23	118,30	6,75	64,50	251,55	2,17	25,34	192,73
0798	J. do Norte	Mauriti	1,84	14,42	85,15	5,73	62,41	135,20	3,98	33,46	124,56
0808	Crato	R. Batateira	1,00	7,75	76,05	3,54	46,00	185,25	1,94	25,61	140,81
0821	Crato	R. Batateira	9,66	17,20	157,30	38,45	98,58	299,65	23,82	62,73	245,54
0833	Crato	M. Velha	0,65	19,57	52,65	8,96	55,38	121,55	4,85	34,08	99,88
0834	J. do Norte	Mauriti	3,27	178,00	811,20	8,76	364,30	955,50	5,59	249,40	879,13
1442	Crato	Exú	0,20	4,40	7,80	0,40	12,00	21,45	0,28	6,20	15,82
F-30	Crato	Arajara	0,20	3,13	6,50	6,99	13,90	8,45	2,12	5,74	7,80
F-52A	Barbalha	Arajara	0,10	12,00	13,00	0,21	19,10	13,65	0,14	14,70	13,22
F-52B	Barbalha	Arajara	0,10	4,12	9,75	0,80	19,10	18,20	0,33	9,85	16,01

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Tabela 5.89 - Valores mínimos, máximos e médios de **IRQ**, calculados por parâmetro de interesse para cada ponto na área do **GCJ**

Nº do Ponto	Município	Litotipo Associado	IRQ _i mín.			IRQ _i máx.			IRQ _i méd.		
			NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	STD
0007	J. do Norte	R. Batateira	0,10	0,03	0,09	0,82	0,08	0,18	0,31	0,06	0,14
0009	J. do Norte	R. Batateira	0,06	0,04	0,09	0,62	0,10	0,10	0,20	0,07	0,09
0013	J. do Norte	R. Batateira	1,24	0,12	0,14	3,46	0,21	0,27	2,00	0,16	0,23
0014	J. do Norte	R. Batateira	0,08	0,03	0,24	0,32	0,13	0,43	0,15	0,07	0,38
0015	J. do Norte	R. Batateira	0,05	0,02	0,17	0,71	0,08	0,39	0,19	0,05	0,28
0017	J. do Norte	R. Batateira	0,03	0,02	0,02	0,28	0,11	0,05	0,14	0,05	0,04
0018	J. do Norte	R. Batateira	0,04	0,02	0,04	0,44	0,06	0,16	0,17	0,04	0,08
0031	Crato	R. Batateira	0,36	0,06	0,10	1,00	0,15	0,21	0,74	0,12	0,16
0033	Crato	R. Batateira	0,15	0,09	0,08	0,49	0,16	0,15	0,32	0,12	0,11
0037	Crato	R. Batateira	1,64	0,18	0,23	2,75	0,28	0,27	2,11	0,23	0,25
0041	Crato	R. Batateira	0,11	0,03	0,09	0,82	0,12	0,17	0,42	0,09	0,15
0046	Crato	R. Batateira	0,03	0,03	0,07	0,18	0,12	0,12	0,12	0,08	0,11
0051	Barbalha	R. Batateira	0,06	0,08	0,14	0,71	0,18	0,28	0,23	0,13	0,19
0056	Crato	R. Batateira	0,09	0,03	0,05	0,21	0,16	0,10	0,14	0,09	0,09
0059	J. do Norte	R. Batateira	0,02	0,02	0,03	0,20	0,09	0,09	0,09	0,06	0,07
0073	J. do Norte	R. Batateira	0,11	0,03	0,03	0,39	0,14	0,08	0,25	0,08	0,05
0144	Barbalha	R. Batateira	0,05	0,02	0,04	0,33	0,07	0,07	0,21	0,05	0,06
0168	Barbalha	R. Batateira	0,02	0,03	0,02	0,19	0,16	0,05	0,11	0,07	0,04
0210	J. do Norte	R. Batateira	0,09	0,07	0,04	0,65	0,17	0,13	0,38	0,10	0,08
0242	Crato	R. Batateira	0,26	0,10	0,12	0,99	0,15	0,25	0,75	0,13	0,20
0297	Barbalha	R. Batateira	0,07	0,03	0,06	0,95	0,10	0,07	0,28	0,06	0,06
0425	Barbalha	R. Batateira	0,09	0,03	0,08	0,37	0,20	0,15	0,24	0,11	0,12
0472	Barbalha	R. Batateira	0,09	0,05	0,08	0,52	0,10	0,16	0,22	0,08	0,12
0481	Barbalha	R. Batateira	0,02	0,05	0,03	0,11	0,10	0,07	0,06	0,08	0,06
0485	Barbalha	R. Batateira	0,25	0,02	0,03	0,98	0,09	0,12	0,69	0,06	0,09
0488	Barbalha	R. Batateira	0,49	0,08	0,06	0,49	0,08	0,06	0,49	0,08	0,06
0516	J. do Norte	R. Batateira	1,72	0,08	0,22	7,36	0,36	0,41	3,49	0,23	0,33
0561	Crato	R. Batateira	0,10	0,02	0,07	0,13	0,10	0,15	0,11	0,07	0,12
0562	Crato	Mauriti	0,08	0,03	0,06	0,45	0,11	0,13	0,30	0,08	0,11
0565	Crato	M. Velha	1,20	0,15	0,15	1,66	0,26	0,22	1,46	0,23	0,19
0616	Barbalha	R. Batateira	0,11	0,02	0,04	0,66	0,36	0,12	0,36	0,13	0,07
0618	Crato	R. Batateira	0,06	0,04	0,05	0,14	0,19	0,14	0,10	0,10	0,10
0631	Crato	Mauriti	0,05	0,10	0,11	0,51	0,28	0,17	0,32	0,18	0,15
0642	Crato	Mauriti	0,06	0,15	0,21	0,45	0,95	0,67	0,28	0,37	0,44
0648	Crato	R. Batateira	0,06	0,13	0,18	0,39	0,36	0,38	0,26	0,23	0,29
0662	Crato	R. Batateira	0,18	0,05	0,11	0,63	0,13	0,15	0,50	0,10	0,14
0664	Crato	R. Batateira	0,04	0,03	0,09	0,63	0,11	0,20	0,21	0,09	0,14
0668	Barbalha	Exu	0,02	0,03	0,02	0,11	0,13	0,02	0,05	0,07	0,02
0678	Crato	R. Batateira	0,02	0,11	0,25	0,72	0,20	0,50	0,29	0,15	0,44
0687	Crato	Santana	0,02	0,20	1,20	0,38	0,38	1,81	0,18	0,30	1,52
0689	Crato	R. Batateira	0,17	0,29	0,35	0,63	0,49	0,80	0,45	0,37	0,60
0708	Crato	Arajara	0,02	0,03	0,29	0,24	0,10	0,41	0,11	0,07	0,33
0720	Barbalha	R. Batateira	0,02	0,02	0,02	0,09	0,10	0,05	0,07	0,05	0,04
0723	Barbalha	R. Batateira	0,15	0,07	0,14	0,91	0,12	0,31	0,52	0,09	0,22
0737	J. do Norte	R. Batateira	3,54	0,42	0,34	12,78	0,59	0,60	6,41	0,47	0,51
0738	J. do Norte	R. Batateira	3,43	0,40	0,37	14,00	0,69	0,65	6,42	0,54	0,49
0745	Crato	R. Batateira	0,03	0,03	0,09	0,56	0,22	0,18	0,18	0,08	0,12
0751	Crato	Mauriti	0,08	0,05	0,05	0,63	0,14	0,11	0,37	0,11	0,09
0773	J. do Norte	Cristalino	2,15	0,10	0,65	7,35	1,31	1,15	3,72	0,74	0,91
0775	J. do Norte	M. Velha	0,13	0,04	0,19	0,74	0,14	0,39	0,33	0,10	0,35
0782	J. do Norte	R. Batateira	0,05	0,03	0,12	0,68	0,26	0,25	0,22	0,10	0,19
0798	J. do Norte	Mauriti	0,18	0,06	0,09	0,57	0,25	0,14	0,40	0,13	0,12
0808	Crato	R. Batateira	0,10	0,03	0,08	0,35	0,18	0,19	0,19	0,10	0,14
0821	Crato	R. Batateira	0,97	0,07	0,16	3,85	0,39	0,30	2,38	0,25	0,25
0833	Crato	M. Velha	0,07	0,08	0,05	0,90	0,22	0,12	0,48	0,14	0,10
0834	J. do Norte	Mauriti	0,33	0,71	0,81	0,88	1,46	0,96	0,56	1,00	0,88
1442	Crato	Exú	0,02	0,02	0,01	0,04	0,05	0,02	0,03	0,02	0,02
F-30	Crato	Arajara	0,02	0,01	0,01	0,70	0,06	0,01	0,21	0,02	0,01
F-52A	Barbalha	Arajara	0,01	0,05	0,01	0,02	0,08	0,01	0,01	0,06	0,01
F-52B	Barbalha	Arajara	0,01	0,02	0,01	0,08	0,08	0,02	0,03	0,04	0,02

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Tabela 5.90 - IRQ_{mín.}, IRQ_{máx.} e IRQ_{méd.} para os pontos monitorados na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Litotipo Associado	IRQ _{mín.}	IRQ _{máx.}	IRQ _{méd.}
0007	J. do Norte	R. Batateira	0,07	0,36	0,17
0009	J. do Norte	R. Batateira	0,06	0,27	0,12
0013	J. do Norte	R. Batateira	0,50	1,31	0,80
0014	J. do Norte	R. Batateira	0,12	0,29	0,20
0015	J. do Norte	R. Batateira	0,08	0,39	0,17
0017	J. do Norte	R. Batateira	0,02	0,15	0,08
0018	J. do Norte	R. Batateira	0,03	0,22	0,10
0031	Crato	R. Batateira	0,17	0,45	0,34
0033	Crato	R. Batateira	0,11	0,27	0,18
0037	Crato	R. Batateira	0,68	1,10	0,86
0041	Crato	R. Batateira	0,08	0,37	0,22
0046	Crato	R. Batateira	0,04	0,14	0,10
0051	Barbalha	R. Batateira	0,09	0,39	0,18
0056	Crato	R. Batateira	0,06	0,16	0,11
0059	J. do Norte	R. Batateira	0,02	0,13	0,07
0073	J. do Norte	R. Batateira	0,06	0,20	0,13
0144	Barbalha	R. Batateira	0,04	0,16	0,11
0168	Barbalha	R. Batateira	0,02	0,13	0,07
0210	J. do Norte	R. Batateira	0,07	0,32	0,19
0242	Crato	R. Batateira	0,16	0,46	0,36
0297	Barbalha	R. Batateira	0,05	0,37	0,13
0425	Barbalha	R. Batateira	0,07	0,24	0,16
0472	Barbalha	R. Batateira	0,07	0,26	0,14
0481	Barbalha	R. Batateira	0,03	0,09	0,07
0485	Barbalha	R. Batateira	0,10	0,40	0,28
0488	Barbalha	R. Batateira	0,21	0,21	0,21
0516	J. do Norte	R. Batateira	0,67	2,71	1,35
0561	Crato	R. Batateira	0,06	0,13	0,10
0562	Crato	Mauriti	0,06	0,23	0,16
0565	Crato	M. Velha	0,50	0,71	0,63
0616	Barbalha	R. Batateira	0,06	0,38	0,19
0618	Crato	R. Batateira	0,05	0,16	0,10
0631	Crato	Mauriti	0,09	0,32	0,22
0642	Crato	Mauriti	0,14	0,69	0,36
0648	Crato	R. Batateira	0,12	0,38	0,26
0662	Crato	R. Batateira	0,11	0,30	0,25
0664	Crato	R. Batateira	0,05	0,31	0,15
0668	Barbalha	Exu	0,02	0,09	0,05
0678	Crato	R. Batateira	0,13	0,47	0,29
0687	Crato	Santana	0,47	0,86	0,67
0689	Crato	R. Batateira	0,27	0,64	0,47
0708	Crato	Arajara	0,11	0,25	0,17
0720	Barbalha	R. Batateira	0,02	0,08	0,05
0723	Barbalha	R. Batateira	0,12	0,45	0,28
0737	J. do Norte	R. Batateira	1,43	4,66	2,46
0738	J. do Norte	R. Batateira	1,40	5,11	2,48
0745	Crato	R. Batateira	0,05	0,32	0,13
0751	Crato	Mauriti	0,06	0,29	0,19
0773	J. do Norte	Cristalino	0,97	3,27	1,79
0775	J. do Norte	M. Velha	0,12	0,42	0,26
0782	J. do Norte	R. Batateira	0,07	0,40	0,17
0798	J. do Norte	Mauriti	0,11	0,32	0,22
0808	Crato	R. Batateira	0,07	0,24	0,14
0821	Crato	R. Batateira	0,40	1,51	0,96
0833	Crato	M. Velha	0,07	0,41	0,24
0834	J. do Norte	Mauriti	0,62	1,10	0,81
1442	Crato	Exú	0,02	0,04	0,02
F-30	Crato	Arajara	0,01	0,26	0,08
F-52A	Barbalha	Arajara	0,02	0,04	0,03
F-52B	Barbalha	Arajara	0,01	0,06	0,03

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Posto isto, cabe ressaltar que o parâmetro aqui proposto para representar a qualidade das águas subterrâneas para consumo humano, definido como o Índice Relativo de Qualidade (**IRQ**), considera os valores mínimos, máximos e médios obtidos para cada ponto (TAB. 5.90) e deve ser interpretado de acordo com o apresentado na TAB. 5.91.

Tabela 5.91 - Variação do Índice Relativo de Qualidade (**IRQ**) para a caracterização da qualidade das águas subterrâneas para consumo humano

Variação do IRQ	Qualidade para Consumo	Caracterização Geral
$0,0 < \text{IRQ} \leq 0,3$	Excelente	Águas subterrâneas sem qualquer indicativo de perda de qualidade por parte de qualquer dos parâmetros considerados. Neste caso, sem recomendação de tratamento prévio, mas com indicação de monitoramento periódico.
$0,3 < \text{IRQ} \leq 0,6$	Boa	Águas subterrâneas sem problemas de perda de qualidade, mas podendo apresentar um indicativo disso em função dos valores medidos estarem se aproximando do valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Neste caso, sem recomendação de tratamento prévio para utilização, mas chama-se a atenção para a necessidade de se manter um monitoramento constante.
$0,6 < \text{IRQ} \leq 0,9$	Razoável	Águas subterrâneas, em princípio, sem problemas sérios mas com forte indicativo de perda de qualidade, dados os valores medidos estarem muito próximos do valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Neste caso, comumente um dos parâmetros pode se apresentar com valor medido pouco acima do máximo permitido. Caso isto ocorra, recomenda-se o tratamento prévio para utilização. Caso isto não ocorra, chama-se a atenção para a necessidade de se manter o monitoramento constante.
$0,9 < \text{IRQ} \leq 1,2$	Ruim	Águas subterrâneas com qualidade comprometida (perda de qualidade) em função de um ou mais parâmetros analisados. Neste caso, constata-se que os valores medidos comumente são pouco superiores ao valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Dessa maneira, recomenda-se o tratamento prévio para utilização e a continuação do monitoramento constante.
$\text{IRQ} > 1,2$	Péssima	Águas subterrâneas com qualidade comprometida (perda de qualidade) em função de um ou mais parâmetros analisados. Neste caso, constata-se que os valores medidos comumente são muito superiores ao valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Dessa maneira, recomenda-se o tratamento prévio para utilização e a continuação do monitoramento constante.

Nota: parâmetros avaliados: NO_3^- (VMP = 10 mg/L); Cl^- (VMP = 250 mg/L); STD (VMP = 1.000 mg/L). VMP (Valor Máximo Permitido) segundo a Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/2004.

Entretanto, visando hierarquizar o potencial de qualidade das águas subterrâneas na área do graben, adotam-se apenas os valores de $\text{IRQ}_{\text{méd.}}$, obtidos em função dos valores de $\text{IRQ}_{\text{NO}_3\text{méd.}}$, $\text{IRQ}_{\text{Clméd.}}$ e $\text{IRQ}_{\text{STDMéd.}}$ (Eq. 5.17 – item 5.1.2.2.4).

Para tanto, considera-se a apresentação dos valores de $\text{IRQ}_{\text{méd.}}$ em ordem crescente, conforme mostra a TAB. 5.92. Por esta tabela, percebe-se que a seqüência de apresentação dos pontos foi reorientada de acordo com os valores $\text{IRQ}_{\text{méd.}}$, representando o decaimento da qualidade média das águas subterrâneas na área do **G CJ**.

Tabela 5.92 - Hierarquização dos valores médios do Índice Relativo de Qualidade (IRQ_{méd.}) qualidade das águas subterrâneas para consumo humano na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Litotipo Associado	IRQ _{NO3} méd.	IRQ _{Cl} méd.	IRQ _{STD} méd.	IRQ _{méd.}	Qualidade para consumo
1442	Crato	Exu	0,03	0,02	0,02	0,02	Excelente
F-52A	Barbalha	Arajara	0,01	0,06	0,01	0,03	Excelente
F-52B	Barbalha	Arajara	0,03	0,04	0,02	0,03	Excelente
0668	Barbalha	Exu	0,05	0,07	0,02	0,05	Excelente
0720	Barbalha	R. Batateira	0,07	0,05	0,04	0,05	Excelente
0481	Barbalha	R. Batateira	0,06	0,08	0,06	0,07	Excelente
0059	J. do Norte	R. Batateira	0,09	0,06	0,07	0,07	Excelente
0168	Barbalha	R. Batateira	0,11	0,07	0,04	0,07	Excelente
0017	J. do Norte	R. Batateira	0,14	0,05	0,04	0,08	Excelente
F-30	Crato	Arajara	0,21	0,02	0,01	0,08	Excelente
0018	J. do Norte	R. Batateira	0,17	0,04	0,08	0,10	Excelente
0561	Crato	R. Batateira	0,11	0,07	0,12	0,10	Excelente
0618	Crato	R. Batateira	0,10	0,10	0,10	0,10	Excelente
0046	Crato	R. Batateira	0,12	0,08	0,11	0,10	Excelente
0056	Crato	R. Batateira	0,14	0,09	0,09	0,11	Excelente
0144	Barbalha	R. Batateira	0,21	0,05	0,06	0,11	Excelente
0009	J. do Norte	R. Batateira	0,20	0,07	0,09	0,12	Excelente
0073	J. do Norte	R. Batateira	0,25	0,08	0,05	0,13	Excelente
0745	Crato	R. Batateira	0,18	0,08	0,12	0,13	Excelente
0297	Barbalha	R. Batateira	0,28	0,06	0,06	0,13	Excelente
0472	Barbalha	R. Batateira	0,22	0,08	0,12	0,14	Excelente
0808	Crato	R. Batateira	0,19	0,10	0,14	0,14	Excelente
0664	Crato	R. Batateira	0,21	0,09	0,14	0,15	Excelente
0425	Barbalha	R. Batateira	0,24	0,11	0,12	0,16	Excelente
0562	Crato	Mauriti	0,30	0,08	0,11	0,16	Excelente
0007	J. do Norte	R. Batateira	0,31	0,06	0,14	0,17	Excelente
0708	Crato	Arajara	0,11	0,07	0,33	0,17	Excelente
0782	J. do Norte	R. Batateira	0,22	0,10	0,19	0,17	Excelente
0015	J. do Norte	R. Batateira	0,19	0,05	0,28	0,17	Excelente
0033	Crato	R. Batateira	0,32	0,12	0,11	0,18	Excelente
0051	Barbalha	R. Batateira	0,23	0,13	0,19	0,18	Excelente
0210	J. do Norte	R. Batateira	0,38	0,10	0,08	0,19	Excelente
0616	Barbalha	R. Batateira	0,36	0,13	0,07	0,19	Excelente
0751	Crato	Mauriti	0,37	0,11	0,09	0,19	Excelente
0014	J. do Norte	R. Batateira	0,15	0,07	0,38	0,20	Excelente
0488	Barbalha	R. Batateira	0,49	0,08	0,06	0,21	Excelente
0631	Crato	Mauriti	0,32	0,18	0,15	0,22	Excelente
0798	J. do Norte	Mauriti	0,40	0,13	0,12	0,22	Excelente
0041	Crato	R. Batateira	0,42	0,09	0,15	0,22	Excelente
0833	Crato	M. Velha	0,48	0,14	0,10	0,24	Excelente
0662	Crato	R. Batateira	0,50	0,10	0,14	0,25	Excelente
0648	Crato	R. Batateira	0,26	0,23	0,29	0,26	Excelente
0775	J. do Norte	M. Velha	0,33	0,10	0,35	0,26	Excelente
0723	Barbalha	R. Batateira	0,52	0,09	0,22	0,28	Excelente
0485	Barbalha	R. Batateira	0,76	0,06	0,09	0,28	Excelente
0678	Crato	R. Batateira	0,29	0,15	0,44	0,29	Excelente
0031	Crato	R. Batateira	0,78	0,12	0,16	0,34	Boa
0242	Crato	R. Batateira	0,78	0,13	0,20	0,36	Boa
0642	Crato	Mauriti	0,28	0,37	0,44	0,36	Boa
0689	Crato	R. Batateira	0,45	0,37	0,60	0,47	Boa
0565	Crato	M. Velha	1,00	0,23	0,19	0,63	Razoável
0687	Crato	Santana	0,18	0,30	1,52	0,67	Razoável
0013	J. do Norte	R. Batateira	1,38	0,16	0,23	0,80	Razoável
0834	J. do Norte	Mauriti	0,56	1,00	0,88	0,81	Razoável
0037	Crato	R. Batateira	1,82	0,23	0,25	0,86	Razoável
0821	Crato	R. Batateira	2,38	0,25	0,25	0,96	Ruim
0516	J. do Norte	R. Batateira	3,49	0,23	0,33	1,35	Péssima
0773	J. do Norte	Cristalino	3,72	0,74	0,91	1,79	Péssima
0737	J. do Norte	R. Batateira	6,41	0,47	0,51	2,46	Péssima
0738	J. do Norte	R. Batateira	6,42	0,54	0,49	2,48	Péssima

Fonte: compilação de dados de GOLDER/PIVOT (2005b).

Sendo assim, a hierarquização do potencial de qualidade revela que pontos monitorados apresentam-se com características hidroquímicas bastante distintas. Em função destas características, reconhece-se que os principais tipos de problemas relacionados à falta de qualidade das águas subterrâneas sejam a poluição e a contaminação natural. Estes problemas têm causas diversas, mas afetam poucos pontos na área do Graben Crato-Juazeiro, conforme apresentado na TAB. 5.92 e demonstrado na TAB. 5.93.

Tabela 5.93 - Principais problemas associados à falta de qualidade das águas subterrâneas, reconhecidos nos pontos monitorados na área do **GCJ**

Tipo de Problema	Causas Relacionadas / Parâmetros Indicadores	Pontos Comprometidos
Poluição	Proteção inadequada de aquíferos vulneráveis contra resíduos gerados a partir de atividades urbanas, industriais e rurais (<i>e.g.</i> lixões, cemitérios, esgoto doméstico e industrial, aplicação de fertilizantes, criação de rebanhos), o que permite o ingresso direto de poluentes por meio de águas superficiais ou águas subterrâneas rasas. Na área do GCJ, estas causas são identificadas em pontos localizados nas zonas urbana, peri-urbana e rural dos municípios de Crato e Juazeiro do Norte. Neste caso, os parâmetros indicadores são NO_3^- e/ou Cl^- .	0013; 0037; 0516; 0565, 0737; 0738; 0773; e, 0821
Contaminação Natural	Evolução química natural da água subterrânea pelo processo de dissolução e acumulação íons de minerais (pode ser agravada pela poluição antrópica ou pelo bombeamento excessivo). Na área do GCJ, estas causas são identificadas, em pontos que captam águas diretamente da Formação Santana, do embasamento cristalino ou de locais próximo ao contato com estas duas unidades. Neste caso, os parâmetros indicadores são Cl^- e STD, em conjugação com a geologia.	0687; 0773; e, 0834

Fonte: caracterização baseada em FOSTER *et al.* (2002).

5.2.2.3 - Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas

A área do Graben Crato-Juazeiro, envolvendo os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, tem como única fonte de abastecimento de água os recursos hídricos subterrâneos. O conhecimento da hidrogeologia local, em termos quantitativos, é portanto imprescindível para garantir a oferta de água para as necessidades atuais sem comprometer o abastecimento no futuro.

Assim, conforme apresentado no Capítulo 2 (item 2.4.2), a caracterização quantitativa das águas subterrâneas consiste em implementar um modelo hidrogeológico (conceitual e computacional) para a avaliação de cenários de utilização das águas subterrâneas, com base

nos dados disponíveis na literatura e também naqueles gerados a partir de outras atividades realizadas neste estudo.

Para tanto, foi concebido um modelo hidrogeológico conceitual, o qual foi implementado numericamente com a ajuda de um aplicativo computacional que permite a simulação do comportamento hidrodinâmico tridimensional no aquífero (*i.e.* aplicativo Visual-MODFLOW – GUIGUER & THOMAS, 1998). Posto isto, apresenta-se, a seguir, os procedimentos e resultados obtidos com a caracterização hidrogeológica da área do Graben Crato-Juazeiro.

5.2.2.3.1 - Modelo Hidrogeológico Conceitual

O modelo hidrogeológico conceitual consiste no resgate de informações pertinentes (*e.g.* geologia, hidrografia, climatologia, hidrogeologia), que servirão como parâmetros de entrada para a implementação do modelo hidrogeológico computacional. Em linhas gerais, esta descrição define o domínio de interesse para o modelamento computacional e apresenta os elementos condicionantes para a implementação deste modelo (*e.g.* condições de contorno, unidades hidroestratigráficas e parâmetros hidrodinâmicos).

Domínio de Interesse

Conforme já discutido no item 5.2.2, a área de interesse para a avaliação hidrogeológica em questão consiste no Graben Crato-Juazeiro. O referido graben constitui-se em uma unidade morfotectônica, limitada por falhas de grande expressão, sendo que, em sua porção interior, ocorrem falhas menores que compartimentam todo o seu domínio, dando uma conformação de estruturas em “dominó”.

Contudo, para uma avaliação hidrogeológica é preciso definir fronteiras mais representativas, embasadas nos contornos hidrográficos da região ou em outras estruturas reconhecidas, que permitam definir todo o domínio de contribuição hidrogeológica. Assim, conforme estabelecido por KIMURA (2003), este domínio é definido pelos seguintes contornos: a norte, pelas rochas cristalinas aflorantes; a leste, pelo rio Salamanca; a sul, pela falha de Jardim, e a oeste, pela projeção da área de contribuição hídrica da Chapada do Araripe para o graben Crato-Juazeiro (Figura 5.63).

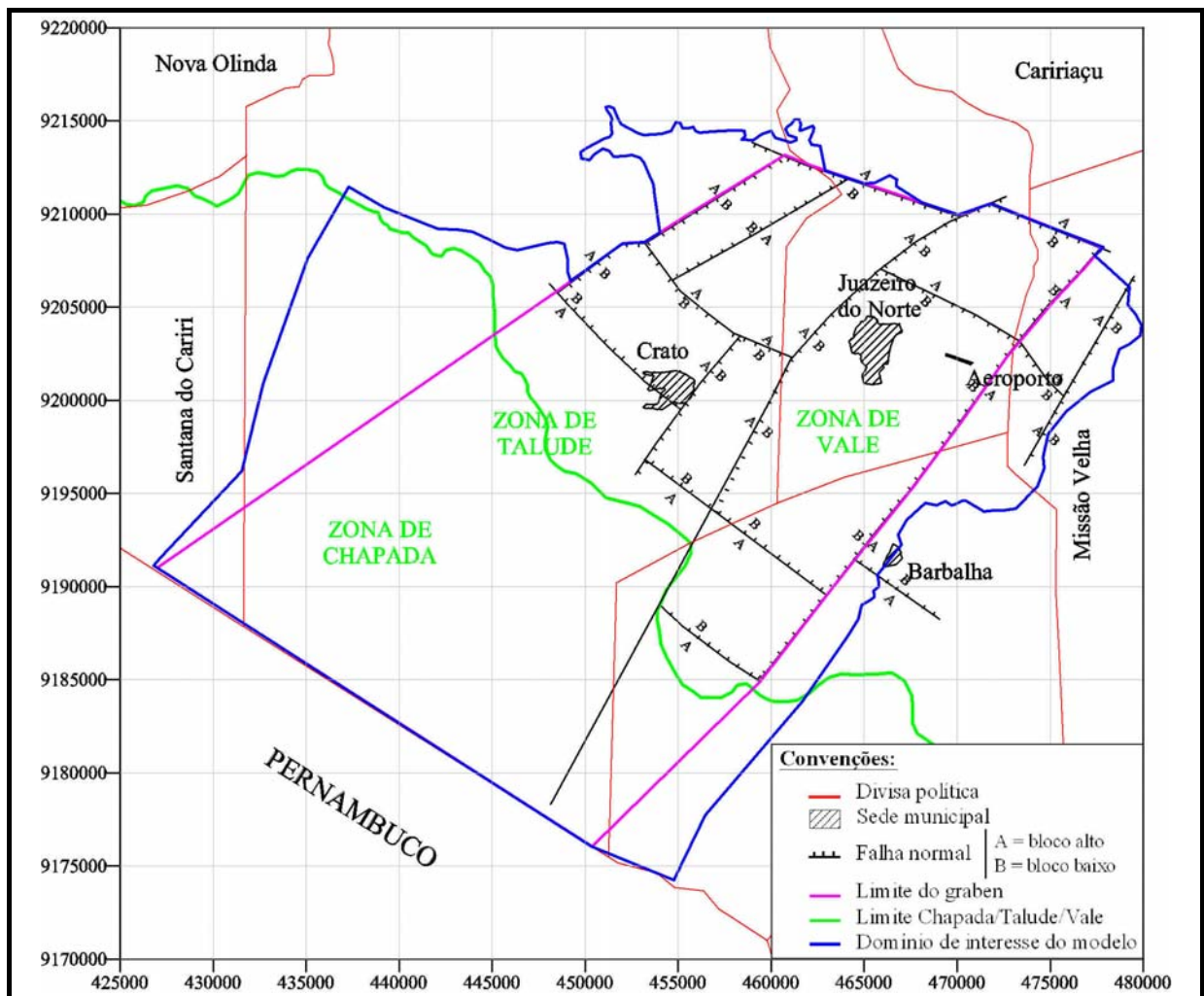


Figura 5.63 - Domínio de interesse para a implementação do modelo hidrogeológico computacional da área do Graben Crato Juazeiro.

Fonte: adaptado de KIMURA (2003).

Elementos condicionantes

Os elementos condicionantes constituem-se nos principais aspectos relacionados à temas essenciais para a definição do modelo hidrogeológico conceitual. Sendo assim, com base na caracterização do meio físico da área do Graben Crato-Juazeiro (Capítulo 4 – item 4.2.1), são apresentados os principais elementos para a concepção do modelo hidrogeológico.

Em termos geológicos, foi adotada a coluna estratigráfica proposta por PONTE & APPI (1990) e o mapa de superfície de DNPM (1996), que mostra a distribuição das unidades estratigráficas na Zona de Chapada e na Zona do Vale do Cariri, nos limites da área do G.C.J.

Na Zona de Chapada, a seqüência do pacote sedimentar é composta, da base para o topo, pelas seguintes unidades: Embasamento Cristalino; Formação Mauriti; Formação Brejo Santo;

Formação Missão Velha; Formação Abaiara; Formação Rio da Batateira; Formação Santana; Formação Arajara; e, Formação Exu. Na Zona do Vale do Cariri, estão presentes apenas as formações correlatas e mais antigas do que a Rio da Batateira, formação esta que aflora na maior parte da área do **GCJ**.

Segundo **GOLDER/PIVOT (2005b)**, o pacote sedimentar na Zona do Vale do Cariri encontra-se compartimentado em blocos estruturais definidos por 10 falhas principais. Sendo assim, em subsuperfície, as formações estariam distribuídas em ordem de deposição normal e com espessura média proporcional àquela existente Zona de Chapada, porém com valores absolutos diferenciados de forma a preencher todo o arcabouço estrutural compartimentado, situado entre o embasamento cristalino e as formações aflorantes no vale.

Em termos hidrogeológicos, constata-se que, de modo geral, as formações Exu, Arajara, Rio da Batateira, Abaiara, Missão Velha e Mauriti comportam-se como unidades aquíferas (*e.g.* DNPM, 1996), enquanto as formações Santana e Brejo Santo se comportam predominantemente como aquíferos (*e.g.* KIMURA, 2003). Assim, a divisão hidrogeológica da bacia é feita da seguinte maneira:

- Sistema Aquífero Superior (formações Exu e Arajara): ± 320 m de espessura;
- Aquífero Santana: ± 180 m de espessura;
- Sistema Aquífero Médio (formações Rio da Batateira, Abaiara e Missão Velha): ± 500 m de espessura;
- Aquífero Brejo Santo: ± 400 m de espessura; e,
- Sistema Aquífero Inferior (Formação Mauriti e parte basal da Formação Brejo Santo): ± 60 a 100 m de espessura.









Cabe ressaltar ainda que na região do Vale, ocorrem também os depósitos aluvionares, localizados ao longo da bacia do rio Salgado, com elevados valores de condutividade hidráulica, o que lhes confere um caráter aquífero, mesmo apresentando baixas espessuras. A exploração de água nesta unidade se faz de forma eficiente através de cacimbões. A TAB. 5.94 apresenta um resumo das principais características hidrogeológicas dos diferentes sistemas aquíferos existentes na sub-bacia do Cariri. Já a TAB. 5.95 apresenta os valores aproximados dos parâmetros hidrogeológicos para as unidades hidroestratigráficas que compõem estes sistemas.

Tabela 5.94 - Principais características dos sistemas aquíferos na área do **GCJ**

Parâmetro	Sistema Aquífero Superior	Sistema Aquífero Médio	Sistema Aquífero Inferior
Espessura média total (m)	320,0	500,0	100,0
Espessura saturada (m)	30,0 a 50,0	480,0	85,0
Coefficiente de transmissividade (m ² /s)	-	5,00×10 ⁻³	3,00×10 ⁻³
Coefficiente de permeabilidade (m/s)	-	5,00×10 ⁻⁵	4,00×10 ⁻⁶
Coefficiente de armazenamento	1,00×10 ⁻⁴	2,00×10 ⁻⁴	1,00×10 ⁻⁵
Área de recarga (km ²)	5.670,0	2.100,0	850,0
Precipitação pluvial (mm/ano)	900,0	970,0	900,0
Reserva permanente (m ³)	1,02×10 ¹⁰	8,37×10 ¹⁰	4,90×10 ⁹
Reserva reguladora (recarga) (m ³ /ano)	1,00×10 ⁸	1,12×10 ⁸	1,75×10 ⁷

Fonte: DNPM (1996).

Tabela 5.95 - Valores dos parâmetros hidrogeológicos adotados na literatura para as diversas formações da bacia sedimentar do Araripe.

Unidade	Conduz. Hidr. K (m/s)	Armaz. Espec. Ss (1/m)	Coef. Armaz. efetivo Sy	Porosidade efetiva	Porosidade total
 Exu	6,7×10 ⁻⁶ (5) a 3,0×10 ⁻⁵ (13)	1,0×10 ⁻⁷ (6)	0,12 a 0,43 (7) 0,01 (13) a 0,08 (2)	0,32 a 0,48 (7)	
 Arajara	1,7×10 ⁻⁶ (6) a 6,7×10 ⁻⁶ (5)	1,0×10 ⁻⁷ (6)	0,12 a 0,43 (7) 0,01 (3) a 0,08 (2)	0,32 a 0,48 (7)	
 Santana	1,0×10 ⁻¹⁰ (13) a 1,5×10 ⁻¹⁰ (6)	1,0×10 ⁻⁶ (6)	0,0 a 0,36 (7) 0,001 a 0,05 (4)	0,01 a 0,1 (7)	
 R. Batateira	4,17×10 ⁻⁶ a 6,9×10 ⁻⁶ (6)	1,0×10 ⁻⁷ (6) 2,0×10 ⁻⁴ (2) a 8,0×10 ⁻³ (3)	0,1 (2)	0,32 a 0,48 (7)	
 Abaiara	1,6×10 ⁻⁵ (13) a 5,0×10 ⁻⁵ (2)	1,0×10 ⁻⁷ (6) 2,0×10 ⁻⁴ (2) a 8,0×10 ⁻³ (13)	0,1 (2)	0,32 a 0,48 (7)	
 Missão Velha	1,6×10 ⁻⁵ (13) a 5,0×10 ⁻⁵ (2)	1,0×10 ⁻⁷ (6) 2,0×10 ⁻⁴ (2) a 8,0×10 ⁻³ (3)	0,1 (2)	0,32 a 0,48 (7)	
 Brejo Santo	1,0×10 ⁻¹¹ a 4,7×10 ⁻⁹ (7) 9,2×10 ⁻⁴ a 1,3×10 ⁻³ (7)		0,01 a 0,18 (7) 0,005 a 0,05 (4)	0,45 a 0,55 (7)	
 Mauriti	4,0×10 ⁻⁶ (2)		1,0×10 ⁻⁴ (2)	0,02 (2)	0,1 a 0,2 (7)

Fonte: (1)SUDENE (1967); (2)DNPM (1996); (3)IPLANCE (1997); (4)DOMENICO & SCHWARTZ (1997); (5)ANJOS (2000); (6)MENDONÇA (2001); (7)KIMURA (2003).

Em termos de recarga, admite-se que na Zona de Chapada ela ocorra pela infiltração direta de águas de chuva através da Formação Exu. Além disso, admite-se também que uma pequena parcela de água percola através da formação Santana (drenança), recarregando o Sistema Aquífero Médio (*e.g.* KIMURA, 2003). Já a perda de água por escoamento superficial no topo da Chapada é praticamente desprezível. No entanto, a maior parcela desta água que infiltra na chapada volta à superfície e escoo sob a forma de fontes ou exutórios naturais que se formam nos contatos entre as formações Exu/Arajara e Arajara/Santana (*e.g.* FERNANDES & LOUREIRO, 2004). Neste caso, a água das fontes, provenientes do Sistema Aquífero Superior, se subdivide em três parcelas principais: a primeira, que escoo superficialmente mas acaba retornando ao aquífero através de infiltração nos leitos de drenagem; a segunda, que escoo superficialmente alimentando os principais rios da região; e a terceira, que é captada por diversos usuários no Vale do Cariri.

Na Zona de Vale, a recarga dos sistemas aquíferos (Médio e Inferior) ocorre através dos seguintes componentes: 1) infiltração direta a partir das chuvas, e; 2) infiltração de parte das águas das fontes. Para o sistema Aquífero Médio, a descarga natural ocorre através do escoamento de base para o rio Salgado e seus afluentes e a descarga artificial ocorre principalmente através de poços tubulares, que fornecem a quase totalidade de água para consumo na região. Por sua vez, nos locais onde o Sistema Aquífero Inferior é aflorante (porções restritas ao norte da área do **GCJ**), sua recarga é realizada através de infiltração direta das águas pluviais. Nas demais localidades, este sistema é alimentado por drenança dos aquíferos subjacentes (*e.g.* KIMURA, 2003). A descarga natural deste sistema ocorre através do rio Carás e a descarga artificial através do bombeamento de poços tubulares.

Com base nestas características, KIMURA (*op. cit.*) fez o cômputo dos valores relativos de recarga e descarga, caracterizando o balanço para os sistemas aquíferos na área do **GCJ**, conforme apresentado na TAB. 5.96.

Tabela 5.96 - Balanço hídrico do sistema hidrogeológico do graben Crato-Juazeiro.

Sistema Aquífero	Recarga (m ³ /ano)		Descarga (m ³ /ano)	
Superior	precipitação	2,1 x 10 ⁷	Escoamento superficial	0
			Exutórios naturais	2,0 x 10 ⁷
			Drenança	2,0 x 10 ⁶
Total parcial		2,1 x 10⁷		2,2 x 10⁷
Médio	precipitação	5,3 x 10 ⁷	Bomb. de poços	4,0 x 10 ⁷
	Drenança	2,0 x 10 ⁶	Descarga natural	1,7 x 10 ⁷
	Infiltração das fontes	2,7 x 10 ⁶		
Total parcial		5,8 x 10⁷		5,7 x 10⁷
Inferior	precipitação	6,0 x 10 ⁶	Bomb. de poços	8,4 x 10 ⁵
			Descarga natural	5,2 x 10 ⁶
Total parcial		6,0 x 10⁶		6,0 x 10⁶
Total geral		8,5 x 10⁷		8,5 x 10⁷

Fonte: KIMURA (2003).

Por fim, cabe dizer que a descarga artificial do sistema considera os poços de bombeamento em operação, cujos dados foram extraídos do cadastramento realizado na área (*e.g.* GOLDBER/PIVOT, 2005b). As vazões correspondentes referem-se à média diária, admitindo-se um regime de operação de 20 horas/dia para poços públicos e 2 horas/dia para poços privados.

5.2.2.3.2 - Modelo Hidrogeológico Computacional

O modelo hidrogeológico computacional reflete uma representação das condições reais caracterizadas no modelo conceitual. Sendo assim, para a validação desse modelo faz-se necessária uma etapa de calibração, a qual será apresentada sem considerar a operação dos poços de bombeamento.

Com base nesta calibração, os resultados gerados serão usados para caracterizar o fluxo hidrodinâmico, os rebaixamentos existentes e o potencial hídrico subterrâneo total da área do **GCJ**. Além disso, será apresentada uma descrição das reservas hídricas subterrâneas, caracterizando o potencial de produção atual e futura, bem como hierarquizando, quantitativamente, o potencial de produção ainda disponível para exploração.

Calibração do Modelo

Neste estudo, o modelo hidrogeológico computacional da área do **GCJ** foi desenvolvido considerando um regime de fluxo permanente, representando uma condição estacionária do sistema. Conseqüentemente, os resultados obtidos com a simulação do escoamento das águas refletem uma média de vazões durante o ano hidrológico.

Em regime permanente, os principais parâmetros que afetam a distribuição espacial das cargas hidráulicas são a condutividade hidráulica e a recarga. Os valores da condutividade hidráulica foram obtidos da literatura ou estimados a partir das características minerais e estruturais das unidades litoestratigráficas.

Já os valores de recarga foram atribuídos segundo as faixas de variação dos valores encontrados na literatura. Dessa maneira, o processo de calibração do modelo consistiu em ajustar os parâmetros de entrada (*i.e.* condutividade hidráulica e recarga) de modo a minimizar a diferença entre os valores calculados de níveis freáticos e os valores nos pontos de monitoramento hidrogeológico, traduzidos neste modelo pelos pontos de observação.

No total, foram escolhidos 109 pontos para a calibração. Desse montante, 77 pontos foram selecionados a partir do cadastramento de poços realizado na região, e seu critério de seleção foi a existência do perfil construtivo e litológico do poço, o que garante um maior grau de confiabilidade dos dados, e/ou de informações sobre o nível d'água. Além disso, também foram inseridos 13 pontos ao longo dos principais cursos d'água e 19 nascentes como pontos de calibração. A Figura 5.64 apresenta a distribuição dos pontos de observação utilizados.

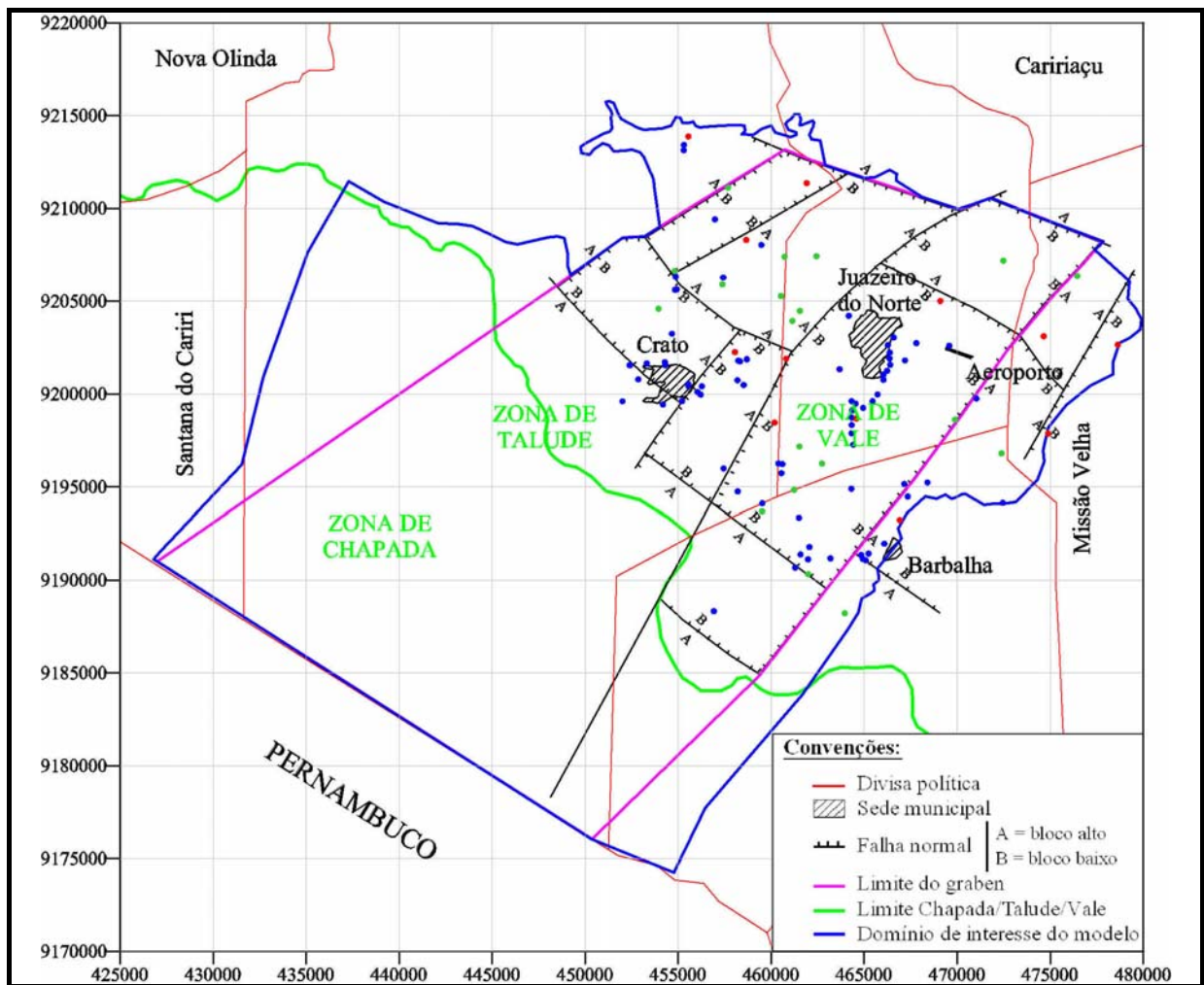


Figura 5.64 - Distribuição dos pontos de observação do nível d'água na área do **GCJ**.
Simbologia: Pontos de observação do NA (● Poço; ● Nascente; ● Leito de cursos d'água).
 Fonte: adaptado de KIMURA (2003).

Dessa maneira, durante a execução do procedimento de calibração do modelo regional, optou-se por manter os valores de recarga fixos, haja vista o pequeno volume de informações sobre o conhecimento do balanço hídrico da região. Em contraposição, foi tomada a decisão de dar prioridade aos valores de condutividade hidráulica, variando K , dentro dos limites apresentados, até se obter o melhor ajuste entre os valores simulados de carga hidráulica e aqueles observados nos pontos de observação.

O melhor ajuste encontrado foi obtido atribuindo os valores de condutividade hidráulica apresentados na TAB. 5.97. Para tais valores, o resultado de calibração do modelo mostrou que o melhor ajuste encontrado apresenta um erro médio da ordem de -11,4 m (Figura 5.65).

Tabela 5.97 - Valores de condutividade hidráulica utilizados para a calibração do modelo

Formação	Condutividade hidráulica (m/s)
Aluvião	$1,0 \times 10^{-4}$
Rio da Batateira	$5,0 \times 10^{-6}$
Abaiara	$1,0 \times 10^{-5}$
Missão Velha	$1,0 \times 10^{-5}$
Brejo Santo	$1,0 \times 10^{-10}$
Mauriti	$4,0 \times 10^{-6}$

Fonte: KIMURA (2003).

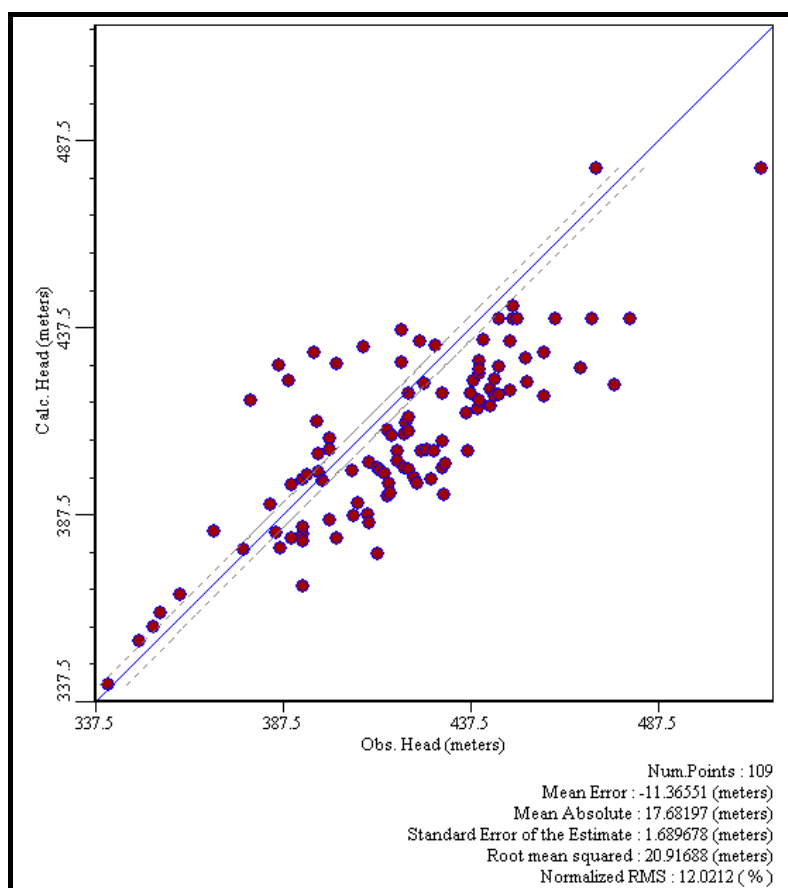


Figura 5.65 - Resultados da calibração do modelo implementado para a área do **GCJ**.

Fonte: modificado de KIMURA (2003).

Caracterização Hidrogeológica da área do **GCJ**

A caracterização hidrogeológica consiste na descrição do fluxo hidrodinâmico, dos rebaixamentos existentes e do potencial hídrico subterrâneo da área do **GCJ**, incluindo o computo das reservas renováveis, das vazões exploradas pelos poços e do potencial hídrico ainda disponível para exploração nos sistemas aquíferos considerados (*i.e.* Sistema Aquífero Médio e Superior), todas estas informações estão representadas no mapa DE-A04-02 (ANEXO IV). Posto isto, em um primeiro momento, o modelo foi simulado sem a presença

dos poços de bombeamento existentes na área, a fim de verificar o comportamento natural do aquífero. Neste caso, os resultados mostram que a Zona de Chapada funciona como zona de recarga para o Sistema Aquífero Médio e que as direções de fluxo das águas subterrâneas na Zona do Vale do Cariri são orientadas preferencialmente de S/SW para N/NE, tendo como descarga o rio Salgado e seus principais afluentes. A Figura 5.66 mostra as linhas equipotenciais e vetores direcionais de fluxo para este cenário.

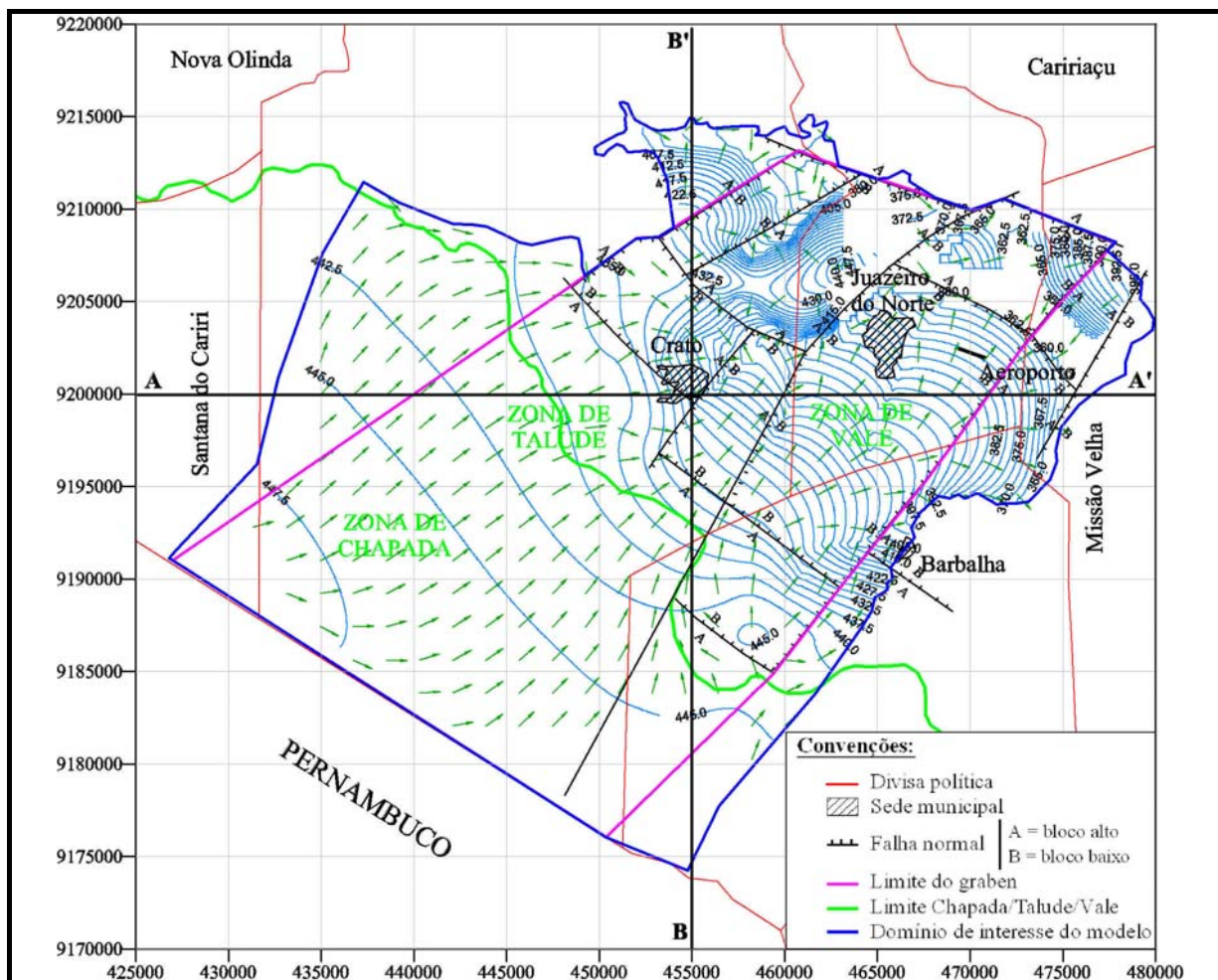


Figura 5.66 - Linhas equipotenciais e vetores direcionais de fluxo calculados pelo modelo para a área do **GCJ**. *Simbologia:* — 2,5 — Linhas equipotenciais (intervalos a cada 2,5 metros) → Vetores direcionais de fluxo.

Fonte: modificado de KIMURA (2003).

Pela figura acima, nota-se que a influência da rede drenagem superficial no escoamento das águas subterrâneas passa a ser percebida apenas na zona de vale, como demonstra as direções dos vetores de fluxo e as inflexões das linhas equipotenciais (Figura 5.66). De uma maneira geral, o escoamento se dá a partir das zonas de cotas mais elevadas para as zonas de cotas mais baixas, representadas pelos principais leitos de drenagem da região. Neste sentido, as linhas equipotenciais permitem quantificar um gradiente hidráulico de 0,12 % na Zona de

Chapada, de cerca de 0,31 % na Zona de Talude e de 0,43 % na Zona de Vale. A Figura 5.67 apresenta dois perfis regionais que cortam este domínio, segundo as direções WE e SN apresentadas na Figura 5.66.

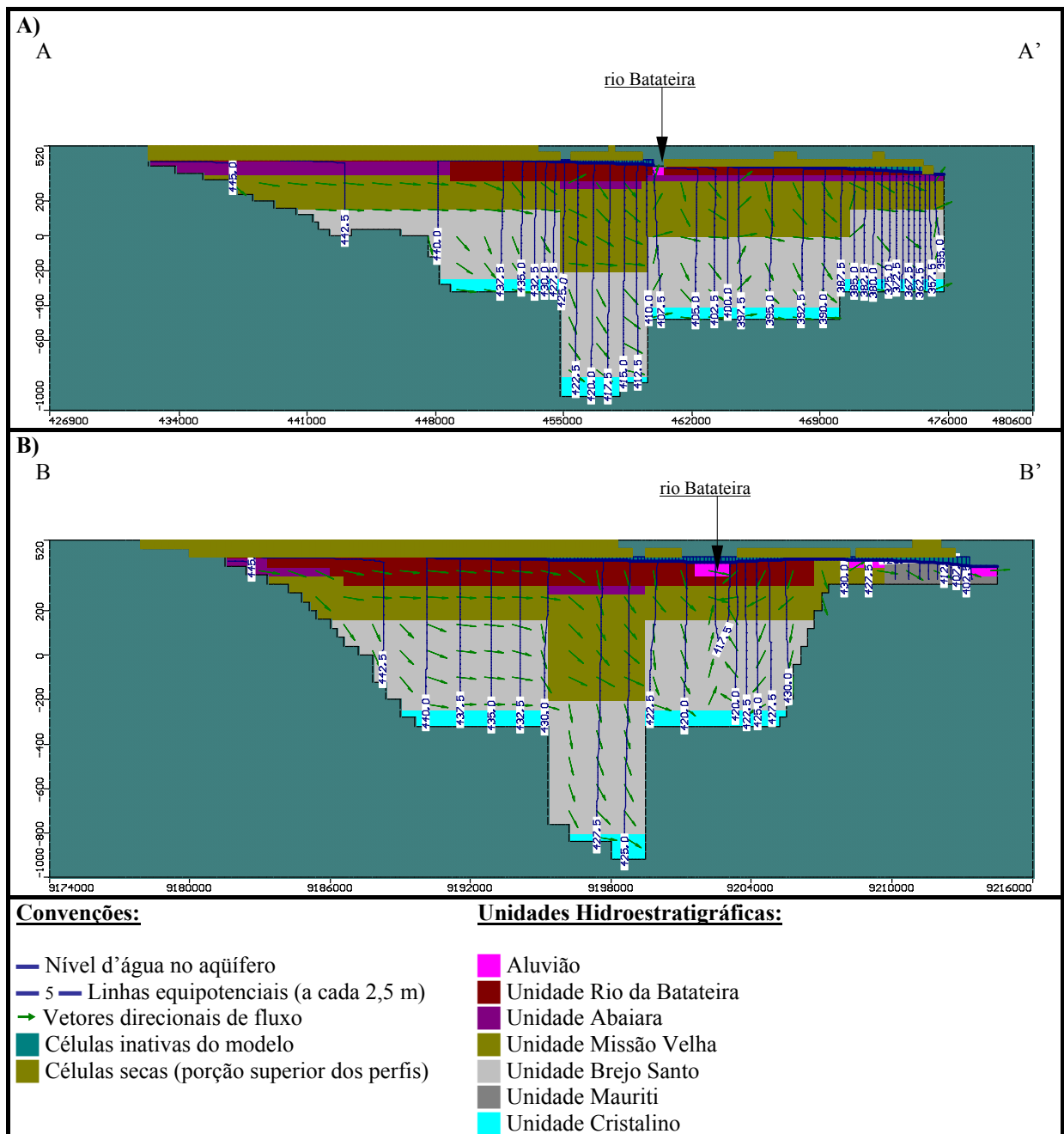


Figura 5.67 - Linhas equipotenciais e vetores direcionais de fluxo das águas subterrâneas na área do **GCJ**. **A)** Perfil AA' de direção WE e passando pela coordenada UTM-N 9.200.000; **B)** Perfil BB' de direção SN e passando pela coordenada UTM-E 455.000. Exagero vertical de 10 vezes e localização dos perfis na Figura 5.68.

Fonte: modificado de KIMURA (2003).

O perfil AA' (Figura 5.67A) e o perfil BB' (Figura 5.67B) mostram que as águas subterrâneas circulam, preferencialmente, em níveis mais profundos do sistema aquífero, recarregando as

unidades inferiores. Neste sentido, percebe-se que o gradiente hidráulico se torna mais elevado nas porções próximas às zonas de falha, indicando que tais porções acabam funcionando como grandes condutores de água para os níveis mais profundos do sistema, e vice-versa, pois permitem a drenança entre as unidades aquíferas. A circulação em níveis superiores ocorre apenas localmente, próximo às zonas de descarga do sistema (aluviões). Além disso, cabe destacar a influência exercida pelos poços de bombeamento (333 poços), alterando significativamente as direções de fluxo. Para esta avaliação foi tomado como base o cenário simulado anteriormente, inserindo-se os poços em operação na área do **GCJ** (Figura 5.68).

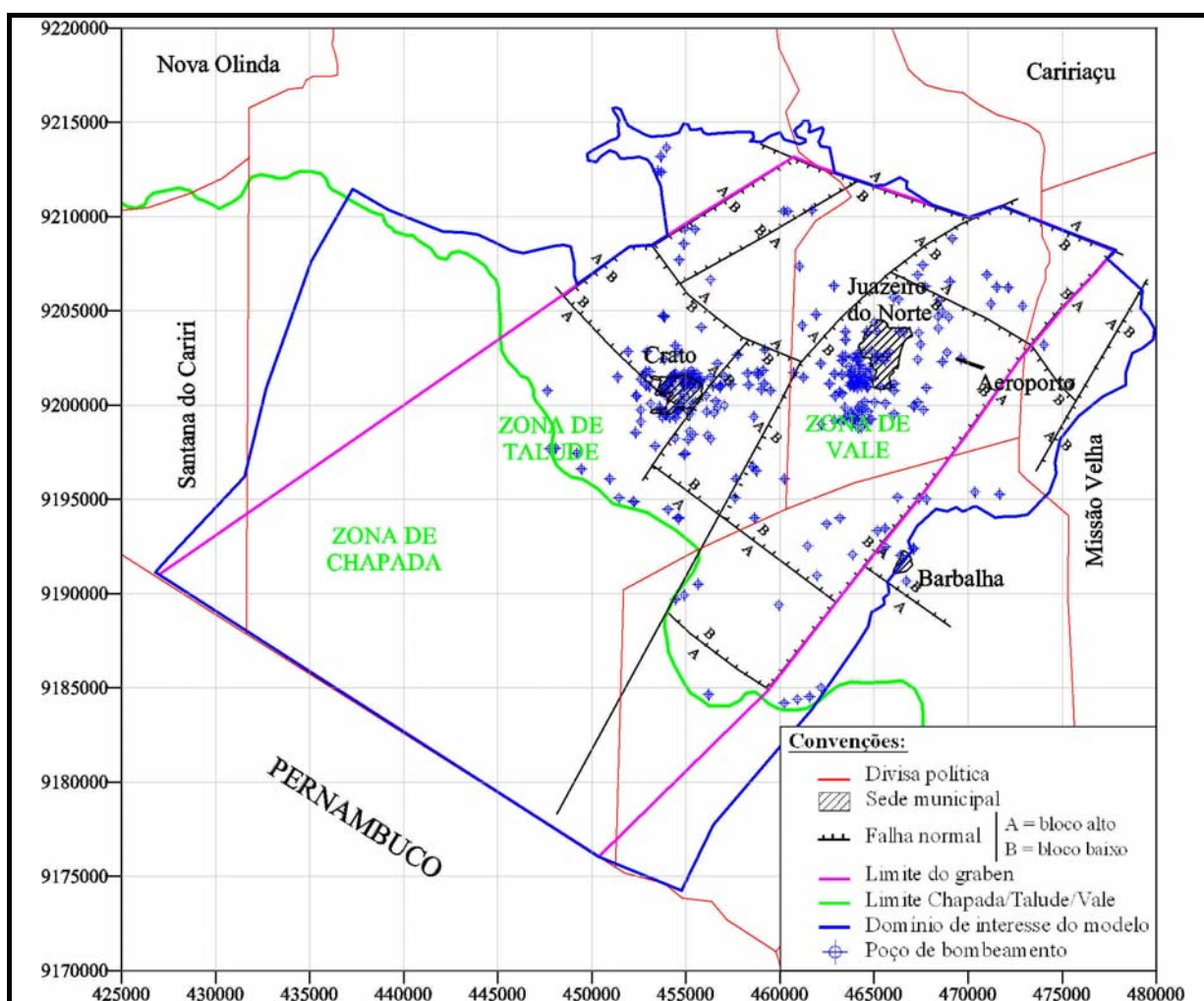


Figura 5.68 - Distribuição dos poços de bombeamento em operação na área do **GCJ**.
Fonte: modificado de KIMURA (2003).

Neste caso, constata-se que os rebaixamentos provocados pela operação destes poços têm bastante abrangência na área do **GCJ**, atingindo na zona urbana e peri-urbana dos municípios de Crato e Juazeiro do Norte, onde há a maior concentração de poços, um nível de

rebaixamento de até 15 m. Para ilustrar esta influência, apresenta-se na Figura 5.69 a distribuição dos rebaixamentos calculados pelo modelo.

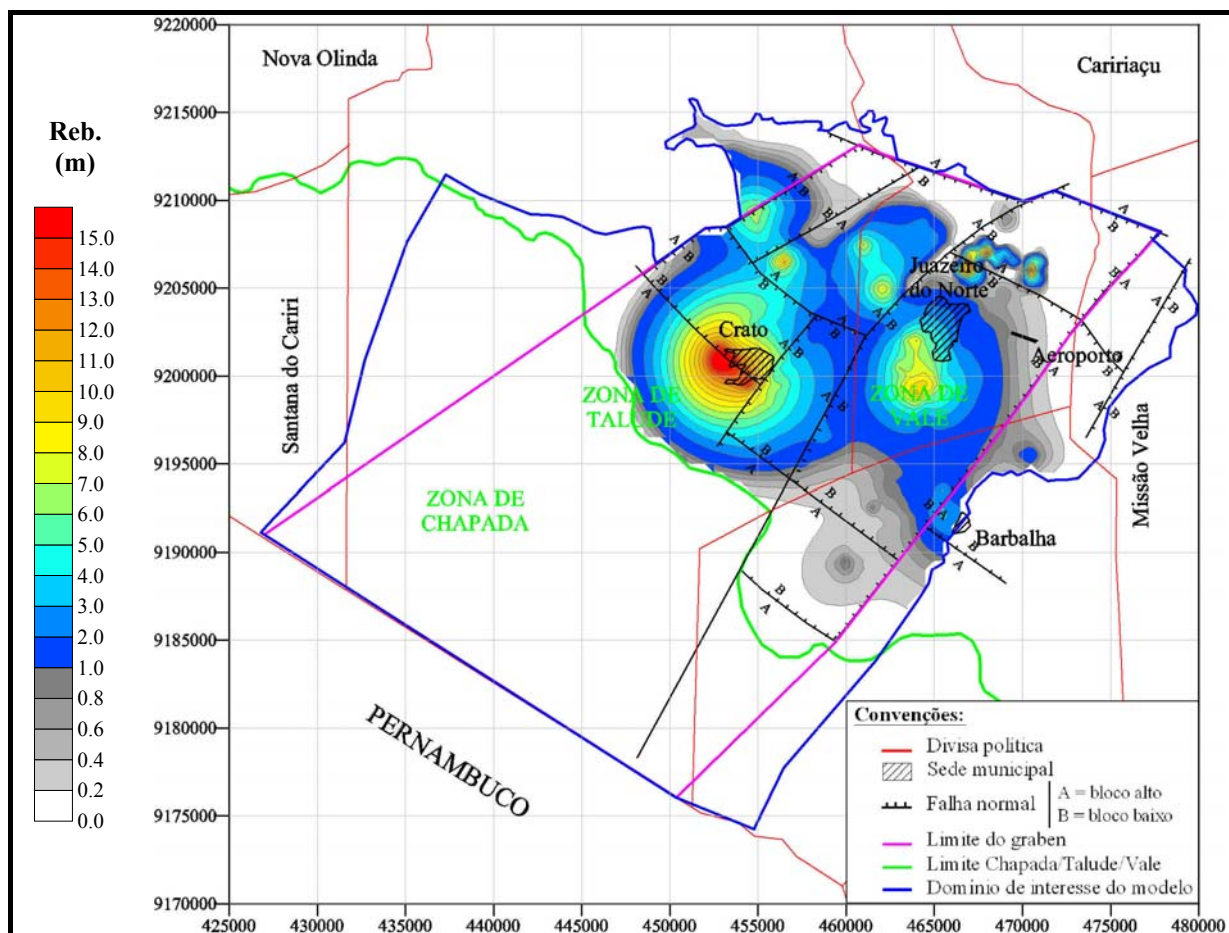


Figura 5.69 - Rebaixamentos provocados pela operação dos poços de bombeamento em operação na área do **GCJ**.

Fonte: modificado de KIMURA (2003).

5.2.2.3.3 - Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas na área do GCJ

A partir dos resultados do balanço hídrico do modelo computacional, apresenta-se uma estimativa da reserva renovável dos Sistemas Aquíferos Médio e Inferior, caracterizando o potencial quantitativo na área do **GCJ**. Dessa maneira, constata-se que as reservas renováveis totais dos Sistemas Aquíferos Médio e Inferior são quantificadas em 58,0 milhões de m³/ano e 6,05 milhões de m³/ano, respectivamente, totalizando 64,05 milhões de m³/ano. Atualmente, são explotados através de poços de bombeamento em operação cerca de 40,0 milhões m³/ano e 0,84 milhões de m³/ano dos Sistemas Aquíferos Médio e Inferior, respectivamente, totalizando 40,84 milhões de m³/ano. A diferença entre a reserva renovável total e o volume anual produzido pelos poços representa a reserva renovável ainda disponível para exploração, conforme apresenta a TAB. 5.98. Sendo assim, considerando-se que toda reserva renovável

seja explorável, restariam ainda 18,0 milhões de m³/ano e 5,21 milhões de m³/ano dos Sistemas Aquíferos Médio e Inferior, respectivamente, totalizando um potencial de produção disponível da ordem de 23,21 milhões de m³/ano.

Tabela 5.98 - Reservas renováveis, vazões dos poços e potencial de produção de águas subterrâneas na área **GCJ**

Sistema Aquífero	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total x10 ⁶ m ³ /ano	Volume Anual Produzido pelos Poços x10 ⁶ m ³ /ano	Reserva Renovável Utilizada x10 ⁶ m ³ /ano	Reserva Renovável Disponível x10 ⁶ m ³ /ano	Volume Anual Importado pelos Poços x10 ⁶ m ³ /ano
Médio	R. da Batateira, Abaiara e Missão Velha	58,00	40,00	40,00	18,00	0,00
Inferior	Mauriti	6,05	0,84	0,84	5,21	0,00
TOTAL		64,05	40,84	40,84	23,21	0,00

Fonte: modificado de KIMURA (2003).

5.2.2.3.4 - Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo Disponível das Águas Subterrâneas na Área do GCJ

Com base nos dados apresentados na Tabela 5.98, procede-se à caracterização e hierarquização do potencial quantitativo das águas subterrâneas na área do **GCJ**. Para tanto, considera-se inicialmente uma avaliação individual e, em seguida, a sua distribuição por sistema aquífero com base nos seus respectivos valores de reserva e vazão apresentados pelo modelo.

Conforme já discutido no item 5.1.2.3.4, assume-se que os valores de reserva renovável total correspondam ao limite máximo passível de exploração (potencial quantitativo total), com o intuito de verificar os valores já comprometidos com o bombeamento dos poços (reserva renovável utilizada) e aqueles ainda disponíveis para tal fim (reserva renovável disponível), bem como de quantificar a importação de água de áreas adjacentes (volume anual importado), no caso dos valores bombeados (volume anual produzido) serem superiores às reservas renováveis.

Identificados todos estes valores, inicialmente procede-se à determinação do grau de utilização e de disponibilidade das águas subterrâneas, com o intuito de estabelecer, individualmente, o quanto os sistemas aquíferos avaliados encontram-se com o seu potencial quantitativo comprometido. Para isto, os valores de reserva renovável utilizada e disponível são normalizados em função da reserva renovável total, obtendo-se valores que representam o Índice Relativo de Utilização Hídrica (**IRUH**) e o Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica

(**IRDH**) na área do **GCJ**. O potencial quantitativo é caracterizado em função dos valores de **IRDH**, de acordo com uma das 5 categorias apresentadas na TAB. 5.66. Da mesma maneira, o volume anual importado pode ser avaliado, neste caso, representando o Grau Relativo de Importação Hídrica (**GRIH**). Cabe ressaltar que as recomendações para a interpretação destes valores relativos seguem aquelas apresentadas no item 5.1.2.3.4.

A TAB. 5.99 apresenta os valores calculados para os parâmetros descritos acima, com base nos resultados do balanço hídrico apresentado na TAB. 5.98. Nesta tabela, vale dizer que os valores de reserva renovável total tiveram as suas unidades transformadas de milhões de m³/ano para L/s com o intuito de facilitar, posteriormente, a comparação com os valores de demanda produzidos. De imediato, estes valores podem ser usados para a converção dos valores relativos de **IRUH**, **IRDH** e **GRIH**, pela simples multiplicação de um pelo outro.

Tabela 5.99 - Valores relativos calculados para **IRUH**, **IRDH** e **GRIH** na área do **GCJ**

Sistema Aqüífero	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total L/s	IRUH	IRDH	GRIH	Potencial Quantitativo Disponível
Médio	R. da Batateira, Abaiara e Missão Velha	1.839	0,69	0,31	0	Baixo
Inferior	Mauriti	192	0,14	0,86	0	Muito Alto
TOTAL		2.031	0,64	0,36	0	Baixo

Nota: **IRUH** – Índice Relativo de Utilização Hídrica; **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica; **GRIH** – Grau Relativo de Importação Hídrica.

Pela TAB. 5.99, pode-se constatar que o Sistema Aqüífero Médio apresenta a maior parcela de seu potencial de produção (reserva renovável) comprometido com o bombeamento dos poços em operação, caracterizando um baixo potencial quantitativo. Já no Sistema Aqüífero Inferior o potencial quantitativo é muito alto, comparado com a sua reserva renovável total. No contexto geral, considerando a integração dos dados de ambos os sistemas aqüíferos, constata-se que o recursos hídricos subterrâneos na área do **GCJ** encontra-se sob intensa utilização, caracterizando um baixo potencial quantitativo disponível para exploração. Vale dizer que este potencial é relativo à reserva renovável total que foi avaliada. Em termos absolutos, este potencial pode representar uma vazão suficiente para atender as demandas por longos períodos. Como a área do **GCJ** é tida como uma única área potencialmente estratégica de abastecimento, não cabe aqui uma hierarquização de seu potencial quantitativo disponível.

6 - DISCUSSÕES

Como descrito no Capítulo 2 - item 2.2.6, a caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento constitui-se numa das etapas principais deste trabalho. Esta caracterização será feita através de um procedimento de discussão, envolvendo o confronto dos resultados apresentados nos itens 5.1 e 5.2, sobre as áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, nos domínios abordados neste estudo. A partir das condições estabelecidas, serão feitas recomendações específicas para cada caso de estudo.

Para se proceder às discussões pertinentes, inicialmente, faz-se um resgate dos resultados específicos, com o intuito de consolidar os dados produzidos e favorecer o procedimento ora proposto. Em seguida, realiza-se o confronto entre as áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, buscando avaliar as possibilidades de atendimento das demandas crescentes de água nos municípios, em condições de desenvolvimento normal e emergencial, dada a disponibilidade relativa de águas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade. A partir das condições descritas neste confronto, espera-se reconhecer e priorizar as áreas estratégicas de abastecimento.

Posto isto, cabe ressaltar ainda que o enfoque principal desta discussão consiste na avaliação dos recursos hídricos subterrâneos como uma fonte estratégica de abastecimento para atendimento pleno e/ou complementação do sistema de abastecimento integrado (mananciais superficiais e subterrâneos) nos respectivos municípios considerados, tanto na **RMF** quanto na área do **GCJ**, conforme apresenta-se a seguir.

6.1 - Região Metropolitana de Fortaleza

6.1.1 - Consolidação dos Resultados

A avaliação das áreas críticas de abastecimento na **RMF** considerou as projeção das populações e demandas de cada município, ao longo de um período de 20 anos, a partir das populações e demandas registradas no ano de 2000. Para as projeções populacionais foram consideradas as evoluções das populações urbanas, rurais e totais. Já para as projeções de demandas foram considerados o consumo doméstico, industrial e animal, sendo que o consumo de irrigação foi considerado inexpressivo (agricultura de subsistência) e computado como consumo doméstico. A consolidação dos resultados obtidos a partir destas projeções é apresentada na TAB. 6.1, onde se mostram individualmente os valores de cada componente de demanda avaliado ao longo dos períodos considerados.

Tabela 6.1 - Consolidação das projeções de população e demanda, em um período de 20 anos, para os municípios da RMF, com base na população e demanda registrada em 2000

Município	Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)			
		Urbana	Rural	Total	Doméstica	Industrial	Animal	Total
Aquiraz	2000	54.682	5.787	60.469	116	216	4	335
	2005	58.129	6.259	64.388	123	230	4	357
	2010	61.378	6.738	68.115	130	243	5	378
	2015	63.084	7.120	70.204	134	250	5	389
	2020	64.838	7.524	72.362	138	258	5	401
Caucaia	2000	226.088	24.391	250.479	630	296	42	968
	2005	258.555	24.391	282.946	712	334	48	1.094
	2010	293.583	24.391	317.974	800	375	54	1.229
	2015	323.980	24.391	348.371	876	411	59	1.346
	2020	357.525	24.391	381.916	961	451	64	1.476
Chorozinho	2000	9.469	9.238	18.707	28	2	3	33
	2005	10.677	8.169	18.846	28	2	3	33
	2010	11.981	7.223	19.204	29	2	3	34
	2015	13.189	6.387	19.577	29	2	3	34
	2020	14.519	5.648	20.167	30	2	3	35
Eusébio	2000	31.500	0	31.500	63	136	1	201
	2005	36.023	0	36.023	72	156	2	229
	2010	40.904	0	40.904	81	177	2	260
	2015	45.139	0	45.139	90	196	2	287
	2020	49.813	0	49.813	99	216	2	317
Fortaleza	2000	2.141.402	0	2.141.402	5.701	1.363	9	7.073
	2005	2.448.912	0	2.448.912	6.519	1.559	10	8.088
	2010	2.780.679	0	2.780.679	7.402	1.770	12	9.184
	2015	3.068.590	0	3.068.590	8.169	1.953	13	10.135
	2020	3.386.311	0	3.386.311	9.015	2.156	14	11.184
Guaiúba	2000	15.611	4.273	19.884	34	6	3	43
	2005	16.677	4.469	21.146	36	6	4	45
	2010	17.691	4.674	22.365	38	6	4	48
	2015	18.246	4.888	23.134	39	6	4	49
	2020	18.819	5.112	23.931	40	7	4	51
Horizonte	2000	28.122	5.668	33.790	63	29	2	93
	2005	34.198	7.111	41.309	77	35	2	114
	2010	40.692	8.804	49.496	92	42	3	136
	2015	44.379	10.341	54.720	101	46	3	150
	2020	48.400	12.146	60.546	112	51	3	166
Itaitinga	2000	26.546	2.671	29.217	56	9	1	66
	2005	28.025	2.705	30.729	59	9	1	69
	2010	29.381	2.733	32.114	62	10	1	72
	2015	29.958	2.740	32.698	63	10	1	74
	2020	30.547	2.747	33.294	64	10	1	75
Maracanaú	2000	179.170	562	179.732	479	233	4	716
	2005	204.899	562	205.461	547	266	5	818
	2010	232.658	562	233.220	621	302	5	929
	2015	256.747	562	257.309	685	334	6	1.025
	2020	283.331	562	283.893	756	368	7	1.130
Maranguape	2000	65.268	22.867	88.135	156	107	21	284
	2005	72.132	24.069	96.201	171	117	22	310
	2010	79.139	25.312	104.451	185	127	24	337
	2015	84.335	26.524	110.860	197	135	26	357
	2020	89.873	27.794	117.667	209	143	27	379
Pacajus	2000	34.301	9.769	44.070	80	233	5	317
	2005	39.189	9.542	48.730	88	257	5	351
	2010	44.201	9.319	53.521	97	283	6	385
	2015	47.360	9.102	56.462	102	298	6	406
	2020	50.744	8.891	59.635	108	315	7	429
Pacatuba	2000	47.028	4.668	51.696	99	37	4	140
	2005	53.808	4.575	58.383	112	42	5	158
	2010	61.199	4.485	65.683	126	47	5	178
	2015	67.967	4.396	72.362	139	52	6	196
	2020	75.483	4.308	79.792	153	57	6	216
S. G. Amarante	2000	22.077	13.531	35.608	60	482	6	548
	2005	33.044	14.772	47.815	80	648	9	736
	2010	47.263	16.052	63.315	106	857	11	975
	2015	56.378	17.122	73.501	123	995	13	1.132
	2020	67.251	18.265	85.516	143	1.158	15	1.317

Fonte: base de dados IBGE (2000); COGERH (2001).

Com base nos valores apresentados da tabela acima, e também nos dados sobre o sistema principal de abastecimento (sistema de açudagem – item 5.1.1.2), pôde-se avaliar a contribuição efetiva das águas subterrâneas no ano de 2000 (ver Tabela 5.10). Neste caso, foi registrada uma contribuição equivalente a cerca de 28% das demandas totais da **RMF**, com uma distribuição bastante heterogênea entre os municípios, como foi apresentado na Tabela 5.11 e é compilado abaixo (TAB. 6.2).

Tabela 6.2 - Dados sobre a utilização das águas subterrâneas nos municípios da **RMF**, com base nas demandas totais registradas no ano de 2000

Município	Demanda Total (L/s)			Percentual de Utilização	
	Água Superficial	Água Subterrânea	Total	Água Superficial	Água Subterrânea
Aquiraz	17	318	335	5%	95%
Caucaia	594	374	968	61%	39%
Chorozinho	6	27	33	18%	82%
Eusébio	14	187	201	7%	93%
Fortaleza	6.054	1.010	7.064	86%	14%
Guaiúba	21	22	43	50%	50%
Horizonte	4	89	93	4%	96%
Itaitinga	32	34	66	48%	52%
Maracanaú	566	150	716	79%	21%
Maranguape	139	145	284	49%	51%
Pacajus	73	244	317	23%	77%
Pacatuba	108	32	140	77%	23%
S. G. Amarante	172	376	548	31%	69%
TOTAL	7.800	3.008	10.808	72%	28%

Fonte: dados censitários de IBGE (2000); dados de consumo de COGERH (2001).

Já para os demais períodos, podem ser feitas apenas projeções de utilização das águas subterrâneas, considerando os dados projetados sobre o sistema de abastecimento principal, como também sobre o crescimento das populações e demandas nos municípios (TAB. 6.1). Neste sentido, as projeções preliminares realizadas demonstraram um crescimento na utilização das águas subterrâneas (Tabela 5.10 – item 5.1.1.2), mas sem identificar qual seria a taxa de utilização por município. Esta informação foi útil para correlacionar com as disponibilidades hídricas das áreas potencialmente estratégicas, e assim identificar qual a capacidade real de atendimento destas áreas frente as condições de demanda apresentadas.

Sendo assim, estima-se a contribuição das águas subterrâneas nos municípios da **RMF**, ao longo dos períodos de projeto analisados, considerando uma taxa de crescimento geométrica na utilização das águas superficiais, frente ao crescimento das vazões instaladas para

atendimento das demandas, como apresentado no item 5.1.1.2. Dessa maneira, para o ano de 2005 projetou-se um crescimento de cerca de 2,7% (200 L/s) da vazão instalada do sistema integrado de reservação Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião, o qual serve ao atendimento das demandas de Fortaleza, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga, Caucaia (sede), Pacajus, Horizonte e Chorozinho. Isto reflete no crescimento da vazão instalada de um valor de 7.820 L/s para cerca de 8.020 L/s, mas sem alterar significativamente a taxa de utilização das águas subterrâneas (TAB. 6.3). Nos demais municípios a vazão instalada do sistema de açudagem permanece constante, pois não há projeção de crescimento da oferta na Lagoa do Catú (que abastece Aquiraz) e nos reservatórios Acarape do Meio (que abastece Guaiúba, Maranguape, Pacatuba e reforça o sistema Pacajus/ Pacoti/Riachão/Gavião) e Sítios Novos [que abastece São Gonçalo do Amarante (região portuária do Pecém) e Caucaia (região de praias oeste)].

Assim, com base nos valores de demanda projetadas para o ano de 2005 (TAB. 6.1), pode-se estimar a taxa de utilização das águas subterrâneas para o referido ano pela diferença entre a vazão instalada do sistema superficial e a demanda total projetada de cada município (TAB. 6.3). Neste caso, percebe-se um aumento generalizado na utilização das águas subterrâneas em relação ao período anterior, refletindo numa dependência da ordem de 35% das demandas totais dos municípios da **RMF**. Isto se deve ao crescimento destas demandas e à estagnação da capacidade instalada do sistema de açudagem.

Tabela 6.3 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da **RMF**, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2005

Município	Demanda Total (L/s)			Percentual de Utilização	
	Água Superficial	Água Subterrânea	Total	Água Superficial	Água Subterrânea
Aquiraz	17	340	357	5%	95%
Caucaia	612	482	1.094	56%	44%
Chorozinho	6	27	33	18%	82%
Eusébio	14	215	229	6%	94%
Fortaleza	6.236	1.852	8.088	77%	23%
Guaiúba	21	24	45	47%	53%
Horizonte	4	110	114	4%	96%
Itaitinga	33	36	69	48%	52%
Maracanaú	583	235	818	71%	29%
Maranguape	139	171	310	45%	55%
Pacajus	75	276	351	21%	79%
Pacatuba	108	50	158	68%	32%
S. G. Amarante	172	564	736	23%	77%
TOTAL	8.020	4.382	12.402	65%	35%

Fonte: base de dados IBGE (2000); COGERH (2001).

Para o ano de 2010, quando o sistema integrado de abastecimento da **RMF** (sistema de açudagem) passa a contar com o apoio extra dos reservatórios de Aracoiaba (970 L/s) e Catú-Cinzenta (330 L/s) as taxas de utilização das águas subterrâneas sofrem alterações significativas, principalmente quando se avalia a distribuição por município. O incremento na oferta dado por estes dois reservatórios reflete no crescimento da vazão instalada do sistema superficial de um valor da ordem de 8.020 L/s para cerca de 9.320 L/s.

Neste contexto, destaca-se que o reservatório de Aracoiaba destina-se à complementação do sistema integrado de reservação Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião (que abastece os municípios de Fortaleza, Maracanaú, Eusébio, Itaitinga, Caucaia (sede), Pacajus, Horizonte e Chorozinho). A sua operação reflete em um crescimento da ordem de 12,8% na vazão instalada deste sistema, o que necessariamente não implica numa diminuição da dependência destes municípios com as águas subterrâneas, pois as demandas também são crescentes (TAB. 6.4). Neste caso, as taxas de utilização são mantidas aproximadamente constantes.

Já o reservatório Catú-Cinzenta destina-se exclusivamente ao abastecimento do município de Aquiraz, oferecendo uma vazão cerca de 20 vezes maior que aquela atualmente instalada. Dessa maneira, o referido município passa a contar com uma oferta da ordem de 347 L/s, invertendo a situação de utilização entre as águas superficiais e subterrâneas (TAB. 6.4), mas ainda assim mantendo uma certa dependência com estas últimas.

Tabela 6.4 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da **RMF**, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2010

Município	Demanda Total (L/s)			Percentual de Utilização	
	Água Superficial	Água Subterrânea	Total	Água Superficial	Água Subterrânea
Aquiraz	347	31	378	92%	8%
Caucaia	690	539	1.229	56%	44%
Chorozinho	7	27	34	21%	79%
Eusébio	16	244	260	6%	94%
Fortaleza	7.035	2.149	9.184	77%	23%
Guaiúba	21	27	48	44%	56%
Horizonte	5	131	136	4%	96%
Itaitinga	37	35	72	51%	49%
Maracanaú	658	271	929	71%	29%
Maranguape	139	198	337	41%	59%
Pacajus	85	300	385	22%	78%
Pacatuba	108	70	178	61%	39%
S. G. Amarante	172	803	975	18%	82%
TOTAL	9.320	4.825	14.145	66%	34%

Fonte: base de dados IBGE (2000); COGERH (2001).

Em função da operação destes dois reservatórios (Aracoiaba e Catú-Cinzenta), estima-se que no ano de 2010, em relação ao ano de 2005, ocorrerá uma diminuição da dependência das demandas totais com as águas subterrâneas, passando a projeção de sua utilização a ser da ordem de 34% da demanda total projetada para o referido ano (TAB. 6.4).

Para os anos de 2015 e 2020 não há projeção de crescimento da oferta de água dos sistemas de abastecimento da **RMF**, uma vez que não foram detectados novos projetos de infraestrutura hídrica para reforço dos sistemas de açudagem. Assim, a vazão instalada nestes dois períodos permanece constante e igual àquela projetada para o período anterior, ou seja, da ordem de 9.320 L/s. Este fato faz com que a taxa de utilização das águas subterrâneas cresça de maneira generalizada, seja pelo crescimento das demandas totais da **RMF** ou pelo crescimento das demandas de seus respectivos municípios.

Dessa maneira, no ano de 2015 projeta-se uma taxa de utilização da ordem de 40% das demandas totais da **RMF** (TAB. 6.5). Já para o ano de 2020 a taxa de utilização projetada é da ordem de 46% das demandas totais (TAB. 6.6). Em ambos os casos constata-se que as taxas de utilização das águas subterrâneas nos municípios crescem geometricamente com as suas respectivas demandas.

Tabela 6.5 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da **RMF**, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2015

Município	Demanda Total (L/s)			Percentual de Utilização	
	Água Superficial	Água Subterrânea	Total	Água Superficial	Água Subterrânea
Aquiraz	347	42	389	89%	11%
Caucaia	690	656	1.346	51%	49%
Chorozinho	7	27	34	21%	79%
Eusébio	16	271	287	6%	94%
Fortaleza	7.035	3.100	10.135	69%	31%
Guaiúba	21	28	49	43%	57%
Horizonte	5	145	150	3%	97%
Itaitinga	37	37	74	50%	50%
Maracanaú	658	367	1.025	64%	36%
Maranguape	139	218	357	39%	61%
Pacajus	85	321	406	21%	79%
Pacatuba	108	88	196	55%	45%
S. G. Amarante	172	960	1.132	15%	85%
TOTAL	9.320	6.260	15.580	60%	40%

Fonte: base de dados IBGE (2000); COGERH (2001).

Tabela 6.6 - Projeções de utilização das águas subterrâneas nos municípios da **RMF**, com base nas demandas totais projetadas para o ano de 2020

Município	Demanda Total (L/s)			Percentual de Utilização	
	Água Superficial	Água Subterrânea	Total	Água Superficial	Água Subterrânea
Aquiraz	347	54	401	87%	13%
Caucaia	690	786	1.476	47%	53%
Chorozinho	7	28	35	20%	80%
Eusébio	16	301	317	5%	95%
Fortaleza	7.035	4.149	11.184	63%	37%
Guaiúba	21	30	51	41%	59%
Horizonte	5	161	166	3%	97%
Itaitinga	37	38	75	49%	51%
Maracanaú	658	472	1.130	58%	42%
Maranguape	139	240	379	37%	63%
Pacajus	85	344	429	20%	80%
Pacatuba	108	108	216	50%	50%
S. G. Amarante	172	1.145	1.317	13%	87%
TOTAL	9.320	7.856	17.176	54%	46%

Fonte: base de dados IBGE (2000); COGERH (2001).

Por sua vez, a consolidação dos resultados relativos à avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas da **RMF** permitiu estabelecer uma hierarquização do potencial de produção, em quantidade e qualidade, das áreas potencialmente estratégicas definidas para o atendimento e/ou complementação das demandas municipais nas áreas críticas de abastecimento. Tais resultados são apresentados de maneira consolidada na TAB. 6.7, onde são apontados os valores de reservas renováveis de cada micro-área, bem como as vazões já comprometidas como o bombeamento dos poços e as vazões ainda disponíveis para exploração. Para os casos onde as vazões extraídas pelos poços são superiores às reservas renováveis apresentam-se também as vazões importadas das vizinhanças. Além disso, são apresentados ainda os respectivos valores de $IRQ_{méd}$ de cada micro-área, caracterizando o potencial de qualidade das mesmas. Vale ressaltar que os valores quantitativos foram convertidos de milhões de m^3 /ano para L/s com o intuito de facilitar a correlação com os valores de demanda produzidos.

Vale ressaltar ainda que o modelo hidrogeológico computacional mostrou que a vazão produzida pelos poços em operação na **RMF**, dentro e fora das micro-áreas estratégicas, é da ordem de 3.034 L/s. Como o modelo foi implementado com os dados do cadastro de poços finalizado em 2001 (GOLDER/PIVOT, 2005b), verifica-se que este valor é muito próximo daqueles apresentados em outros estudos [2.990 L/s (COGERH, 2001); 3.008 L/s (IBGE, 2000)], indicando que o referido modelo responde consistentemente com as simulações executadas.

Tabela 6.7 - Consolidação dos resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas dos municípios da **RMF**

Município	Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida por Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada por Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	102	27	27	75	0	1,30
	MA2-AQU	Barreiras	40	32	32	8	0	0,98
	MA3-AQU	Dunas	37	35	35	2	0	0,79
	MA4-AQU	Barreiras	188	51	51	137	0	0,28
Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	98	164	98	0	66	1,20
	MA2-CAUC	Cristalino	105	22	22	83	0	2,33
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	22	61	22	0	39	1,46
	MA4-CAUC	Dunas/ Paleodunas	86	73	73	13	0	0,59
	MA5-CAUC	Dunas/ Paleodunas	47	6	6	41	0	0,14
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	27	27	143	0	3,34
Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	3	1	1	2	0	0,77
Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	55	2	0	54	0,54
	MA2-FOR	Dunas	20	247	20	0	227	1,47
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	71	2	0	68	0,55
	MA4-FOR	Dunas	12	77	12	0	65	1,18
	MA5-FOR	Cristalino	6	5	5	2	0	0,61
	MA6-FOR	Cristalino	6	14	6	0	7	0,44
	MA7-FOR	Barreiras	20	42	20	0	23	0,68
	MA8-FOR	Dunas	22	67	22	0	45	0,32
Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	29	4	4	25	0	0,77
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	80	80	10	0	1,23
Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	4	14	4	0	10	1,68
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	23	9	0	15	0,91
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	3	3	10	0	4,51
	MA2-MARAN	Cristalino	1	3	1	0	2	0,70
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	48	48	157	0	2,85
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	97	67	0	29	1,23
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	16	9	0	8	0,63
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	11	11	204	0	0,55
	MA2-SGA	Cristalino	38	7	7	31	0	1,47
	MA3-SGA	Cristalino	72	7	7	65	0	1,32
TOTAL			1.739	1.389	730	1.009	658	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Já para o caso dos poços inseridos dentro das micro-áreas estratégicas, as simulações do modelo mostraram uma vazão da ordem de 1.389 L/s, sendo 730 L/s retirados das reservas renováveis das próprias micro-áreas e 658 L/s importado das vizinhanças. Já a reserva renovável total das respectivas micro-áreas foram estimadas em 1.739 L/s. Assim, o potencial ainda disponível para exploração é da ordem de 1.009 L/s, que é equivalente à diferença entre a reserva renovável total e a vazão produzida dentro de cada micro-área, sem considerar a importação de águas das vizinhanças.

6.1.2 - Confronto entre Áreas Críticas e Potencialmente Estratégicas de Abastecimento

O confronto entre áreas críticas e potencialmente estratégicas visa a avaliar a possibilidade de atendimento das demandas plenas ou parciais de abastecimento, pelo potencial hídrico subterrâneo disponível nas micro-áreas estratégicas de cada município. A partir deste confronto é que se faz a caracterização definitiva das áreas estratégicas de abastecimento.

Para tanto, será considerado o processo de desenvolvimento e expansão natural do sistema de abastecimento principal, bem como as demandas, atual e futura, geradas em função do crescimento populacional. Além disso, serão considerados aspectos emergenciais de atendimento das demandas, decorrentes do comprometimento da infra-estrutura hídrica principal (sistema de açudagem) por fatores antrópicos (*e.g.* poluição, contaminação) ou naturais (*e.g.* secas, contaminação natural).

Neste contexto, assume-se que o consumo *per capita* dos setores usuários permaneça constante ao longo do tempo, registrando-se o crescimento das demandas apenas em função do crescimento populacional, alavancado pelos processos de urbanização e industrialização na **RMF**. Como estes processos encontram-se em franco desenvolvimento, registra-se que a composição da demanda total desta região é sustentada principalmente pela demanda doméstica e industrial, com a predominância de uma ou de outra dependendo do município avaliado, conforme apresentado no item 5.1.1.3 (Áreas Críticas de Abastecimento na **RMF**).

Além disso, cabe ressaltar que a demanda total registrada no ano de 2000, que era da ordem de 10.800 L/s (TAB. 6.2), deverá passar de 12.400 L/s neste ano de 2005 (TAB. 6.3), atingindo mais de 17.000 L/s no horizonte final projetado (ano de 2020 – TAB. 6.6). Com esta previsão de crescimento, as águas subterrâneas assumem um papel cada vez mais importante e estratégico, haja vista que passam a ser mais requisitadas para suprir as deficiências do sistema superficial de abastecimento. Neste caso, a sua utilização, que era de cerca de 28% (aproximadamente 3.000 L/s) das demandas totais no ano de 2000, passará a ser de cerca de 35% neste ano de 2005 (aproximadamente 4.380 L/s), atingindo cerca de 46% no ano de 2020 (aproximadamente 7.850 L/s).

Conforme apresentado no item 5.1.2.3.2, ressalta-se ainda que, para representar a condição de utilização dos sistemas aquíferos em questão, foram considerados os dados disponíveis para o ano de 2000, referentes aos poços cadastrados na **RMF** (12.710 poços – GOLDER/PIVOT, 2005a). Estes dados revelaram 8.888 poços em operação, sendo 1.099 poços públicos (12,4%)

e 7.789 poços privados (87,6%). O regime de operação simulado para os poços públicos foi de 20 horas diárias. Já para os poços privados, o regime de operação simulado foi de 8 horas diárias, dadas as elevadas demandas humanas e industriais (alavancadas pelo turismo), bem como a insuficiente capacidade instalada do sistema de abastecimento principal.

A distribuição destes poços por município, categoria e condição de uso é apresentada na TAB. 6.8. Já as vazões utilizadas foram aquelas constantes no referido cadastro, sendo que para os poços sem esta informação adotou-se um valor médio, conforme as características da unidade produtora (*i.e.* 2,8 m³/h, 3,5 m³/h, 4,5 m³/h e 5,5 m³/h para as unidades Cristalino, Barreiras, Paleodunas e Dunas, respectivamente). Com estes valores, o resultado da simulação do modelo hidrogeológico computacional mostrou uma produção da ordem de 3.030 L/s no ano de 2000, equivalente àquelas apresentadas por IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.8 - Distribuição e vazão média dos poços tubulares cadastrados na RMF, por município, categoria e condição de uso

Municípios	Poços Cadastrados			Poços Cadastrados em Uso			Vazão Média Produzida Pelos Poços em Uso (L/s)			Percentual de Produção dos Poços	
	Público	Privado	Total	Público	Privado	Total	Público	Privado	Total	Público	Privado
Aquiraz	214	692	906	182	588	770	79	236	316	25%	75%
Caucaia	291	1.442	1.733	186	1.166	1.352	143	231	374	38%	62%
Chorozinho	48	36	84	36	27	63	23	3	26	88%	12%
Eusébio	92	354	446	78	291	369	59	132	191	31%	69%
Fortaleza	728	6.555	7.283	249	4.660	4.909	172	840	1.013	17%	83%
Guaiúba	28	61	89	8	39	47	3	18	21	14%	86%
Horizonte	87	262	349	65	202	267	38	52	90	42%	58%
Itaitinga	79	93	172	48	75	123	30	2	32	94%	6%
Maracanaú	63	275	338	15	137	152	7	140	146	5%	96%
Maranguape	104	226	330	35	102	137	18	125	143	13%	87%
Pacajus	186	170	356	142	129	271	82	165	247	33%	67%
Pacatuba	38	165	203	11	128	139	11	21	32	34%	66%
S. G. Amarante	94	327	421	44	245	289	35	339	374	9%	91%
TOTAL	2.052	10.658	12.710	1.099	7.789	8.888	701	2.302	3.003	23%	77%

Fonte: compilado do cadastro de poços da RMF (GOLDER/PIVOT, 2005a).

Já pelo cálculo direto, com os dados de vazão estimados e apresentados no cadastro de poços, chegou-se a um valor de vazão equivalente a 3.000 L/s (TAB. 6.8). Por esta tabela distingue-se ainda a contribuição dos poços públicos e privados na composição da vazão total produzida. Neste caso, constata-se que os poços privados nos municípios da RMF, à exceção de Chorozinho, são os que contribuem com os maiores valores de vazão. Num contexto geral, os poços privados produziram cerca de 77% das vazões exploradas em 2000, enquanto que os poços públicos produziram cerca de 23% da vazão total registrada no referido ano. Isto se deve, essencialmente, à taxa de cobertura do sistema de abastecimento principal, que é

insuficiente para o atendimento pleno das demandas municipais. Para os próximos períodos, acredita-se que as demandas projetados de águas subterrâneas deverão ser sustentadas pela construção de novos poços (onde houver condições para isto), pela operação de poços que estavam paralisados e pelo incremento no regime de operação dos poços privados.

Diante disto, resta avaliar qual a capacidade de atendimento das demandas de águas subterrâneas pelo potencial hídrico disponível nas micro-áreas estratégicas de cada município. Com isto, espera-se fornecer um panorama geral sobre as áreas efetivamente estratégicas para atendimento das demandas nos horizontes propostos.

6.1.2.1 - Município de Aquiraz

Para promover as discussões sobre a capacidade de atendimento das demandas de águas subterrâneas no município de Aquiraz, pelas reservas das suas respectivas micro-áreas estratégicas, consideram-se inicialmente as projeções das demandas dos diversos setores usuários, e também, as projeções de vazão instalada do sistema de ačudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos propostos (TAB. 6.9). Estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas suas respectivas micro-áreas estratégicas (TAB. 6.10).

Tabela 6.9 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Aquiraz, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	54.682	5.787	60.469	116	216	4	335	17	318	5%	95%
2005	58.129	6.259	64.388	123	230	4	357	17	340	5%	95%
2010	61.378	6.738	68.115	130	243	5	378	347	31	92%	8%
2015	63.084	7.120	70.204	134	250	5	389	347	42	89%	11%
2020	64.838	7.524	72.362	138	258	5	401	347	54	87%	13%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.10 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Aquiraz

Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-AQU	Barreiras/Cristalino	102	27	27	75	0	1,30
MA2-AQU	Barreiras	40	32	32	8	0	0,98
MA3-AQU	Dunas	37	35	35	2	0	0,79
MA4-AQU	Barreiras	188	51	51	137	0	0,28
TOTAL		367	145	145	222	0	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Lagoa do Catú) foi responsável pelo atendimento de cerca de 5% da demanda total de água (TAB. 6.9). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Aquiraz produziram uma vazão da ordem de 318 L/s para atendimento de cerca de 95% de sua demanda total (TAB. 6.9). Para tanto, os dados do cadastro revelam que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 25% das vazões produzidas, enquanto aqueles poços privados arcaram com 75% da produção no referido ano (TAB. 6.8). Como descrito no item 5.1.1.3.1, os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.9) deverão ocorrer em todos os distritos, mas principalmente na região que circunscreve a sede municipal, onde reside cerca de 33% da população total, e na região das principais praias (*i.e.* Porto das Dunas e Prainha), incluindo o complexo turístico do *Beach Park*, onde ocorre uma grande flutuação da população. Como não há dados oficiais disponíveis para se fazer a compartimentação das demandas e nem para identificar qual o grau de utilização das fontes de abastecimento usadas nos demais distritos, pode-se analisar apenas o contexto geral de evolução das demandas do município frente as disponibilidades hídricas nas micro-áreas estratégicas avaliadas.

Assim, constata-se que as únicas micro-áreas com alto potencial quantitativo e capazes de atender às vazões adicionais de águas subterrâneas são as micro-áreas MA1-AQU e a MA4-AQU, sendo portanto, reconhecidamente, as principais áreas estratégicas de abastecimento do município de Aquiraz. Neste contexto de área estratégica, a micro-área MA1-AQU, que envolve o distrito de Justiniano Serpa, localiza-se nos domínios da Unidade Aquífera Barreiras, mas apresenta poços que comumente alcançam as rochas do embasamento cristalino. A sua reserva renovável é da ordem de 102 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 27 L/s e com potencial de produção ainda disponível da ordem de 75 L/s (TAB. 6.10). Além disso, observa-se que ela está com a qualidade de suas águas comprometida (péssima qualidade), como demonstra o seu valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.10). Como descrito no item 5.1.2.2.3, isto se deve à presença de poços captando águas do cristalino, onde os teores de STD e Cl⁻ são comumente elevados devido a acumulação natural de íons. Contudo, isto não impede que ela seja utilizada para atendimento das demandas localizadas (*e.g.* distrito de Justiniano Serpa), desde que as suas águas passem pelo devido tratamento (dessalinizador). Já a micro-área MA4-AQU, que envolve as sedes distritais de Tapera e Patacas, localiza-se nos domínios da unidade Aquífera Barreiras. A sua reserva renovável é da ordem de 188 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 51 L/s e, portanto, com potencial de produção

ainda disponível da ordem de 137 L/s (TAB. 6.10). Além disso, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são de excelente qualidade para consumo humano, como demonstram os seus respectivos valores de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.10).

As demais micro-áreas (MA2-AQU e MA3-AQU) estão com o seu potencial de produção já bastante comprometido em função dos poços em operação para atendimento das demandas localizadas (TAB. 6.10). A micro-área MA2-AQU, que engloba as sedes distritais de Camará e João de Castro, associa-se às unidades Aquíferas Barreiras e Cristalino. A sua reserva renovável é da ordem de 40 L/s, mas o seu potencial de produção é pequeno (8 L/s), uma vez que os poços instalados produzem uma vazão de cerca de 32 L/s para o atendimento das demandas localizadas. Além disso, pelo seu valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.10), observa-se que ela está com a qualidade de suas águas potencialmente comprometida pela contaminação natural (salinização), como descrito no item 5.1.2.2.3.

Por sua vez, a micro-área MA3-AQU, que engloba as localidades de Prainha e Porto das Dunas (região litorânea), está associada a Unidade Aquífera Dunas. A sua reserva renovável é da ordem de 37 L/s, mas o seu potencial de produção é pequeno (2 L/s), uma vez que os poços instalados produzem uma vazão de cerca de 35 L/s para o atendimento das demandas localizadas. Assim, apesar de recobrir uma importante região de praias e localizar-se próximo à sede municipal, esta micro-área não tem mais condições de atender as demandas crescentes, pois encontra-se com seu potencial de produção praticamente esgotado, além de já dar sinais de poluição e de contaminação pela intrusão da cunha salina, como descrito no item 5.1.2.2.3.

Diante deste contexto pode-se avaliar a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos. Neste sentido, estima-se que para o ano de 2005, a produção de águas subterrâneas deverá sofrer um aumento razoável, em função do crescimento das demandas domésticas e industriais (setor de turismo), passando a ser de cerca de 340 L/s, mantendo o seu grau de utilização em torno de 95% da demanda total (TAB. 6.9), mas refletindo num incremento adicional da ordem de 22 L/s em relação ao ano de 2000. Contabilizando as vazões ainda disponíveis para a exploração, constata-se que a micro-área MA4-AQU tem capacidade para atender, em quantidade e qualidade, o incremento de demanda planejada no ano de 2005 nas áreas críticas de abastecimento que envolvem a sede municipal e a região de praias, além daquelas nas sedes distritais de Patacas, Tapera e Jacaúna. Caso não haja um planejamento do abastecimento público neste sentido, ou no sentido de reforçar o sistema de abastecimento superficial através de novos reservatórios,

ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais explorados, com um regime de bombeamento mais intenso, até que as demandas existentes sejam atendidas.

Para o ano de 2010 e os próximos horizontes considerados, quando o reservatório de Catú-Cinzenta já estará operando para atendimento das demandas do município, a taxa de utilização das águas subterrâneas sofrerá uma queda drástica, passando a ser de cerca de 8% das demandas totais (TAB. 6.9). Neste contexto, tanto os poços públicos quanto os privados poderão ter o seu regime de operação alterados, com até mesmo a paralisação de alguns deles. Em princípio, isto trará conseqüências benéficas aos sistemas aquíferos explorados no município, uma vez que a pressão exercida pelas crescentes demandas passará a ser atendida preferencialmente pelos reservatórios superficiais (*i.e.* Lagoa do Catú e reservatório Catú-Cinzenta). Esta situação deverá se manter também nos próximos horizontes avaliados (2015 e 2020 – TAB. 6.9). Contudo, acredita-se que nestes períodos as taxas de utilização das águas subterrâneas sofrerão sensíveis aumentos (passando a ser de 11% e 13%, respectivamente), em função das demandas crescentes e da estagnação da capacidade instalada dos reservatórios superficiais.

De fato, em termos gerais, a taxa de utilização das águas subterrâneas em Aquiraz será menor a partir da operação do reservatório Catú-Cinzenta. Por outro lado, a sua importância estratégica será mantida. Isto porque, caso haja uma situação de colapso do sistema de abastecimento principal, seja por fatores naturais ou antrópicos, as águas subterrâneas passarão a ser exploradas em caráter emergencial para suprir ou complementar as demandas existentes. Neste caso, todo o potencial hídrico disponível nas micro-áreas estratégicas poderá ser utilizado (222 L/s – TAB. 6.10), seja pela operação de novos poços, ou pela operação dos poços públicos e privados já existentes. Este potencial somado à vazão já produzida pelos poços em operação (cerca de 318 L/s – TAB. 6.10), seria mais que suficiente para atender as demandas totais projetadas para o município até o horizonte de 2020 (400 L/s – TAB. 6.9).

6.1.2.2 - Município de Caucaia

Para a discussão de caso no município de Caucaia, são consideradas as projeções das demandas dos diversos setores usuários, como também, as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos propostos (TAB. 6.11). De maneira semelhante ao anterior, estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas suas respectivas micro-áreas estratégicas (TAB. 6.12).

Tabela 6.11 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Caucaia, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	226.088	24.391	250.479	630	296	42	968	594	374	61%	39%
2005	258.555	24.391	282.946	712	334	48	1.094	612	482	56%	44%
2010	293.583	24.391	317.974	800	375	54	1.229	690	539	56%	44%
2015	323.980	24.391	348.371	876	411	59	1.346	690	656	51%	49%
2020	357.525	24.391	381.916	961	451	64	1.476	690	786	47%	53%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.12 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Caucaia

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-CAUC	Barreiras/Cristalino	98	164	98	0	66	1,21
MA2-CAUC	Cristalino	105	22	22	83	0	2,33
MA3-CAUC	Barreiras/Cristalino	22	61	22	0	39	1,46
MA4-CAUC	Dunas/Paleodunas	86	73	73	13	0	0,59
MA5-CAUC	Dunas/Paleodunas	47	6	6	41	0	0,14
TOTAL		358	326	221	137	105	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd.} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 61% da demanda total de água (TAB. 6.11). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Caucaia produziram uma vazão da ordem de 374 L/s para atendimento de cerca de 39% de sua demanda total (TAB. 6.11). Para tanto, os dados do cadastro revelam que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 38% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 62% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8). Como descrito no item 5.1.1.3.2, os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.11) deverão ocorrer de maneira generalizada no município, mas se fazendo sentir mais fortemente em determinadas localidades, tais como:

- as regiões que circunscrevem as áreas urbanas da sede municipal e o distrito de Jurema, onde se concentra a grande maioria da população (cerca de 90%) e da infra-estrutura do setor industrial;
- a região das praias de Icaraí e Cumbuco, onde há grande flutuação da população em função da implantação de hotéis e pousadas, restaurantes e clubes recreativos (indústria do turismo); e,
- a região que envolve as zonas urbanas e rurais dos distritos de Sítios Novos e Catuana, onde

se concentra apenas 5% da população do município, mas tem grande importância por ser responsável pelo fornecimento de matérias-primas para a construção civil, para o próprio município e para Fortaleza.

Como não há dados oficiais disponíveis para se fazer a compartimentação das demandas e nem para identificar qual o grau de utilização das fontes de abastecimento usadas nestas localidades, pode-se analisar apenas o contexto geral das demandas do município frente as disponibilidades hídricas nas micro-áreas estratégicas avaliadas. Neste contexto, constata-se que as únicas áreas capazes de atender às demandas adicionais de águas subterrâneas são as micro-áreas MA2-CAUC, MA4-CAUC e MA5-CAUC (TAB. 6.12).

A micro-área MA2-CAUC, localizada no limite entre as bacias de São Gonçalo e Cauhipe e englobando as sedes distritais de Sítios Novos e Catuana, possui uma reserva renovável da ordem de 105 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 22 L/s e com potencial de produção ainda disponível da ordem de 83 L/s (TAB. 6.12). Contudo, cabe ressaltar que a qualidade das águas subterrâneas que são produzidas nesta micro-área encontra-se amplamente comprometida (qualidade péssima), como demonstra o seu valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.12). Como descrito no item 5.1.2.2.3, isto se deve essencialmente à salinização provocada pela acumulação natural de íons em rochas do embasamento cristalino (contaminação natural). Isto não impede que ela seja utilizada, pois este problema pode ser contornado pela instalação de dessalinizadores, como já se faz habitualmente na região.

A micro-área MA4-CAUC, localizada na região de praias do Icaraí, associa-se às unidades aquíferas Dunas e Paleodunas. A sua reserva renovável é da ordem de 86 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 73 L/s e com potencial de produção ainda disponível de cerca de 13 L/s (TAB. 6.12). Já a micro-área MA5-CAUC, localizada na região de praias do Cumbuco, também nos domínios das unidades aquíferas Dunas e Paleodunas, possui uma reserva renovável da ordem de 47 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 6 L/s e com potencial de produção ainda disponível da ordem de 41 L/s (TAB. 6.12). Em ambas as áreas constata-se que as águas subterrâneas produzidas são, no mínimo, de boa qualidade para consumo humano, como demonstram os seus respectivos valores de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.12). As demais micro-áreas (MA1-CAUC e MA3-CAUC) estão com o seu potencial de produção totalmente comprometido em função dos poços em operação para atendimento das demandas localizadas (TAB. 6.12). Neste caso, observa-se ainda que as referidas micro-áreas chegam a importar água de suas vizinhanças, numa vazão já bastante elevada (105 L/s).

Isto ocorre porque elas se localizam numa região onde a densidade de poços é muito alta, pois atende parte das demandas da sede municipal e do distrito de Jurema, onde se concentra cerca de 90% da população total do município. Além disso, os seus respectivos valores de $IRQ_{méd}$ (TAB. 6.12) mostram que as águas subterrâneas produzidas apresentam-se comprometidas pela péssima qualidade. Como discutido no item 5.1.2.2.3, esta constatação estaria relacionada, predominantemente, com a poluição gerada pelo lançamento de esgotos domésticos e industriais e, subordinadamente, com a contaminação natural devido a extração de águas a partir do embasamento cristalino, onde a concentração de íons é elevada.

Juntando o potencial hídrico ainda disponível nas três micro-áreas exploráveis (MA2-CAUC, MA4-CAUC e MA5-CAUC), obtém-se uma vazão total disponível para produção da ordem de 137 L/s (TAB. 6.12). Comparando este valor com os incrementos de demanda relativos às águas subterrâneas para os períodos analisados, observa-se que:

- Para o ano de 2005, a produção de águas subterrâneas no município deverá sofrer um aumento razoável, parte em função do crescimento das demandas domésticas, parte em função do crescimento das demandas industriais. Neste ano, a produção total de água subterrânea passará a ser de cerca de 482 L/s, fazendo com que o seu grau de utilização cresça para um valor da ordem de 44% da demanda total projetada (TAB. 6.11), refletindo num incremento de aproximadamente 108 L/s em relação ao de 2000. Neste contexto, o potencial disponível nas micro-áreas estratégicas exploráveis (137 L/s) ainda seria suficiente para atender plenamente as demandas adicionais de águas subterrâneas.
- Para o ano de 2010 estima-se que o percentual de utilização das águas subterrâneas se mantenha estabilizado em 44% da demanda total, devido à contribuição da vazão instalada do reservatório de Aracoíaba ao sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião. Contudo, a produção de águas subterrâneas chega a sofrer um incremento, pois as demandas aumentam. Neste ano, estima-se que a produção total de água subterrânea deverá ser da ordem de 539 L/s, representando um incremento total de cerca de 165 L/s em relação ao ano 2000. Neste contexto, o potencial disponível nas micro-áreas estratégicas exploráveis não seria mais suficiente para atender plenamente as demandas adicionais de águas subterrâneas. Neste caso, teria condições de atender apenas 80 % da demanda adicional de água subterrânea.
- Para os anos de 2015 e 2020, as estimativas mostram que o grau de utilização das águas subterrâneas continua a crescer, refletindo na necessidade de maiores vazões de exploração. Dessa maneira, os incrementos projetados para estes anos deverão ser, respectivamente, da

ordem de 282 e 412 L/s em relação ao ano de 2000. Neste caso, a capacidade de atendimento instalada pelas micro-áreas estratégicas explotáveis seria apenas da ordem 45% no ano de 2015 e de 30 % no ano de 2020.

Em termos gerais, o que se observa no município de Caucaia é uma tendência de que a taxa de utilização das águas subterrâneas seja cada vez maior e, em contraposição, de que a capacidade de atendimento das demandas, através desse recurso, seja cada vez menor. Caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial para o atendimento das demandas crescentes, aventa-se a hipótese de que o sistema de abastecimento do município comece a dar sinais de sérios colapsos a partir do o ano de 2010.

6.1.2.3 - Município de Chorozinho

Para o confronto de informações relativas ao município de Chorozinho, são consideradas as projeções das demandas dos diversos setores usuários, como também, as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos de avaliação propostos (TAB. 6.13).

Tabela 6.13 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Chorozinho, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	9.469	9.238	18.707	28	2	3	33	6	27	18%	82%
2005	10.677	8.169	18.846	28	2	3	33	6	27	18%	82%
2010	11.981	7.223	19.204	29	2	3	34	7	27	21%	79%
2015	13.189	6.387	19.577	29	2	3	34	7	27	21%	79%
2020	14.519	5.648	20.167	30	2	3	35	7	28	20%	80%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Da mesma maneira, os valores da TAB. 6.13 serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas sua respectiva micro-área estratégica (TAB. 6.14).

Tabela 6.14 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Chorozinho

Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-CHO	Barreiras/Cristalino	170	27	27	143	0	3,34

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 18% da demanda total de água (TAB. 6.13). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Chorozinho produziram uma vazão da ordem de 27 L/s para atendimento de cerca de 82% de sua demanda total (TAB. 6.13). Para tanto, os dados do cadastro revelam que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 88% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 12% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.3, os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.13) deverão ocorrer de maneira generalizada e, essencialmente, em função do crescimento populacional na sede municipal, que atualmente comporta cerca de 42% dos habitantes. Como não há dados oficiais disponíveis para se fazer a compartimentação das demandas e nem para identificar qual o grau de utilização das fontes de abastecimento usadas nos demais distritos, pode-se analisar apenas o contexto geral das demandas do município frente a disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada.

Neste contexto, constata-se que a micro-área MA1-CHO, que envolve parte da sede municipal e totalmente a sede distrital de Campestre, associa-se à Unidade Aquífera Barreiras e Cristalino (em profundidade). A sua reserva renovável é da ordem de 170 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 27 L/s e com potencial de produção ainda disponível da ordem de 143 L/s (TAB. 6.14). Contudo, cabe ressaltar que a qualidade das águas subterrâneas que são produzidas nesta micro-área encontra-se amplamente comprometida (péssima qualidade), como demonstra o seu valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.14). Como descrito no item 5.1.2.2.3, isto se deve essencialmente à salinização provocada pela acumulação natural de íons em rochas do embasamento cristalino (contaminação natural). Isto não impede que ela seja utilizada, pois este problema pode ser contornado pela instalação de dessalinizadores, como já se faz habitualmente na região.

Diante deste contexto, avalia-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos. Neste sentido, estima-se que para todos os horizontes propostos a produção de águas subterrâneas deverá sofrer apenas pequenos incrementos, dada a baixa taxa de crescimento populacional do município e, conseqüentemente, das demandas projetadas.

Sendo assim, acredita-se que a disponibilidade hídrica subterrânea da micro-área MA1-CHO seja capaz, e mais que suficiente, para atender plenamente às demandas projetadas em todos os horizontes de avaliação propostos, seja em situação de atendimento normal ou emergencial. No entanto, cabe chamar a atenção para o fator qualidade, que deve ser acompanhado e avaliado constantemente para verificar a necessidade de tratamento das águas produzidas.

6.1.2.4 - Município de Eusébio

Para o confronto de informações relativas ao município de Eusébio, são consideradas as projeções das demandas dos diversos setores usuários da água, como também, as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos de avaliação propostos (TAB. 6.15).

Tabela 6.15 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Eusébio, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	31.500	0	31.500	63	136	1	201	14	187	7%	93%
2005	36.023	0	36.023	72	156	2	229	14	215	6%	94%
2010	40.904	0	40.904	81	177	2	260	16	244	6%	94%
2015	45.139	0	45.139	90	196	2	287	16	271	6%	94%
2020	49.813	0	49.813	99	216	2	317	16	301	5%	95%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Da mesma maneira, os valores da TAB. 6.15 serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas sua respectiva micro-área estratégica, conforme apresentado na TAB. 6.16.

Tabela 6.16 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Eusébio

Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-EUS	Cristalino	3	1	1	2	0	0,77

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 7% da demanda total de água (TAB. 6.15). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Eusébio produziram uma vazão da ordem de 187 L/s para atendimento de cerca de 93% de sua demanda total (TAB. 6.15). Para tanto, os dados do cadastro revelaram que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 31% das

vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 69% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.4 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.15) deverão ocorrer de maneira generalizada e, essencialmente, em função do consumo industrial e doméstico na sede municipal, haja vista que a taxa de urbanização é de 100%. Diante deste contexto, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, em função da disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada.

Neste sentido, constata-se que a micro-área MA1-EUS, localizada próximo à sede municipal e associada à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável muito pequena em relação às demandas projetadas. Esta reserva é da ordem de 3 L/s, sendo que um terço dela já se encontra comprometida com o bombeamento dos poços, restando portanto, como potencial de produção disponível, uma vazão da ordem de 2 L/s (TAB. 6.16). Por outro lado, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são de qualidade razoável para consumo humano, como demonstra o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.16), mas, como descrito no item 5.1.2.2.3, os valores de STD e Cl⁻ encontram-se muito próximos do limite de potabilidade, dada a influência do embasamento cristalino.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indicam um suave crescimento da taxa de utilização das águas subterrâneas. Para os anos de 2005, 2010 e 2015 esta taxa deve se manter em torno de 94%, passando a 95% no ano de 2020. Apesar desta constância, registra-se que as demandas relativas sofrem incrementos razoáveis, devido ao crescimento da população municipal. Neste sentido, os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 deverão ser da ordem de 28 L/s, 57 L/s, 84 L/s e 114 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente. Assim, percebe-se que, mesmo com o incremento adicional proporcionado pelo reforço do reservatório de Aracoiaba, as demandas projetadas não serão plenamente atendidas pelo sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião. Dessa maneira, constata-se que para todos os horizontes de avaliação propostos a produção de águas subterrâneas deverá sofrer incrementos consideráveis, dada a falta de capacidade instalada do sistema superficial de abastecimento para atendimento das demandas crescentes. Neste contexto, a disponibilidade hídrica avaliada na micro-área MA1-EUS não será capaz de atender plenamente as demandas projetadas, uma vez que a sua vazão disponível para exploração representa um valor muito pequeno (2 L/s).

Sendo assim, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos para o incremento da oferta de água neste município, ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso. A curto prazo esta situação poderá se manter sustentável, mas a médio e longo prazo, dada a pequena vocação hidrogeológica do cristalino e a crescente urbanização e industrialização do município, irá comprometer as disponibilidades hídricas do sistema aquífero local e levar a uma situação insustentável.

6.1.2.5 - Município de Fortaleza

Para promover as discussões sobre a capacidade de atendimento das demandas de águas subterrâneas no município de Fortaleza, consideram-se as projeções das demandas dos diversos setores usuários, e também as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos propostos (TAB. 6.17).

Tabela 6.17 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Fortaleza, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	2.141.402	0	2.141.402	5.701	1.363	9	7.073	6.054	1.010	86%	14%
2005	2.448.912	0	2.448.912	6.519	1.559	10	8.088	6.236	1.852	77%	23%
2010	2.780.679	0	2.780.679	7.402	1.770	12	9.184	7.035	2.149	77%	23%
2015	3.068.590	0	3.068.590	8.169	1.953	13	10.135	7.035	3.100	69%	31%
2020	3.386.311	0	3.386.311	9.015	2.156	14	11.184	7.035	4.149	63%	37%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Os valores da tabela acima serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas nas respectivas micro-áreas estratégicas (TAB. 6.18).

Tabela 6.18 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Fortaleza

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	55	2	0	53	0,54
MA2-FOR	Dunas	20	247	20	0	227	1,47
MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	71	2	0	68	0,55
MA4-FOR	Dunas	12	77	12	0	65	1,18
MA5-FOR	Cristalino	6	5	5	1	0	0,61
MA6-FOR	Cristalino	6	14	6	0	7	0,44
MA7-FOR	Barreiras	20	42	20	0	23	0,68
MA8-FOR	Dunas	22	67	22	0	45	0,32
TOTAL		90	578	89	1	489	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 86% da demanda total de água. Já os poços públicos e privados em operação em Fortaleza produziram uma vazão da ordem de 1.010 L/s para atendimento de cerca de 14% de sua demanda total (TAB. 6.17). Para tanto, os dados do cadastro revelam que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 17% das vazões produzidas, enquanto aqueles poços privados arcaram com 83% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.5 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.17) deverão ocorrer, essencialmente, em função do consumo doméstico, uma vez que a população residente no município é totalmente urbana e que ocorre uma grande flutuação das populações ao longo da zona litorânea, onde se concentram a rede hoteleira e, obviamente, a região de praias (setor de turismo). Diante deste contexto, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, em função das disponibilidades hídricas nas micro-áreas estratégicas avaliadas.

Neste sentido, constata-se que a única micro-área capaz de oferecer um incremento adicional na vazão de águas subterrâneas é a micro-área MA5-FOR. Esta micro-área, que se localiza na porção central do município e se associa às rochas do embasamento cristalino, possui uma reserva renovável da ordem de 6 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 5 L/s e, portanto, ainda com potencial disponível para produção da ordem de 1 L/s (TAB. 6.18). Ademais, as águas subterrâneas produzidas apresentam uma qualidade razoável, como demonstra o seu valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.18). No entanto, como descrito no item 5.1.2.2.3, podem apresentar a sua qualidade comprometida em determinados pontos e/ou períodos do ano, em parte, pelas condições geológicas locais contaminação natural – salinização), em parte, pelos efeitos negativos da urbanização (e.g. poluição por efluentes líquidos).

As demais micro-áreas (MA1-FOR, MA2-FOR, MA3-FOR, MA4-FOR, MA6-FOR, MA7-FOR e MA8-FOR) estão com o seus potenciais de produção totalmente comprometidos em função dos poços em operação para atendimento das demandas localizadas (TAB. 6.18). Estas micro-áreas, além de possuírem reservas renováveis pequenas em relação às demandas projetadas, apresentam uma elevada densidade de poços instalados que produzem vazões superiores às respectivas reservas; portanto, importando água de suas vizinhanças. No geral,

as águas subterrâneas produzidas nestas micro-áreas são de boa qualidade, destacando-se apenas alguns pontos onde os teores de nitrato excedem o padrão de potabilidade das águas. Neste contexto, há que se destacar as micro-áreas MA2-FOR e MA4-FOR, localizadas na zona litorânea, onde os teores de STD e Cl^- são elevados em função da intrusão da cunha salina.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que para os anos de 2005 e 2010 as taxas de utilização de águas subterrâneas deverão ser aproximadamente constantes (em torno de 23%), dado o reforço adicional instalado com a operação do reservatório de Aracoiaba. Já para os anos de 2015 e 2020 estima-se um forte crescimento da taxa de utilização das águas subterrâneas (passando a ser de cerca de 31% e 35%, respectivamente), em parte, pela falta de capacidade instalada do sistema de abastecimento superficial, em parte, pelo acentuado crescimento da população residente.

Sendo assim, para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 estima-se que as taxas de utilização de águas subterrâneas devam evoluir para valores em torno de 23%, 23%, 31% e 37%, respectivamente. Em todos os períodos avaliados, estima-se que as demandas relativas de águas subterrâneas também sofrerão incrementos consideráveis. Neste sentido, os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 (ou seja, a diferença entre a demanda projetada de água subterrânea nos horizontes propostos e a demanda constatada no ano de 2000) deverão ser da ordem de 842 L/s, 1.139 L/s, 2.090 L/s e 3.139 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente.

Dessa maneira, verifica-se que a taxa de utilização das águas subterrâneas no município de Fortaleza deverá sofrer grandes incrementos a partir do ano de 2005, devido à expansão do consumo provocada pelo crescimento populacional. Neste cenário, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial, ou ainda no sentido de incrementar a oferta de água deste sistema, ocorrerá que já a partir do ano de 2005, os poços privados passarão a ser mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso, para suprir a demanda por água subterrânea, sem garantia de atendimento pleno. A situação se complica ainda mais quando se aventa a hipótese de colapso do sistema de abastecimento superficial (sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião), seja por fatores naturais ou antrópicos.

De maneira geral, o que se percebe em todos os casos é que as águas subterrâneas não terão capacidade de suprir as demandas crescentes no município de Fortaleza, uma vez que já se encontram sob intensa utilização. Neste caso, aumentar a capacidade de produção de águas subterrâneas implica em comprometer totalmente as disponibilidades hídricas dos sistemas aquíferos locais, em quantidade e qualidade, levando a uma situação totalmente insustentável. Sendo assim, deve-se pensar prioritariamente na expansão do sistema superficial de abastecimento, com o planejamento de novas estruturas, como por exemplo de importação de águas de outras bacias, para garantir o atendimento das demandas crescentes.

6.1.2.6 - Município de Guaiúba

No município de Guaiúba, dadas as projeções realizadas (TAB. 6.19) e os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas (TAB. 6.20), pode-se realizar o confronto entre as áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, conforme apresenta-se a seguir.

Tabela 6.19 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Guaiúba, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	15.611	4.273	19.884	34	6	3	43	21	22	50%	50%
2005	16.677	4.469	21.146	36	6	4	45	21	24	47%	53%
2010	17.691	4.674	22.365	38	6	4	48	21	27	44%	56%
2015	18.246	4.888	23.134	39	6	4	49	21	28	43%	57%
2020	18.819	5.112	23.931	40	7	4	51	21	30	41%	59%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.20 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Guaiúba

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MAI-GUA	Cristalino	29	4	4	25	0	0,77

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Neste caso, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (sistema Acarape do Meio) foi responsável pelo atendimento de cerca de 50% da demanda total de água (TAB. 6.19). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Guaiúba produziram uma vazão da ordem de 22 L/s para atendimento dos outros 50% de sua demanda total (TAB. 6.19). Para tanto, os dados do

cadastro revelaram que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 14% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 86% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.6 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.19) deverão ocorrer de maneira generalizada e, essencialmente, em função do consumo doméstico na sede municipal, onde se concentra cerca de 51% da população (88% urbana), e no distrito de Água Verde, onde se concentra cerca de 18% da população municipal (90% urbana). Diante deste contexto, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, em função da disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada.

Neste sentido, constata-se que a micro-área MA1-GUA, que engloba a sede distrital de Água Verde e associa-se à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável da ordem de 29 L/s, sendo que cerca de 4L/s já encontra-se comprometido com o bombeamento dos poços, restando portanto, como potencial de produção disponível, uma vazão da ordem de 25 L/s (TAB. 6.20). Além disso, constata-se que, no geral, as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área são de qualidade razoável para o consumo humano, como demonstra o seu valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.20). Contudo, como descrito no item 5.1.2.2.3, os valores de STD e CI encontram-se muito próximos do limite de potabilidade, dada a influência do cristalino.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica um suave crescimento da taxa de utilização das águas subterrâneas. Para os anos de 2005, 2010, 2015 e 2020 esta taxa deve evoluir para valores em torno de 53%, 56%, 57% e 59%, respectivamente. Nestes casos, registra-se que as demandas relativas sofrem incrementos razoáveis, devido ao crescimento das populações. Neste sentido, os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 (ou seja, a diferença entre a demanda projetada de água subterrânea nos horizontes propostos e a demanda constatada no ano de 2000) deverão ser da ordem de 2 L/s, 5 L/s, 6 L/s e 8 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente.

Dessa maneira, constata-se que para todos os horizontes de avaliação propostos a produção de águas subterrâneas deverá sofrer algum incremento, dada a falta de capacidade instalada do sistema superficial de abastecimento (reservatório Acarape do Meio) para atendimento das demandas crescentes. Sendo assim, acredita-se que a disponibilidade hídrica subterrânea da micro-área MA1-GUA seja capaz, e mais que suficiente, para atender plenamente as

demandas projetadas em todos os horizontes de avaliação propostos, seja em situação de atendimento normal ou emergencial. No entanto, cabe chamar a atenção para o fator de qualidade, que deve ser acompanhado e avaliado constantemente para se verificar a necessidade de tratamento das águas produzidas (dessalinizadores).

6.1.2.7 - Município de Horizonte

No município de Horizonte, dadas as projeções realizadas (TAB. 6.21) e os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas (TAB. 6.22), pode-se realizar o confronto entre as áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, conforme a seguir.

Tabela 6.21 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Horizonte, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	28.122	5.668	33.790	63	29	2	93	4	89	4%	96%
2005	34.198	7.111	41.309	77	35	2	114	4	110	4%	96%
2010	40.692	8.804	49.496	92	42	3	136	5	131	4%	96%
2015	44.379	10.341	54.720	101	46	3	150	5	145	3%	97%
2020	48.400	12.146	60.546	112	51	3	166	5	161	3%	97%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.22 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Horizonte

Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-HOR	Barreiras	90	80	80	10	0	1,23

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd.} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Neste caso, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 4% da demanda total de água (TAB. 6.21). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Horizonte produziram uma vazão da ordem de 89 L/s para atendimento de cerca de 96% de sua demanda total (TAB. 6.21). Para tanto, os dados do cadastro revelaram que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 42% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 58% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8). Como descrito no item 5.1.1.3.7 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.21) deverão ocorrer, essencialmente, em função do consumo doméstico e industrial

na sede municipal, onde se concentra cerca de 78% da população (100% urbana) e o distrito industrial.

Diante deste contexto, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, em função da disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada. Neste sentido, constata-se que a micro-área MA1-HOR, que engloba a sede municipal e associa-se à Unidade Aquífera Barreiras e Cristalino, possui uma reserva renovável da ordem de 90 L/s, sendo que cerca de 80L/s já encontra-se comprometido com o bombeamento dos poços, restando portanto, como potencial de produção disponível, uma vazão da ordem de 10 L/s (TAB. 6.22). No mais, ressalta-se as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam-se com sua qualidade comprometida (péssima qualidade), como demonstra o seu valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.22). Neste caso, como descrito no item 5.1.2.2.3, acredita-se que a falta de qualidade das águas subterrâneas esteja relacionada à presença do embasamento subjacente (Unidade do Cristalino) que, comumente, apresenta águas com qualidade química inferior, principalmente em termos dos teores de STD e Cl^- . Além disso, há também a possibilidade de poluição por esgotos, com indicam os teores de nitratos.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá manter-se aproximadamente constante. Contudo, em função do crescimento populacional, percebe-se que as demandas relativas deverão sofrer incrementos consideráveis. Neste sentido, os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 (ou seja, a diferença entre a demanda projetada de água subterrânea nos horizontes propostos e a demanda constatada no ano de 2000) deverão ser da ordem de 21 L/s, 42 L/s, 56 L/s e 72 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente. Estes incrementos de demanda para todos os horizontes de avaliação propostos serão dados pela falta de capacidade instalada suficiente do sistema superficial de abastecimento (Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) para atendimento das demandas crescentes.

Nestes cenários de utilização, a disponibilidade hídrica avaliada na micro-área MA1-HOR não será capaz de atender plenamente as demandas projetadas, uma vez que a sua vazão disponível para exploração representa um valor insuficiente (10 L/s). Para o ano de 2005, este valor representa cerca de 48% da demanda adicional necessária ao atendimento pleno das demandas. Sendo assim, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos para o incremento da

oferta de água neste município, ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso. A curto prazo esta situação poderá se manter sustentável, mas a médio e longo prazo, dada a crescente urbanização e industrialização do município, irá comprometer as disponibilidades hídricas do sistema aquífero local e levar a uma situação totalmente insustentável.

6.1.2.8 - Município de Itaitinga

No município de Itaitinga, dadas as projeções realizadas (TAB. 6.23) e os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas (TAB. 6.24), pode-se realizar o confronto entre as áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, conforme a seguir.

Tabela 6.23 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Itaitinga, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	26.546	2.671	29.217	56	9	1	66	32	34	48%	52%
2005	28.025	2.705	30.729	59	9	1	69	33	36	48%	52%
2010	29.381	2.733	32.114	62	10	1	72	37	35	51%	49%
2015	29.958	2.740	32.698	63	10	1	74	37	37	50%	50%
2020	30.547	2.747	33.294	64	10	1	75	37	38	49%	51%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.24 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de itaitinga

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-ITA	Cristalino	4	14	4	0	10	1,68

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Neste caso, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 48% da demanda total de água (TAB. 6.23). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Itaitinga produziram uma vazão da ordem de 34 L/s para atendimento de cerca de 52% de sua demanda total (TAB. 6.23). Para tanto, os dados do cadastro revelaram que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 94% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 6% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.8 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.23) deverão ocorrer, essencialmente, em função do consumo na sede municipal, onde se concentra cerca de 56% da população (96% urbana) e também a infra-estrutura do setor industrial, e no distrito de geraú, onde se concentra cerca de 44% da população municipal (84% urbana).

Diante disso, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, em função da disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada. Neste sentido, constata-se que a micro-área MA1-ITA, que engloba a sede municipal e associa-se à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável muito pequena, da ordem de 4 L/s, que já está sendo plenamente utilizada com o bombeamento dos poços. Além disso, registra-se a importação de águas subterrâneas das vizinhanças, numa vazão equivalente a 10 L/s (TAB. 6.24), muito superior à sua reserva renovável. Ademais, verifica-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam-se com sua qualidade comprometida (péssima qualidade), como demonstra o seu valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.24). Neste caso, como descrito no item 5.1.2.2.3, acredita-se que a falta de qualidade das águas subterrâneas esteja relacionada à poluição por esgotos, com indicam os teores elevados de nitratos.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá manter-se aproximadamente constante. Neste caso, cabe ressaltar que, em função do reforço dado pelo reservatório de Aracoíaba, a taxa de utilização das águas subterrâneas no ano de 2010 deverá sofrer uma ligeira queda, seguida de uma retomada de crescimento nos anos de 2015 e 2020. Dessa maneira, os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 (ou seja, a diferença entre a demanda projetada de água subterrânea nos horizontes propostos e a demanda constatada no ano de 2000) deverão ser da ordem de 2 L/s, 1 L/s, 3 L/s e 4 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente.

Mesmo com estes pequenos incrementos ao longo dos períodos analisados verifica-se que a micro-área MA1-ITA não é capaz de atender às demandas projetadas de água subterrânea do município, pois o seu potencial de produção já está sendo plenamente utilizado e a sua qualidade já se encontra comprometida. Sendo assim, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos

para o incremento da oferta de água, ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso, comprometendo ainda mais o sistema aquífero local.

6.1.2.9 - Município de Maracanaú

Para o confronto de informações relativas ao município de Maracanaú, são consideradas as projeções das demandas dos diversos setores usuários da água, como também, as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos de avaliação propostos (TAB. 6.25). Da mesma maneira, estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas sua respectiva micro-área estratégica, conforme apresentado na TAB. 6.26.

Tabela 6.25 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Maracanaú, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	179.170	562	179.732	479	233	4	716	566	150	79%	21%
2005	204.899	562	205.461	547	266	5	818	583	235	71%	29%
2010	232.658	562	233.220	621	302	5	929	658	271	71%	29%
2015	256.747	562	257.309	685	334	6	1.025	658	367	64%	36%
2020	283.331	562	283.893	756	368	7	1.130	658	472	58%	42%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.26 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Maracanaú

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-MARAC	Cristalino	9	23	9	0	15	0,91

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Neste caso, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 79% da demanda total de água (TAB. 6.25). Já os poços públicos e privados em operação em Maracanaú produziram uma vazão da ordem de 150 L/s para atendimento de cerca de 21% de sua demanda total (TAB. 6.25). Para tanto, os poços públicos foram responsáveis por cerca de 5% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 95% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.9 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.25) deverão ocorrer, essencialmente, em função do consumo doméstico e industrial na sede municipal, onde se concentram cerca de 81% da população (99% urbana) e a infra-estrutura industrial, bem como em função do consumo doméstico no distrito de Pajuçara, onde se concentra cerca de 19% da população municipal (100% urbana). Diante disso, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, em função da disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada.

Posto isto, constata-se que a micro-área MA1-MARAC, que engloba o distrito de Pajuçara e associa-se à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável muito pequena, da ordem de 9 L/s, que já está sendo plenamente utilizada com o bombeamento dos poços. Além disso, registra-se a importação de águas subterrâneas das vizinhanças, numa vazão equivalente a 15 L/s (TAB. 6.26), muito superior à sua reserva renovável. Ademais, como descrito no item 5.1.2.2.3, verifica-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam-se com sua qualidade comprometida (qualidade ruim), como demonstra o seu valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.26). Neste caso, isto foi constatado pelos teores elevados de NO_3^- e STD em determinados períodos de monitoramento, refletindo a influência do cenário hidrogeológico (Unidade Cristalino) e dos efeitos negativos da urbanização.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá sofrer consideráveis incrementos, chegando a dobrar o ano de 2020. Neste cenário evolutivo, registra-se que os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 deverão ser da ordem de 85 L/s, 121 L/s, 217 L/s e 322 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente. Assim, percebe-se que mesmo com o incremento adicional proporcionado pelo reforço do reservatório de Aracoiaba as demandas projetadas não serão plenamente atendidas pelo sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião.

Neste contexto, registra-se também que a disponibilidade hídrica avaliada na micro-área MA1-MARAC não será capaz de atender as demandas projetadas, uma vez que a sua reserva renovável já encontra-se totalmente comprometida, e inclusive ocorrendo a importação de águas das vizinhanças. Sendo assim, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos para o incremento da oferta de água neste município, ocorrerá que os poços privados passarão a ser

mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso. A curto prazo esta situação poderá se manter sustentável, mas a médio e longo prazo, dada a pequena vocação hidrogeológica do cristalino e a crescente urbanização e industrialização, irá comprometer as disponibilidades hídricas do sistema aquífero local e levar a uma situação insustentável.

6.1.2.10 - Município de Maranguape

Para promover as discussões sobre a capacidade de atendimento das demandas de águas subterrâneas no município de Maranguape, pelas reservas das suas respectivas micro-áreas estratégicas, consideram-se inicialmente as projeções das demandas dos diversos setores usuários, e também, as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos propostos (TAB. 6.27). Estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas suas respectivas micro-áreas estratégicas (TAB. 6.28).

Tabela 6.27 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Maranguape, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	65.268	22.867	88.135	156	107	21	284	139	145	49%	51%
2005	72.132	24.069	96.201	171	117	22	310	139	171	45%	55%
2010	79.139	25.312	104.451	185	127	24	337	139	198	41%	59%
2015	84.335	26.524	110.860	197	135	26	357	139	218	39%	61%
2020	89.873	27.794	117.667	209	143	27	379	139	240	37%	63%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.28 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Maranguape

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-MARAN	Cristalino	13	3	3	10	0	4,51
MA2-MARAN	Cristalino	1	3	1	0	2	0,70
TOTAL		14	6	4	10	2	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (açude Acarape do Meio) foi responsável pelo atendimento de cerca de 49% da demanda total de água. Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Maranguape produziram uma vazão da ordem de 145 L/s para atendimento de cerca de 51% de sua demanda total (TAB. 6.27). Para tanto, os dados do cadastro revelam que

os poços públicos foram responsáveis por cerca de 13% das vazões produzidas, enquanto aqueles poços privados arcaram com 87% da produção no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.10, os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.27) deverão ocorrer em todos os distritos, mas principalmente na região que circunscribe os distritos de Penedo (4% da população total) e Lagoa do Juvenal (2% da população total), uma vez que a sede municipal é atendida pelo sistema superficial (açude Acarape do Meio) e os outros distritos contam com o sistema da pequena açudagem para atendimento de suas demandas (*e.g.* açudes Amanari, Umarizeiras e Cavalcanti Ribeiro).

Independentemente da distribuição das demandas, constata-se que a única micro-área capaz de atender às vazões adicionais de águas subterrâneas no município é a micro-área MA1-MARAN. Esta micro-área, que engloba o distrito de Lagoa do Juvenal, associa-se à Unidade Aquífera Cristalino e apresenta uma reserva renovável da ordem de 13 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 3 L/s, portanto, com um potencial de produção ainda disponível da ordem de 10 L/s (TAB. 6.28). No entanto, ressalta-se que ela está com a qualidade de suas águas seriamente comprometida (TAB. 6.28), como demonstra o seu valor de **IRQ_{méd.}** (péssima qualidade). Como descrito no item 5.1.2.2.3, isto se deve à presença de poços captando águas do cristalino, onde os teores de STD e Cl⁻ são comumente elevados (contaminação natural); como também à poluição gerada pelo lançamento de esgotos, como sugere os valores elevados de NO₃⁻. Contudo, isto não impede que ela seja utilizada para atendimento das demandas localizadas (*e.g.* distritos de Lagoa do Juvenal e Penedo), desde que as suas águas passem pelo devido tratamento.

A micro-área MA2-MARAN, que engloba o distrito de Penedo e que também associa-se à Unidade Aquífera Cristalino, está com o seu potencial de produção totalmente comprometido em função dos poços em operação para atendimento das demandas localizadas (TAB. 6.28). Neste caso, verifica-se que a sua reserva renovável é muito pequena (da ordem de 1 L/s) e que os poços chegam a importar água das vizinhanças (cerca de 2 L/s). Por outro lado, como descrito no item 5.1.2.2.3, verifica-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam uma qualidade razoável para consumo humano, como demonstra o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.32). No entanto, há que se destacar a produção de águas ligeiramente salobras, com teores de STD superiores a 500,0 mg/L em determinados períodos, refletindo a influência do cenário hidrogeológico no qual se insere (Unidade Aquífera Cristalino).

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá sofrer consideráveis incrementos. Neste cenário evolutivo, registra-se que os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 deverão ser da ordem de 26 L/s, 53 L/s, 73 L/s e 95 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente. Assim, percebe-se que a disponibilidade hídrica avaliada não seria capaz de atender ao crescimento das demandas totais do município. Por outro lado, se forem consideradas apenas as demandas domésticas dos distritos de Lagoa do Juvenal e Penedo, acredita-se que a micro-área MA1-MARAN seria capaz de atender todos os horizontes evolutivos projetados.

De modo geral, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos para o incremento da oferta de água neste município, ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso. Esta situação está fadada a ser totalmente insustentável, dada a baixa vocação hidrogeológica da Unidade Aquífera Cristalino e à crescente urbanização e industrialização do município, que tende a comprometer ainda mais as disponibilidades hídricas do sistema aquífero local, em quantidade e qualidade.

6.1.2.11 - Município de Pacajus

Para promover as discussões sobre a capacidade de atendimento das demandas de águas subterrâneas no município de Pacajus, pelas reservas das suas respectivas micro-áreas estratégicas, consideram-se as projeções das demandas dos diversos setores usuários, e também, as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos propostos (TAB. 6.29). Estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas suas respectivas micro-áreas estratégicas (TAB. 6.30).

Tabela 6.29 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Pacajus, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	34.301	9.769	44.070	80	233	5	317	73	244	23%	77%
2005	39.189	9.542	48.730	88	257	5	351	75	276	21%	79%
2010	44.201	9.319	53.521	97	283	6	385	85	300	22%	78%
2015	47.360	9.102	56.462	102	298	6	406	85	321	21%	79%
2020	50.744	8.891	59.635	108	315	7	429	85	344	20%	80%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.30 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de Pacajus

Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-PACAJ	Barreiras	205	48	48	157	0	2,85
MA2-PACAJ	Barreiras	67	97	67	0	30	1,23
TOTAL		272	145	115	157	30	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; **IRQ_{méd.}** – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 23% da demanda total de água. Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Pacajus produziram uma vazão da ordem de 244 L/s para atendimento de cerca de 77% de sua demanda total (TAB. 6.29). Para tanto, os dados do cadastro revelam que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 33% das vazões produzidas, enquanto aqueles poços privados arcaram com 67% da produção no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.11, os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.29) deverão ocorrer em todos os distritos, mas principalmente em função do consumo industrial e doméstico na região que circunscreve a sede municipal, onde se concentra cerca de 91% da população total (82% urbana) e se localiza o distrito industrial; e subordinadamente nas sedes distritais de Pascoal e Itaipaba. Diante disso, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, dadas as disponibilidades hídricas nas micro-áreas estratégicas avaliadas.

Neste sentido, constata-se que a micro-área MA1-PACAJ, que engloba os distritos de Itaipaba e Pascoal, associa-se à Unidade Aqüífera Barreiras. Contudo, em profundidade, pode sofrer a influência de rochas do embasamento cristalino, dada a proximidade do contato. A sua reserva renovável é da ordem de 205 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 48 L/s, portanto, com potencial de produção ainda disponível da ordem de 157 L/s (TAB. 6.30). Além disso, observa-se que ela está com a qualidade de suas águas amplamente comprometida (péssima qualidade), como demonstra o seu valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.30). Como descrito no item 5.1.2.2.3, acredita-se que isto se deva à presença de poços captando águas do cristalino, onde os teores de STD e Cl^- são comumente elevados (contaminação natural - salinização); e também pela poluição gerada com o lançamento de efluentes líquidos domésticos, como sugerem os teores elevados de NO_3^- . Contudo, dado o seu elevado

potencial de produção, isto não impede que a referida micro-área seja utilizada para atendimento das demandas localizadas (*e.g.* distritos de Pascoal e Itaipaba), ou até mesmo da sede municipal, desde que as suas águas passem pelo devido tratamento prévio.

Já a micro-área MA2-PACAJ, que abrange a sede municipal associa-se à Unidade Aquífera Barreiras, apresenta uma reserva renovável da ordem de 67 L/s, a qual já está sendo plenamente utilizada com o bombeamento dos poços. Além disso, registra-se a importação de águas subterrâneas das vizinhanças, numa vazão equivalente a 30 L/s (TAB. 6.30). Além disso, como demonstra o seu respectivo valor de $IRQ_{\text{méd.}}$ (TAB. 6.30), verifica-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam a sua qualidade comprometida, com restrições ao consumo humano direto, como descrito no item 5.1.2.2.3. Neste caso, destaca-se a produção de águas ligeiramente salobras (dada a presença do embasamento cristalino subjacente) e também com problemas de poluição por lançamento de efluentes líquidos doméstico e industrial.

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá sofrer um suave crescimento no ano de 2005, atingindo cerca de 79%, depois uma ligeira queda em 2010 (78%), dado o reforço instalado pelo reservatório de Aracoiaba, seguida pela retomado do crescimento nos horizontes de 2015 e 2020, atingindo valores da ordem de 79% e 80%, respectivamente. Neste cenário evolutivo, registra-se que os incrementos de demanda projetados em relação ao ano de 2000 deverão ser da ordem de 32 L/s, 56 L/s, 77 L/s e 100 L/s para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente.

Posto isto, verifica-se que, independentemente da distribuição das demandas, a única micro-área com potencial de produção disponível é a micro-área MA1-PACAJ. Neste caso, acredita-se que a disponibilidade hídrica subterrânea da referida micro-área seja capaz, e mais que suficiente, para atender plenamente as demandas projetadas em todos os horizontes de avaliação propostos, seja em situação de atendimento normal ou emergencial. No entanto, cabe chamar a atenção para o fator de qualidade, que deve ser acompanhado e avaliado constantemente para verificar a necessidade de tratamento das águas produzidas.

6.1.2.12 - Município de Pacatuba

Para o confronto de informações relativas ao município de Pacatuba, são consideradas as projeções das demandas dos diversos setores usuários da água, como também, as projeções de

vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos de avaliação propostos (TAB. 6.31). Da mesma maneira, estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas sua respectiva micro-área estratégica, conforme apresentado na TAB. 6.32.

Tabela 6.31 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Pacatuba, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	47.028	4.668	51.696	99	37	4	140	108	32	77%	23%
2005	53.808	4.575	58.383	112	42	5	158	108	50	68%	32%
2010	61.199	4.485	65.683	126	47	5	178	108	70	61%	39%
2015	67.967	4.396	72.362	139	52	6	196	108	88	55%	45%
2020	75.483	4.308	79.792	153	57	6	216	108	108	50%	50%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.32 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, na micro-área estratégica do município de Pacatuba

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-PACAT	Cristalino	9	16	9	0	7	0,63

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd.} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Neste caso, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (Acarape do Meio e Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião) foi responsável pelo atendimento de cerca de 77% da demanda total de água (TAB. 6.31). Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de Pacatuba produziram uma vazão da ordem de 32 L/s para atendimento de cerca de 23% de sua demanda total (TAB. 6.31). Para tanto, os dados do cadastro revelaram que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 34% das vazões produzidas, enquanto que os poços privados arcaram com cerca de 66% da produção de águas subterrâneas no referido ano (TAB. 6.8).

Como descrito no item 5.1.1.3.12 (Caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento), os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.31) deverão ocorrer, principalmente, pelo crescimento do consumo doméstico e industrial na sede municipal, onde se concentra cerca de 22% da população (83% urbana) e se localiza a infra-estrutura do setor industrial, abastecidos pelo sistema Acarape do Meio; bem como pelo crescimento do

consumo doméstico nos demais distritos abastecidos pelo sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião. Como não existem estimativas oficiais da composição das demandas por distritos, e nestes por setor, a área crítica de abastecimento em Pacatuba é definida, essencialmente, em função da necessidade de atendimento da população da sede administrativa municipal.

Diante disso, analisa-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, dada a disponibilidade hídrica na micro-área estratégica avaliada. Neste caso, constata-se que a micro-área MA1-PACAT, que engloba a sede municipal e associa-se à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável muito pequena, da ordem de 9 L/s, que já está sendo plenamente utilizada com o bombeamento dos poços. Além disso, registra-se a importação de águas subterrâneas das vizinhanças, numa vazão equivalente a 7 L/s (TAB. 6.32). Por outro lado, como descrito no item 5.1.2.2.3, verifica-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área apresentam uma qualidade razoável para consumo humano, como demonstra o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** (TAB. 6.32). No entanto, há que se destacar a produção de águas ligeiramente salobras, com teores de STD superiores a 500,0 mg/L em determinados períodos, refletindo a influência do cenário hidrogeológico no qual se insere (Unidade Aquífera Cristalino).

Por sua vez, a evolução das demandas nos horizontes projetados indica que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá sofrer consideráveis incrementos, chegando a se igualar com a taxa de utilização das águas superficiais em 2020. Neste cenário evolutivo, registra-se que os incrementos projetados em relação ao ano de 2000 deverão ser da ordem de 18 L/s, 38 L/s, 56 L/s e 76 L/s, respectivamente, para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020. Assim, percebe-se que, mesmo com o incremento adicional proporcionado pelo reforço do reservatório de Aracoiaba, as demandas projetadas não serão plenamente atendidas pelo sistema Pacajus/Pacoti/Riachão/Gavião, nem tampouco pelo sistema Acarape do Meio.

Neste contexto, registra-se também que a disponibilidade hídrica avaliada na micro-área MA1-PACAT não será capaz de atender as demandas projetadas, uma vez que a sua reserva renovável já encontra-se totalmente comprometida. Sendo assim, caso não haja planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos para o incremento da oferta de água neste município, ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais requisitados. A curto prazo esta situação poderá se manter

sustentável, mas a médio e longo prazo, dada a pequena vocação hidrogeológica do cristalino e a crescente urbanização e industrialização, poderá comprometer as disponibilidades hídricas locais e levar a uma situação insustentável, em termos de quantidade e qualidade.

6.1.2.13 - Município de São Gonçalo do Amarante

Para promover as discussões sobre a capacidade de atendimento das demandas no município de São Gonçalo do Amarante, consideram-se as projeções das demandas dos diversos setores usuários, e também as projeções de vazão instalada do sistema de açudagem e de utilização de águas subterrâneas ao longo dos períodos propostos (TAB. 6.33). Estes valores serão comparados com os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, nas suas micro-áreas estratégicas (TAB. 6.34).

Tabela 6.33 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de São Gonçalo do Amarante, nos períodos considerados a partir dos dados do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	22.077	13.531	35.608	60	482	6	548	172	376	31%	69%
2005	33.044	14.772	47.815	80	648	9	736	172	564	23%	77%
2010	47.263	16.052	63.315	106	857	11	975	172	803	18%	82%
2015	56.378	17.122	73.501	123	995	13	1.132	172	960	15%	85%
2020	67.251	18.265	85.516	143	1.158	15	1.317	172	1.145	13%	87%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

Tabela 6.34 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, nas micro-áreas estratégicas do município de São Gonçalo do Amarante

Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	11	11	204	0	0,55
MA2-SGA	Cristalino	38	7	7	31	0	1,47
MA3-SGA	Cristalino	72	7	7	65	0	1,32
TOTAL		325	25	25	300	0	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd.} – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 o sistema de abastecimento representado pelos reservatórios superficiais (açude de Sítios Novos) foi responsável pelo atendimento de cerca de 31% da demanda total de água. Já os poços públicos e privados em operação em todo o município de São Gonçalo do Amarante produziram uma vazão da ordem de 376 L/s para atendimento de cerca de 69% de sua demanda total (TAB. 6.33). Para tanto, os dados do cadastro revelam que os poços públicos foram responsáveis por cerca de 9% das vazões

produzidas. Já os poços privados arcaram com 91% da produção no referido ano (TAB. 6.8). Como descrito no item 5.1.1.3.1, os incrementos projetados de demanda de água subterrânea (TAB. 6.33) deverão ocorrer em todos os distritos, mas principalmente na sede municipal, onde reside cerca de 21% da população total, e no distrito de Pecém, onde se localiza o complexo industrial (região portuária do Pecém), com projeções de grandes expansões. Como não há dados oficiais disponíveis para se fazer a compartimentação das demandas e nem para identificar qual o grau de utilização das fontes de abastecimento usadas nos demais distritos, pode-se analisar apenas o contexto geral de evolução das demandas do município, frente as disponibilidades hídricas nas micro-áreas estratégicas avaliadas.

Neste sentido, constata-se que a micro-área MA1-SGA, que envolve toda a zona litorânea do município, abrangendo os distritos de Siupé, Taíba e Pecém, associa-se às unidades aquíferas Dunas e Paleodunas. A sua reserva renovável é da ordem de 215 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 11 L/s e, portanto, com potencial de produção ainda disponível da ordem de 204 L/s (TAB. 6.34). Nesta micro-área, as águas subterrâneas produzidas são de boa qualidade, como demonstra o seu valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.34). Contudo, como descrito no item 5.1.2.2.3, pode apresentar períodos ou pontos localizados com a produção de águas com qualidade inferior, devido à poluição por efluentes líquidos domésticos e industriais.

Já a micro-área MA2-SGA, localizada próxima ao distrito de Umarituba e associada à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável da ordem de 38 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 7 L/s e, portanto, com potencial de produção ainda disponível da ordem de 31 L/s (TAB. 6.34). Por outro lado, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área está com a qualidade comprometida (péssima qualidade), como demonstra o seu respectivo valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.34). Neste caso, ressalta-se a contaminação natural (salinização) e a poluição gerada com o lançamento de efluentes líquidos domésticos, como descrito no item 5.1.2.2.3.

Por sua vez, a micro-área MA3-SGA, localizada próxima ao distrito de Croatá e também associada à Unidade Aquífera Cristalino, possui uma reserva renovável da ordem de 72 L/s, com uma vazão já sendo produzida da ordem de 7 L/s e, portanto, com potencial de produção ainda disponível da ordem de 65 L/s (TAB. 6.34). Por outro lado, constata-se que as águas subterrâneas produzidas nesta micro-área está com a qualidade comprometida, como demonstra o seu respectivo valor de $IRQ_{méd.}$ (TAB. 6.34). Neste caso, ressalta-se a

contaminação natural (salinização) e a poluição gerada com o lançamento de efluentes líquidos domésticos, como descrito no item 5.1.2.2.3.

Diante deste contexto pode-se avaliar a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos. Neste sentido, estima-se que para o ano de 2005, a produção de águas subterrâneas deverá sofrer um aumento razoável, em função do crescimento das demandas domésticas e industriais (complexo do Pecém), passando a ser de cerca de 564 L/s, elevando o seu grau de utilização para cerca de 77% da demanda total (TAB. 6.33), e refletindo num incremento adicional da ordem de 188 L/s em relação ao ano de 2000.

Neste cenário, contabilizando as vazões ainda disponíveis para a exploração, constata-se que a micro-área MA1-SGA tem capacidade para atender totalmente o incremento de demanda planejada para o município no ano de 2005. Caso não haja um planejamento do abastecimento público neste sentido, ou no sentido de reforçar o sistema de abastecimento superficial através de novos reservatórios, ocorrerá que os poços privados passarão a ser mais explorados, com um regime de bombeamento mais intenso, até que as demandas existentes sejam atendidas.

Para os próximos horizontes considerados (2010, 2015 e 2020), a taxa de utilização das águas subterrâneas continuará a crescer geometricamente com a expansão da população e do setor industrial (Complexo Portuário do Pecém), evoluindo para valores da ordem de 82%, 85% e 87%, respectivamente. Neste contexto, os incrementos de demandas de águas subterrâneas projetados em relação ao ano de 2000 deverão ser da ordem de 427 L/s, 584 L/s e 769 L/s, respectivamente.

Assim, percebe-se que mesmo conjugando o potencial disponível para produção nas três micro-áreas estratégicas do município, cerca de 300 L/s, os incrementos adicionais de demanda projetados não poderão ser plenamente atendidas pelo sistema subterrâneo. Nestes casos, constata-se que o potencial de atendimento das micro-áreas estratégicas corresponderão a valores relativos de incremento da ordem de 70%, 50% e 40%, respectivamente, para os anos de 2010, 2015 e 2020.

Por outro lado, se forem consideradas apenas a expansão das demandas domésticas do município e o potencial de atendimento das águas subterrâneas, percebe-se que para os horizontes projetados (2005, 2010, 2015 e 2020) os incrementos relativos de demanda serão

da ordem de 20 L/s, 46 L/s, 63 L/s e 83 L/s, respectivamente. Neste contexto, o potencial disponível para produção nas micro-áreas estratégicas (300 L/s) seria mais que suficiente para atender a expansão das demandas domésticas. Neste caso, poderia contribuir ainda para o atendimento das demandas industriais, principalmente na região portuária, onde o potencial de produção da micro-área MA1-SGA e as demandas projetadas são maiores.

De fato, em termos gerais, a taxa de utilização das águas subterrâneas no município de São Gonçalo do Amarante deverá sofrer grandes incrementos a partir do ano de 2005, devido à expansão provocada pelo desenvolvimento do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Neste cenário, caso não haja o planejamento de novas estruturas de reservação hídrica superficial ou a utilização de novos mananciais subterrâneos para o incremento da oferta de água neste município, ocorrerá que a partir do ano de 2010, os poços privados passarão a ser mais requisitados, através de um regime de bombeamento mais intenso (cerca de 30% a mais em 2010, 50% a mais em 2015 e 60% a mais em 2020), para suprir a demanda por água subterrânea.

Além disso, caso haja uma situação de colapso do sistema de abastecimento superficial (açude de Sítios Novos), seja por fatores naturais ou antrópicos, as águas subterrâneas passarão a ser ainda mais exploradas, em caráter emergencial, para suprir ou complementar as demandas existentes. Em ambos os casos, a exploração de águas subterrâneas poderá comprometer as disponibilidades hídricas do sistema aquífero local, em quantidade e qualidade, levando a uma situação insustentável no município.

Sendo assim, considerando ainda a baixa vocação hidrogeológica do embasamento cristalino, deve-se pensar na expansão do sistema superficial de abastecimento (reservatório de Sítios Novos) com o planejamento de novas estruturas, como por exemplo a interligação com o reservatório do Cauhipe (com vazão projetada da ordem de 200 L/s), para garantir o atendimento da demandas crescentes, principalmente na região portuária do Pecém.

6.1.3 - Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento

A partir da hierarquização do potencial de qualidade e de quantidade apresentados anteriormente (itens 5.1.2.2.4 e 5.1.2.3.4, respectivamente), podem-se confrontar estas informações para gerar um panorama integrado sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas nas micro-áreas estratégicas da **RMF**. Dessa maneira, pretende-se priorizar e

hierarquizar as Áreas Estratégicas de Abastecimento pelo potencial quantitativo e qualitativo de suas águas subterrâneas, frente a possibilidade de atendimento pleno das demandas e/ou de incremento de água para o sistema de distribuição principal.

Para efeito desta hierarquização, considera-se prioritário o potencial quantitativo disponível de cada micro-área (*i.e.* valores caracterizados e hierarquizados de reserva renovável disponível), por município, uma vez que é assumido que a capacidade de produção seja o fator preponderante para o atendimento das demandas hídricas. A partir disso, é que se considera o aspecto qualitativo das águas subterrâneas (pelos valores médios do Índice Relativo de Qualidade – $IRQ_{méd}$), com o intuito de estabelecer uma visão integrada sobre as disponibilidades hídricas nas micro-áreas estratégicas avaliadas. No caso das micro-áreas estratégicas, com potencial quantitativo disponível, se mostrarem com a qualidade de suas águas subterrâneas comprometidas, ainda assim se mantém a prioridade de hierarquização, pois entende-se que elas sejam passíveis de tratamento antes da utilização.

Dessa maneira, determina-se que as micro-áreas estratégicas com potencial quantitativo disponível para exploração, independentemente da qualidade de suas águas subterrâneas, passam a assumir um papel de Área Estratégica de Atendimento às Demandas. No entanto, ressalta-se que se as águas subterrâneas apresentarem a sua qualidade comprometida, deve-se proceder na identificação do tipo problema associado e, a partir disso, na execução dos procedimentos e medidas necessárias para a sua solução (*e.g.* instalação de dessalinizadores, tratamento biológico), antes da utilização.

Para o caso onde ocorre a importação de águas subterrâneas das vizinhanças da micro-área estratégica, a prioridade de hierarquização passa a ser em ordem crescente dos valores de vazão importada pelos poços, uma vez que se considera indesejável qualquer volume de água importado das vizinhanças, pois entende-se que quanto menor este volume, tanto menor também será o risco de comprometimento do potencial quantitativo de áreas adjacentes, e vice-versa. Neste caso, o potencial de qualidade das águas subterrâneas passa a assumir um papel mais abrangente, como indicadores de problemas de qualidade inclusive no entorno da micro-área estratégica explorada.

Neste sentido, deve-se ater para o fato de que se uma determinada micro-área está importando águas de suas vizinhanças, pode estar comprometendo o potencial quantitativo da micro-área adjacente, além de colocar em risco o seu próprio potencial qualitativo, pois está sujeita a

incorporar águas de qualidade inferior. Posto isto, apresenta-se na TAB. 6.35 a integração dos resultados quantitativos e qualitativos, priorizando e hierarquizando as Áreas Estratégicas de Abastecimento, segundo os critérios descritos acima.

Tabela 6.35 - Priorização e hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento com base em seus respectivos potenciais de quantidade e qualidade das águas subterrâneas

Município	Área Estratégica	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável	Reserva Renovável	Reserva Renovável	Vazão	Potencial	IRQ _{méd.}	Potencial
			Total (L/s)	Utilizada (L/s)	Disponível (L/s)	Importada por Poços (L/s)	Quantitativo Disponível		
Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	188	51	137	0	Alto	0,28	Excelente
	MA1-AQU	Barreiras	102	27	75	0	Alto	1,30	Péssima
	MA2-AQU	Barreiras	40	32	8	0	Muito Baixo	0,98	Ruim
	MA3-AQU	Dunas	37	35	2	0	Muito Baixo	0,79	Razoável
Caucaia	MA2-CAUC	Cristalino	105	22	83	0	Alto	2,33	Péssima
	MA5-CAUC	Dunas/ Paleodunas	47	6	41	0	Muito alto	0,14	Excelente
	MA4-CAUC	Dunas/ Paleodunas	86	73	13	0	Muito Baixo	0,59	Boa
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	22	22	0	39	Nulo	1,46	Péssima
	MA1-CAUC	Barreiras	98	98	0	66	Nulo	1,21	Péssima
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	27	143	0	Muito alto	3,34	Péssima
Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	3	1	2	0	Moderado	0,77	Razoável
Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	6	5	2	0	Baixo	0,61	Razoável
	MA6-FOR	Cristalino	6	6	0	7	Nulo	0,44	Boa
	MA7-FOR	Barreiras	20	20	0	23	Nulo	0,68	Razoável
	MA8-FOR	Dunas	22	22	0	45	Nulo	0,32	Boa
	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	2	0	54	Nulo	0,54	Boa
	MA4-FOR	Dunas	12	12	0	65	Nulo	1,18	Ruim
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	2	0	68	Nulo	0,55	Boa
	MA2-FOR	Dunas	20	20	0	227	Nulo	1,47	Péssima
Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	29	4	25	0	Muito alto	0,77	Razoável
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	80	10	0	Muito Baixo	1,23	Péssima
Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	4	4	0	10	Nulo	1,68	Péssima
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	9	0	15	Nulo	0,91	Ruim
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	3	10	0	Alto	4,51	Péssima
	MA2-MARAN	Cristalino	1	1	0	2	Nulo	0,70	Razoável
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	48	157	0	Alto	2,85	Péssima
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	67	0	29	Nulo	1,23	Péssima
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	9	0	8	Nulo	0,63	Razoável
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	11	204	0	Muito alto	0,55	Boa
	MA3-SGA	Cristalino	72	7	65	0	Muito alto	1,32	Péssima
	MA2-SGA	Cristalino	38	7	31	0	Muito alto	1,47	Péssima

Nota: reservas e vazões calculadas pelo modelo; **IRQ_{méd.}** – Índice Relativo de Qualidade (valor médio).

No caso da caracterização do potencial quantitativo disponível e do potencial qualitativo, vale lembrar que a classificação é feita segundo os valores de **IRDH** e de **IRQ**, segundo resgatado na TAB. 6.36.

Tabela 6.36 - Faixas de variação dos valores de **IRDH** e **IRQ** para a caracterização do potencial quantitativo disponível e do potencial qualitativo das águas subterrâneas

IRDH		IRQ	
Faixa de Variação	Classificação	Faixa de Variação	Classificação
$0,0 < \text{IRDH} \leq 0,2$	Muito Baixo	$0,0 < \text{IRQ} \leq 0,3$	Excelente
$0,2 < \text{IRDH} \leq 0,4$	Baixo	$0,3 < \text{IRQ} \leq 0,6$	Boa
$0,4 < \text{IRDH} \leq 0,6$	Moderado	$0,6 < \text{IRQ} \leq 0,9$	Razoável
$0,6 < \text{IRDH} \leq 0,8$	Alto	$0,9 < \text{IRQ} \leq 1,2$	Ruim
$0,8 < \text{IRDH} \leq 1,0$	Muito Alto	$\text{IRQ} > 1,2$	Péssima

Nota: **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica; **IRQ** – Índice Relativo de Qualidade.

Pelas informações apresentadas na TAB. 6.35 e 6.36, pode-se estabelecer uma caracterização geral das Áreas Estratégicas de Abastecimento, por município. Esta caracterização é apresentada no mapa DE-A05-01 (ANEXO V) e descrita a seguir:

- Em Aquiraz, as suas áreas estratégicas foram hierarquizadas, segundo o seu potencial quantitativo disponível para atender as demandas municipais, da seguinte maneira: MA4-AQU; MA1-AQU; MA2-AQU; e, MA3-AQU (TAB. 6.35). Adicionalmente, os valores de **IRDH** caracterizam uma disponibilidade hídrica alta para as micro-áreas MA1-AQU e MA4-AQU, e muito baixa para as micro-áreas MA2-AQU e MA3-AQU. Neste contexto, conforme apresentado na TAB. 5.53, observa-se que as micro-áreas MA1-AQU (qualidade péssima) e MA2-AQU (qualidade ruim) apresentam problemas relacionados com a contaminação natural, devido a influência de poços mistos captando águas da Unidade Cristalino, comumente com teores elevados de STD. Já na micro-área MA3-AQU (qualidade razoável) foi constatada a possibilidade de intrusão da cunha salina (TAB. 5.53), devido à proximidade com a orla marítima. Já na micro-área MA4-AQU (qualidade excelente) a qualidade das águas não se encontra comprometida.
- Em Caucaia, as suas áreas estratégicas foram hierarquizadas da seguinte maneira: MA2-CAUC; MA5-CAUC; MA4-CAUC; MA3-CAUC; e, MA1-CAUC (TAB. 6.35). Adicionalmente os valores de **IRDH** caracterizam uma disponibilidade hídrica muito alta para a micro-área MA5-CAUC, alta para a micro-área MA2-CAUC e muito baixa para a micro-área MA4-CAUC. Já para as micro-áreas MA1-CAUC e MA3-CAUC a disponibilidade hídrica é nula, se constatando a importação de águas subterrâneas de áreas vizinhas em volumes aproximadamente equivalentes às suas respectivas reservas renováveis. Neste contexto, observa-se que a micro-áreas MA1-CAUC, MA2-CAUC e MA3-CAUC (qualidade péssima) apresentam problemas de qualidade pela poluição por esgotos, como já apresentado na TAB. 5.53. Neste caso, acredita-se que a importação de

águas de áreas vizinhas pelas micro-áreas MA1-CAUC e MA3-CAUC possa estar favorecendo este tipo de problema. Além disso, observa-se também que as micro-áreas MA1-CAUC e MA2-CAUC encontra-se com sua qualidade comprometida em função da contaminação natural, como apresentado na TAB. 5.53, dada a associação com rochas do embasamento cristalino, comumente com teores elevados de STD. Já nas micro-áreas MA4-CAUC (qualidade boa) e MA5-CAUC (qualidade excelente) as águas subterrâneas não estão comprometidas.

- Em Chorozinho, o valor de **IRDH** caracteriza uma disponibilidade hídrica muito alta para a micro-área MA1-CHO. Contudo, o seu respectivo valor de **IRQ_{méd}** demonstra que a qualidade de suas águas subterrâneas encontra-se comprometida (qualidade péssima). Neste caso, como apresentado na TAB. 5.53, o problema se relaciona à poluição por esgoto (poços em área urbana) e à contaminação natural (poços mistos Barreiras/Cristalino).
- Em Eusébio, o valor de **IRDH** caracteriza uma disponibilidade hídrica moderada para a micro-área MA1-EUS. Além disso, o seu respectivo valor de **IRQ_{méd}** demonstra que a qualidade de suas águas subterrâneas encontra-se numa situação razoável para o consumo.
- Em Fortaleza, as suas áreas estratégicas foram hierarquizadas da seguinte maneira: MA5-FOR; MA6-FOR; MA7-FOR; MA8-FOR; MA1-FOR; MA4-FOR; MA3-FOR; e, MA2-FOR (TAB. 6.35). Adicionalmente, constatou-se que a micro-área MA5-FOR apresenta uma disponibilidade hídrica baixa, enquanto as demais (MA1-FOR, MA2-FOR, MA3-FOR, MA4-FOR, MA6-FOR, MA7-FOR e MA8-FOR) mostram-se com disponibilidade hídrica nula e, portanto, já comprometidas com a importação de águas subterrâneas das adjacências, chegando a valores superiores a 30 vezes as suas respectivas reservas renováveis (MA1-FOR e MA3-FOR). Neste contexto, observa-se que a micro-áreas MA2-FOR (qualidade péssima) e MA4-FOR (qualidade ruim) apresentam problemas de qualidade pela poluição por esgotos e pela intrusão da cunha salina, como já apresentado na TAB. 5.53. Neste caso, acredita-se que a importação de águas de áreas vizinhas (incluindo do mar) esteja favorecendo estes tipos de problema. Já nas demais micro-áreas a qualidade não se encontra comprometida, mostrando uma qualidade razoável para as micro-áreas MA5-FOR e MA7-FOR, e boa para as micro-áreas MA1-FOR, MA3-FOR, MA6-FOR e MA8-FOR.
- Em Guaiúba, o valor de **IRDH** caracteriza uma disponibilidade hídrica muito alta para a micro-área MA1-GUA. Além disso, o seu respectivo valor de **IRQ_{méd}** demonstra que a qualidade de suas águas subterrâneas não se encontra comprometida (qualidade razoável).
- Em Horizonte, o valor de **IRDH** caracteriza uma disponibilidade hídrica muito baixa para a

micro-área MA1-HOR. Além disso, o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** demonstra que a qualidade de suas águas subterrâneas encontra-se comprometida (qualidade péssima). Neste caso, como apresentado na TAB. 5.53, o problema se relaciona à poluição por esgoto (poços em área urbana) e à contaminação natural (poços mistos Barreiras/Cristalino).

- Em Itaitinga (MA1-ITA), a disponibilidade hídrica é nula, constatando-se a importação de águas subterrâneas de áreas vizinhas em um volume da ordem de 3 vezes a sua reserva renovável. Além disso, o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** demonstra que a qualidade de suas águas subterrâneas encontra-se comprometida (qualidade péssima). Neste caso, como apresentado na TAB. 5.53, os problemas de qualidade são relacionados à poluição por esgotos (poços em área urbana) e à contaminação natural (poços no cristalino).
- Em Maracanaú (MA1-MARAC), a disponibilidade hídrica é nula, constatando-se a importação de águas subterrâneas de áreas vizinhas em um volume da ordem de 2 vezes a sua reserva renovável. Além disso, o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** indica que a qualidade de suas águas subterrâneas está comprometida (qualidade ruim). Neste caso, apesar dos poços estarem locados em rochas do embasamento cristalino, os problemas de qualidade são relacionados essencialmente à poluição por esgotos (poços em área urbana), como apresentado na TAB. 5.53.
- Em Maranguape, as suas áreas estratégicas foram hierarquizadas da seguinte maneira: MA1-MARAN; e, MA2-MARAN (TAB. 6.35). Adicionalmente, o valor de **IRDH** caracteriza uma disponibilidade hídrica alta para a micro-área MA1-MARAN. Já na MA2-MARAN a disponibilidade hídrica é nula, mostrando a importação de águas subterrâneas de áreas vizinhas em volume da ordem de 3 vezes a sua reserva renovável. Contudo, constata-se que a micro-área MA1-MARAN encontra-se com a qualidade de suas águas subterrâneas comprometida, como demonstra o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** (qualidade péssima). Neste caso, como apresentado na TAB. 5.53, os problemas de qualidade são relacionados à poluição por esgotos (poços em área urbana) e à contaminação natural (poços no cristalino). Já na micro-área MA2-MARAN a qualidade das águas subterrâneas não se encontra comprometida, como aponta o seu respectivo valor de **IRQ_{méd.}** (qualidade razoável).
- Em Pacajus, as suas áreas estratégicas foram hierarquizadas da seguinte maneira: MA1-PACAJ; e, MA2-PACAJ (TAB. 6.35). Adicionalmente, o valor de **IRDH** caracteriza uma disponibilidade hídrica alta para a micro-área MA1-PACAJ. Já a MA2-PACAJ apresenta-se com uma disponibilidade hídrica nula, mostrando a importação de águas subterrâneas de áreas vizinhas em um volume equivalente à metade de sua reserva renovável. Além disso,

cabe ressaltar que ambas as micro-áreas encontram-se com a qualidade de suas águas subterrâneas comprometidas, como demonstram os seus respectivos valores de **IRQ_{méd}** (qualidade péssima). Neste caso, como apresentado na TAB. 5.53, os problemas de qualidade são relacionados à poluição por esgotos (poços em área urbana) e à contaminação natural (poços no cristalino).

- Em Pacatuba (MA1-PACAT – disponibilidade hídrica nula) constata-se a importação de águas subterrâneas de áreas vizinhas em um volume equivalente a sua reserva renovável. Contudo, não se constata o comprometimento da qualidade de suas águas subterrâneas, como demonstra o seu respectivo valor de **IRQ_{méd}** (qualidade razoável).
- Em São Gonçalo do Amarante, as suas áreas estratégicas foram hierarquizadas da seguinte maneira: MA1-SGA; MA3-SGA; e, MA2-SGA (TAB. 6.35). Adicionalmente, os valores de **IRDH** caracterizam uma disponibilidade hídrica muito alta para as suas respectivas micro-áreas (MA1-SGA, MA2-SGA e MA3-SGA). Por outro lado, cabe ressaltar que as micro-áreas MA2-SGA e MA3-SGA encontram-se com a qualidade de suas águas subterrâneas comprometidas, como demonstram os seus respectivos valores de **IRQ_{méd}**. (qualidade péssima). Neste caso, como apresentado na TAB. 5.53, os problemas de qualidade são relacionados à poluição por esgotos (poços em áreas urbanas) e à contaminação natural (poços no cristalino). Já na micro-área MA1-SGA a qualidade das águas subterrâneas não se encontra comprometida, como aponta o seu respectivo valor de **IRQ_{méd}**. (qualidade boa).

Diante desta caracterização percebe-se que nem todas as micro-áreas estratégicas avaliadas na Região Metropolitana de Fortaleza se enquadram na condição de área estratégica de abastecimento, uma vez que os seus respectivos potenciais quantitativos são nulos, devido ao já alto grau de utilização de suas reservas (TAB. 6.35). No caso daquelas micro-áreas, ainda com potencial quantitativo disponível (TAB. 6.35), pode-se atribuir a condição de área estratégica de abastecimento. Neste caso, o seu papel de importância estratégica se restringe à capacidade de incremento da oferta de água para reforçar o sistema principal de atendimento das demandas municipais (reservatórios superficiais), uma vez que o seu potencial quantitativo não é suficiente para o atendimento pleno das demandas, conforme descrito no item 6.1.2. Verifica-se ainda que esta condição se restringe ainda mais ao longo do tempo, quando o potencial quantitativo disponível tende a se tornar cada vez mais baixo, frente às demandas crescentes, à insuficiente capacidade instalada dos reservatórios superficiais para atendimento destas demandas e, conseqüentemente, ao crescimento do grau de utilização dos sistemas aquíferos avaliados.

6.1.4 - Recomendações Específicas

Diante das discussões apresentadas, pôde-se reconhecer as deficiências do sistema de abastecimento integrado, chamando a atenção para problemas atuais e futuros, seja pela falta de planejamento e proteção dos mananciais subterrâneos, ou ainda, pela fragilidade dos mananciais superficiais diante de fatores (naturais ou antrópicos) que podem desencadear verdadeiros colapsos no abastecimento da **RMF**. Frente a este contexto, podem ser feitas recomendações específicas, visando garantir a utilização racional e sustentável dos mananciais subterrâneos, bem como proteger as unidades aquíferos contra possíveis efeitos causados por sua má utilização.

Considerando estes aspectos, reconhece-se a necessidade de se conhecerem os seus verdadeiros potenciais dos mananciais subterrâneos na **RMF**, em termos de quantidade e qualidade, estabelecendo práticas rotineiras e regulares de avaliação, pela introdução e adoção de ferramentas técnicas específicas. Sendo assim, as recomendações para que isto se concretize são feitas neste sentido:

1) Em termos quantitativos:

- Implementar e manter modelos numéricos para simulação de diferentes cenários de utilização das águas subterrâneas em todo o domínio hidrográfico/hidrogeológico da **RMF**, avaliando, periodicamente ou sempre que se fizer necessário, os possíveis impactos causados pela operação de poços de bombeamento no potencial quantitativo das reservas. Neste contexto, outros aspectos intervenientes também devem ser avaliados, tais como: os rebaixamentos provocados; os efeitos do rebaixamento na interação com as águas superficiais (*e.g.* variações na condição de perenidade dos rios e a promoção de recarga induzida, a importação de águas marinhas e a intrusão da cunha salina) e com o uso e ocupação do meio físico (*e.g.* subsidência de terrenos, perda da capacidade de infiltração).
- Manter a avaliação constante do potencial disponível nas Áreas Estratégicas de Abastecimento que foram estabelecidas. Para tanto, sugere-se a atualização periódica dos modelos numéricos que foram desenvolvidos (*i.e.* modelos do *Visual-ModFlow*), através da incorporação de dados de monitoramento quantitativo (rede telemétrica) e de outras informações pertinentes aos parâmetros hidrogeológicos do sistema aquífero da região. A partir disto, torna-se possível obter, sempre que necessário, simulações sobre quaisquer aspectos relacionados ao potencial de produção, bem como sobre o comportamento

hidrogeológico do sistema, em função de suas interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos.

- Manter operacional a rotina de monitoramento quantitativo implantada nos poços de bombeamento, com a medição periódica dos valores de variação do nível d'água e das vazões produzidas. Neste caso, além dos 20 pontos de monitoramento já instalados, recomenda-se a expansão da rede para abranger pelo menos um ponto em cada Área Estratégica de Abastecimento.
- Manter a atualização constante do cadastro de poços e a coleta sistemática de informações hidrogeológicas, provenientes, por exemplo, de testes de bombeamento, perfis construtivos e litológicos de poços.
- Adotar critérios técnicos rigorosos para a construção de poços tubulares, como estabelecido por exemplo pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT** (*e.g.* NBR 12212; NBR 12244; e, NBR 13895). Além disso, restringir a construção de novos poços nas áreas já densamente utilizadas, como ocorre, por exemplo, no município de Fortaleza.
- Operacionalizar, de fato, o banco de dados hidrogeológicos que foi estabelecido para a Região Metropolitana de Fortaleza (*i.e.* Banco de dados de Informações Hidrogeológicas do Programa **GW**). Para tanto, recomenda-se a sua efetiva utilização e constante atualização com dados quantitativos.
- Definir, caracterizar e avaliar o potencial dos mananciais subterrâneos de novas áreas na **RMF**, considerando o procedimento de avaliação construído neste estudo e caracterizado pelo estabelecimento do potencial quantitativo das águas subterrâneas em áreas potencialmente estratégicas de abastecimento.

2) Em termos qualitativos:

- Manter operacional a rotina de monitoramento qualitativo implantada nos poços de bombeamento, com a medição periódica dos parâmetros hidroquímicos considerados (*i.e.* temperatura, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, amônia, nitratos, cloretos, sólidos totais dissolvidos e condutividade). Neste caso, além dos 200 pontos de monitoramento já instalados, recomenda-se a expansão da rede para abranger novos pontos e novas áreas de potencial interesse a serem definidas.
- Manter a avaliação constante do potencial de qualidade das águas subterrâneas nas Áreas Estratégicas definidas na Região Metropolitana de Fortaleza. A partir disto, torna-se

possível obter, sempre que necessário, informações sobre o comportamento hidroquímico do sistema hidrogeológico, facilitando o acompanhamento do potencial de qualidade das águas subterrâneas e a identificação de possíveis fontes de poluição/contaminação, em função de suas interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos.

- Operacionalizar, de fato, o banco de dados hidrogeológicos que foi estabelecido para a **RMF** (*i.e.* Banco de dados de Informações Hidrogeológicas do Programa **GWW**). Para tanto, recomenda-se a sua efetiva utilização e constante atualização com dados de qualidade produzidos pelo monitoramento.
- Definir, caracterizar e avaliar o potencial estratégico dos mananciais subterrâneos de novas áreas na **RMF**, em termos de qualidade, considerando o procedimento de avaliação do potencial qualitativo construído neste estudo.

Posto isto, acrescenta-se que as recomendações apresentadas acima estão orientadas de maneira a propiciar o entendimento dos diferentes aspectos relacionados ao gerenciamento integrado de águas subterrâneas (*i.e.* quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, integração com as águas superficiais). Vale lembrar ainda, que por ser um estudo essencialmente técnico, estas recomendações se restringem, especificamente, a este campo de atuação, com foco na definição de áreas estratégicas de abastecimento para o atendimento das demandas crescentes de água na Região Metropolitana de Fortaleza.

6.2 - Graben Crato-Juazeiro

6.2.1 - Consolidação dos Resultados

A avaliação das áreas críticas de abastecimento na região do **G CJ** considerou as projeções das populações e demandas de cada município, ao longo de um período de 20 anos, a partir das populações e demandas registradas no ano de 2000. Para as projeções populacionais foram consideradas as evoluções das populações urbanas, rurais e totais. Já para as projeções de demandas foram considerados o consumo doméstico, de irrigação, industrial e animal. A consolidação dos resultados obtidos a partir destas projeções é apresentada na TAB. 6.37, onde se mostram individualmente os valores de cada componente de demanda avaliado ao longo dos períodos considerados.

Tabela 6.37 - Consolidação das projeções de população e demanda, em um período de 20 anos, para os municípios considerados na área do **GCJ**, com base na população e demanda registrada em 2000

Município	Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				
		Urbana	Rural	Total	Doméstica	Irrigação	Industrial	Animal	Total
Barbalha	2000	30.669	16.362	47.031	79	18	2	1	99
	2005	34.903	17.748	52.651	88	20	2	1	111
	2010	39.721	19.252	58.973	100	23	2	1	125
	2015	45.204	20.884	66.088	112	25	2	1	140
	2020	51.445	22.653	74.098	126	28	3	1	158
Crato	2000	83.917	20.729	104.646	430	97	8	2	538
	2005	92.606	21.010	113.616	472	105	9	3	589
	2010	102.194	21.296	123.490	519	114	10	3	646
	2015	112.775	21.585	134.360	571	124	11	3	709
	2020	124.452	21.878	146.330	627	135	12	3	778
Juazeiro do Norte	2000	202.227	9.906	212.133	552	125	10	2	690
	2005	226.467	10.687	237.154	618	140	11	3	772
	2010	253.613	11.530	265.143	691	157	12	3	863
	2015	284.012	12.440	296.452	774	175	14	3	966
	2020	318.055	13.421	331.476	866	196	15	4	1.081

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000); VERÍSSIMO (1999); IPECE (2004).

Cabe ressaltar ainda que as demandas de água na área do **GCJ** são plenamente atendidas pelos recursos hídricos subterrâneos, essencialmente, através de poços e nascentes. Neste sentido, a vazão fornecida no ano de 2000 para atendimento das demandas totais municipais foi da ordem de 1.327 L/s. Para os horizontes de 2005, 2010, 2015 e 2020 as demandas totais projetadas são da ordem de 1.472 L/s, 1.634 L/s, 1.815 L/s e 2.017 L/s, respectivamente. Estas demandas representam incrementos relativos de cerca de 11%, 23%, 37% e 52% para os horizontes avaliados a partir do ano de 2000. Dessa maneira, registra-se que a taxa de utilização das águas subterrâneas deverá apresentar incrementos consideráveis nos próximos períodos avaliados.

Por sua vez, a consolidação dos resultados relativos à avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas da área do **GCJ** permitiu estabelecer o potencial de produção disponível, em termos de quantidade e qualidade. Em termos quantitativos, foi considerado todo o domínio do graben, entendido como uma área potencialmente estratégica de abastecimento, para atendimento das demandas crescentes nos municípios avaliados (áreas críticas de abastecimento). Neste caso, foram avaliados os sistemas aquíferos presentes na área, com base no cadastro de poços realizado no ano de 2001 (*e.g.* KIMURA, 2003; GOLDER/PIVOT, 2005b), onde constatou-se que:

- o potencial total de produção no Sistema Aquífero Médio (reserva renovável) é da ordem de 1.839 L/s;

- o potencial comprometido com o bombeamento dos poços no Sistema Aquífero Médio é da ordem de 1.268 L/s;
- o Sistema Aquífero Médio possui um potencial de produção ainda disponível da ordem de 571 L/s;
- o potencial total de produção no Sistema Aquífero Inferior (reserva renovável) é da ordem de 192 L/s;
- o potencial comprometido com o bombeamento dos poços no Sistema Aquífero Inferior é da ordem de 27 L/s;
- o Sistema Aquífero Inferior possui um potencial de produção ainda disponível da ordem 165 L/s;
- o potencial total na área do **GCJ** (reserva renovável) é da ordem de 2.031 L/s;
- o potencial total comprometido com o bombeamento dos poços na área do **GCJ** é da ordem de 1.295 L/s; e,
- o potencial total de água subterrânea ainda disponível para produção na área do **GCJ** é da ordem de 736 L/s.

Os valores apresentados acima são equivalentes àqueles da TAB. 5.98, porém, tiveram as suas unidades transformadas de milhões de m³/ano para L/s com o intuito de facilitar, posteriormente, a comparação com os valores de demanda produzidos. Posto isto, mostra-se na TAB. 6.38 a consolidação destes resultados. Vale ressaltar ainda que a diferença apresentada em relação aos dados de demanda no ano de 2000 (1.327 L/s – compilação de dados de IBGE,2000; VERÍSSIMO, 1999; IPECE, 2004) e os dados do potencial produzido no mesmo período (1.295 L/s – compilação de dados de KIMURA, 2003; GOLDER/PIVOT, 2005b) se deve ao fato de que o modelo hidrogeológico computacional avaliou apenas os poços presentes dentro dos domínios da área do **GCJ**, a qual não abrange totalmente o domínio municipal de Barbalha.

Tabela 6.38 - Consolidação dos resultados sobre a disponibilidade hídrica na área do **GCJ**

Sistema Aquífero	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total L/s	Volume Anual Produzido pelos Poços L/s	Reserva Renovável Utilizada L/s	Reserva Renovável Disponível L/s	Volume Anual Importado pelos Poços L/s
Médio	R. da Batateira, Abaiara e Missão Velha	1.839	1.268	1.268	571	0
Inferior	Mauriti	192	27	27	165	0
TOTAL		2.031	1.295	1.295	736	0

Fonte: compilação de dados de KIMURA (2003); GOLDER/PIVOT (2005b).

Em termos qualitativos, pôde-se apontar locais onde a qualidade das águas subterrâneas se apresentou comprometida em função de diferentes tipos de problemas. Com base nestes dados pode-se proceder ao confronto entre áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento para estabelecer se de fato, ou até quando, a área do **GCJ** constitui-se numa área estratégica de abastecimento.

6.2.2 - Confronto entre Áreas Críticas e Potencialmente Estratégicas de Abastecimento

Como a área do **GCJ** é tida como uma área potencialmente estratégica, resta avaliar qual a capacidade de atendimento das demandas crescentes de água subterrânea nos horizontes propostos. Para tanto, faz-se a composição das demandas totais da área do **GCJ**, identificando qual a parcela relativa a cada um dos municípios nos horizontes propostos, conforme apresentado na TAB. 6.39.

Tabela 6.39 - Composição das demandas projetadas na área do **GCJ**, com base nos dados do ano 2000

Projeção	Demanda por Município (L/s)			Demanda Total na Área do GCJ (L/s)	Percentual de Demanda por município		
	Barbalha	Crato	J. do Norte		Barbalha	Crato	J. do Norte
2000	99	538	690	1.327	7%	41%	52%
2005	111	589	772	1.472	8%	40%	52%
2010	125	646	863	1.634	8%	39%	53%
2015	140	709	966	1.815	8%	39%	53%
2020	158	778	1.081	2.017	8%	38%	54%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000); VERÍSSIMO (1999); IPECE (2004).

Posto isto, constata-se que no ano de 2000 a demanda atendida na área do Graben Crato-Juazeiro, referente aos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, foi da ordem de 1.327 L/s. Conforme descrito no item 5.2.1.2, o sistema de abastecimento público (poços e nascentes) foi responsável pelo fornecimento de cerca de 1.008 L/s neste ano (aproximadamente 76% da demanda total), sendo 60 L/s produzidos em Barbalha (4% do total); 406 L/s em Crato (31% do total); e, 542 L/s em Juazeiro do Norte (41% do total). O restante da demanda, equivalente a 319 L/s (24% da demanda do total), foi atendida pelo sistema privado (poços, nascentes, cacimbas), sendo 39 L/s produzidos em Barbalha (3% do total); 132 L/s em Crato (10% do total); e, 148 L/s em Juazeiro do Norte (11% do total). Para os próximos períodos avaliados (anos de 2005, 2010, 2015 e 2020) não se pode prever qual será o grau de participação dos sistemas público e privado no atendimento das demandas destes municípios. Por outro lado, estima-se que as demandas totais sofrerão incrementos da

ordem de 145 L/s, 307 L/s, 488L/s e 690 L/s, respectivamente, mostrando uma distribuição do percentual relativo de demanda de cada município como apresentado na TAB. 6.39.

Como descrito no item 5.2.1.3.1, estes incrementos projetados de demanda de água subterrânea deverão ocorrer de maneira generalizada e, essencialmente, em função do crescimento populacional na sede municipal de Barbalha, que atualmente comporta cerca de 82% dos habitantes do município; na sede municipal de Crato, que atualmente comporta cerca de 74% dos habitantes do município; e, na sede municipal de Juazeiro do Norte, que atualmente comporta cerca de 97% dos habitantes residentes no município.

Diante deste contexto, avalia-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos (TAB. 6.39), dada a reserva renovável ainda disponível para exploração na área do **GCJ** (TAB. 6.38). Neste caso, em termos quantitativos estima-se que o potencial total ainda disponível para produção corresponda a uma vazão da ordem de 736 L/s, sendo 571 L/s relativos ao Sistema Aquífero Médio e cerca de 165 L/s relativos ao Sistema Aquífero Inferior. Em termos qualitativos, verifica-se, de um modo geral, que as águas subterrâneas produzidas a partir destes sistemas são apropriadas ao consumo humano direto. A exceção ocorre em alguns pontos localizados, com problemas de poluição ou contaminação natural.

Dessa maneira, considerando a utilização conjunta destes dois sistemas aquíferos, e respeitando a capacidade de produção de cada um deles, acredita-se que a disponibilidade hídrica subterrânea na área do **GCJ** seja capaz, e mais que suficiente, para atender plenamente às demandas projetadas em todos os horizontes de avaliação propostos, seja em situação de atendimento normal ou emergencial. Isto caracteriza, efetivamente, a área do Graben Crato-Juazeiro como sendo uma Área Estratégica de Abastecimento.

Neste contexto, chama-se a atenção para o fato de que o percentual de utilização conjunta das reservas renováveis dos sistemas aquíferos Médio e Inferior na área do **GCJ**, que era da ordem de 64% no ano de 2000, deverá sofrer fortes incrementos, passando a ser da ordem de 72%, 80%, 89% e 99% das reservas conjuntas, nos períodos de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente. Além disso, cabe chamar a atenção também para o fator de qualidade na referida área, que deverá ser acompanhado e avaliado constantemente para se verificar a necessidade de tratamento das águas produzidas, principalmente próximo àqueles locais onde já foram identificados problemas relacionados à poluição e à contaminação natural.

6.2.3 - Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento

Os valores de reserva renovável disponível, apresentados TAB. 6.38, já representam o potencial quantitativo hierarquizado dos sistemas aquíferos da área do **GCJ**. Neste caso, para o Sistema Aquífero Médio constata-se um potencial de produção ainda disponível da ordem de aproximadamente 571 L/s. Já para o Sistema Aquífero Inferior foi constatado um potencial de produção ainda disponível da ordem de 165 L/s. Dadas as reservas renováveis totais e as vazões que já são produzidas nos referidos sistemas, os seus respectivos potenciais quantitativos disponíveis foram caracterizados como Baixo (Sistema Aquífero Médio) e Muito Alto (Sistema Aquífero Inferior). Assim, mesmo tendo sido caracterizado como baixo o potencial quantitativo disponível, o valor absoluto de reserva renovável disponível denota a priorização do Sistema Aquífero Médio, como aquele de maior capacidade de produção, dada a representatividade de sua reserva renovável total.

Com relação ao potencial qualitativo das águas subterrâneas, a hierarquização pode ser feita conforme apresentado no item 5.2.2.2.4 (TAB. 5.92). Neste caso, tal hierarquização se torna importante para identificar as áreas onde as águas subterrâneas apresentam problemas de qualidade e relacioná-las a uma determinada causa (poluição ou contaminação natural – TAB. 5.93). Ou ainda para identificar as áreas onde as águas subterrâneas apresentam qualidade favorável para a construção de novos poços.

As informações relativas à caracterização dos potenciais quantitativo e qualitativo foram integradas no mapa DE-A05-02 (ANEXO V). Pela referida caracterização, constata-se, de fato, a condição estratégica das águas subterrâneas na área do **GCJ** para o atendimento pleno das demandas nos horizontes avaliados para os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Contudo, conforme apresentado no item 6.2.2, deve-se chamar a atenção para o fato desta condição se tornar ameaçada a partir do ano de 2020, quando o potencial quantitativo disponível se torna muito baixo, frente as demandas crescentes e o alto grau de utilização dos sistemas aquíferos avaliados.

6.2.4 - Recomendações Específicas

Diante das discussões apresentadas para a área do **GCJ**, pôde-se verificar a falta de planejamento e proteção adequados dos mananciais subterrâneos que abastecem os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Diante deste fato, podem ser feitas recomendações específicas, de ordem técnica, visando estabelecer critérios para garantir a

utilização racional e sustentável dos mananciais subterrâneos, bem como para proteger os sistemas aquíferos envolvidos (*i.e.* Sistema Aquífero Médio e Sistema Aquífero Inferior).

Neste sentido, reconhece-se a necessidade de se conhecerem os seus verdadeiros potenciais dos mananciais subterrâneos na área do **G CJ**, em termos de quantidade e qualidade, estabelecendo práticas rotineiras e regulares de avaliação, pela introdução e adoção de ferramentas técnicas específicas. As recomendações para que isto se viabilize são as seguintes:

1) Em termos quantitativos:

- Implementar e manter modelos numéricos para simulação de diferentes cenários de utilização das águas subterrâneas no domínio estabelecido pelas fronteiras estruturais do Graben Crato-Juazeiro. Isto é necessário para avaliar, periodicamente ou sempre que se fizer necessário, os possíveis impactos causados pela operação de poços de bombeamento no potencial quantitativo das reservas. Neste contexto, outros aspectos intervenientes também devem ser avaliados, tais como: os rebaixamentos provocados; os efeitos do rebaixamento na interação com as águas superficiais (*e.g.* variações na condição de perenidade dos rios e a promoção de recarga induzida) e com o uso e ocupação do meio físico (*e.g.* subsidência de terrenos, perda da capacidade de infiltração).
- Manter a avaliação constante do potencial disponível na área do **G CJ**, tida como Área Estratégica de Abastecimento para os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Para tanto, sugere-se a atualização periódica do modelo numérico que foi desenvolvido e apresentado (*i.e.* modelo do *Visual-ModFlow*), através da incorporação de dados de monitoramento quantitativo (rede telemétrica) e de outras informações pertinentes aos parâmetros hidrogeológicos dos sistemas aquíferos da região. A partir disto, torna-se possível obter, sempre que necessário, simulações sobre quaisquer aspectos relacionados ao potencial de produção, bem como sobre o comportamento hidrogeológico do sistema, em função de suas interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos.
- Manter operacional a rotina de monitoramento quantitativo implantada nos poços de bombeamento, com a medição periódica dos valores de variação do nível d'água e das vazões produzidas.
- Incrementar a densidade de informação geral hidrológica, na região, com a implementação de um sistemático programa de monitoramento hidrológico e hidrogeológico, incluindo: 1) a

instalação de vertedores em todos os cursos d'água superficiais; 2) instalação de vertedores nas fontes de água existentes nas encostas da Chapada, para a medida das respectivas vazões; 3) instalação de uma rede de piezômetros e medidores de nível d'água subterrânea, independente da rede dos poços de produção, localizada nas áreas de encostas da Chapada e nas áreas de afloramento do aquífero Médio (Missão Velha) e do aquífero Inferior.

- Manter a atualização constante do cadastro de poços e a coleta sistemática de informações hidrogeológicas, provenientes, por exemplo, de testes de bombeamento, perfis construtivos e litológicos de poços.
- Adotar critérios técnicos rigorosos para a construção de poços tubulares, como estabelecido por exemplo pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – **ABNT** (*e.g.* NBR 12212; NBR 12244; e, NBR 13895). Além disso, restringir a construção de novos poços nas áreas urbanas dos municípios considerados.
- Operacionalizar, de fato, o banco de dados hidrogeológicos que foi estabelecido para a área do **G CJ** (*i.e.* Banco de dados de Informações Hidrogeológicas do Programa **GW**). Para tanto, recomenda-se a sua efetiva utilização e constante atualização com dados quantitativos.

2) Em termos qualitativos:

- Manter operacional a rotina de monitoramento qualitativo implantada nos poços de bombeamento, com a medição periódica dos parâmetros hidroquímicos considerados (*i.e.* temperatura, potencial hidrogeniônico, oxigênio dissolvido, amônia, nitratos, cloretos, sólidos totais dissolvidos e condutividade).
- Incrementar a densidade de informação geral sobre a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, na região, com a implementação de um sistemático programa de monitoramento qualitativo. Neste caso, além dos 60 pontos de monitoramento já instalados, recomenda-se a expansão da rede para abranger porções no alto da chapada e em pontos distribuídos na porção do Vale do Cariri.
- Manter a avaliação constante do potencial de qualidade das águas subterrâneas na área do **G CJ**. A partir disto, torna-se possível obter, sempre que necessário, informações sobre o comportamento hidroquímico do sistema hidrogeológico, facilitando o acompanhamento do potencial de qualidade das águas subterrâneas e a identificação de possíveis fontes de poluição/contaminação, em função de suas interações com as águas superficiais e com o uso e ocupação dos solos.

- Operacionalizar, de fato, o banco de dados hidrogeológicos que foi estabelecido para a área do **G CJ** (*i.e.* Banco de dados de Informações Hidrogeológicas do Programa **GWW**). Para tanto, recomenda-se a sua efetiva utilização e constante atualização com dados de qualidade produzidos pelo monitoramento.

Estas recomendações se restringem, especificamente, ao campo técnico de atuação e estão focadas na aplicação de ferramentas para constante avaliação do potencial quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas na área do Graben Crato-Juazeiro. Estas ferramentas visam ainda identificar as suas possíveis inter-relações com as águas superficiais e como o uso e ocupação do solos, como preconiza a estratégia de gerenciamento atualmente difundida no cenário internacional, como também aquela estabelecida na Política Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

6.3 - Critérios Gerais Orientadores para Definição de Áreas Estratégicas de Abastecimento

A proposição de critérios orientadores para a definição de áreas estratégicas de abastecimento consiste na reavaliação e consolidação da metodologia empregada para a realização deste estudo. Para tanto, recorre-se à experiência adquirida no desenvolvimento dos casos apresentados, bem como às recomendações e experiências, de âmbito nacional e internacional, descritas por diversos autores e em conformidade com a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Neste sentido, no cenário internacional destacam-se os trabalhos que retratam a questão do gerenciamento de recursos hídricos, seja produzindo discussões sobre os temas relativos à água (*e.g.* conferências realizadas pela **ONU** (UN, 1972; UN, 1977; UN, 1992a, b; UN, 2000a; UN, 2001; UN, 2002a; UN, 2003) – trabalhos técnicos apresentados por outras instituições e autores (WORLD BANK, 1993, 1994; SHIKLOMANOV, 1993; 1997; 1998; 2000; MARGAT, 1997; UN, 1997; GLEICK, 1998; 2000; GWP, 2000; HIRJI & IBLEKK, 2001; AL-WESHAH, 2002; IWA, 2002)), seja descrevendo a experiência de modelos específicos praticados em países desenvolvidos (*e.g.* Alemanha (KRAMER, 2000; CORREIA, 2000) – França (BORSOI & TORRES, 1998; BARRAQUÉ, 2000; CORREIA, 2000; PIÉGAY *et al.*, 2002) – Inglaterra (ZABEL & REES, 2000; CORREIA, 2000)). Estes trabalhos esclarecem a evolução do conceito de gerenciamento integrado de recursos hídricos, bem como proporcionam um entendimento integrado sobre os princípios, conceitos e

tendências estabelecidos internacionalmente e válidos, atualmente, na maioria dos países em processo de desenvolvimento.

Além destes trabalhos, destaca-se ainda no cenário internacional a experiência e o conjunto de recomendações apresentadas em diversos trabalhos que tratam, especificamente, sobre a questão do gerenciamento integrado de águas subterrâneas (*e.g.* FOSTER & HIRATA, 1988; CUSTÓDIO, 1994; WINTER *et al.*, 1998; ALLEY *et al.*, 1998; SALMAN, 1999; FOSTER *et al.*, 1997; 2000, 2001; 2002, 2003a, b, c, d, e; HIRJI & IBLEKK, 2001; FOSTER, 2002a, b, c; FOSTER & GARDUÑO, 2002a, b, c; TUINHOF *et al.*, 2003; NANNI *et al.*, 2003; GARDUÑO *et al.*, 2003a, b; KEMPER *et al.*, 2003; FOSTER & GARDUÑO, 2003).

Estes trabalhos contribuem para o esclarecimento das estratégias atualmente difundidas para a concepção de estruturas de gerenciamento de águas subterrâneas, onde são destacados os procedimentos indissociáveis de avaliação da disponibilidade e da demanda, como também de investigação das possíveis relações com águas superficiais e uso e ocupação do meio físico.

No cenário nacional, merece destaque o empenho de alguns autores em produzir informações sobre os modelos de gerenciamento de recursos hídricos já praticados no país, esclarecendo o atual cenário brasileiro relativo a este setor e orientando os rumos de novas pesquisas (*e.g.* YASSUDA, 1989; LANNA, 1995; BARTH, 1998; SETTI *et al.*, 2001; TARQUI & SILVA, 2003; TUNDISI, 2003).

Além disso, ressalta-se a importância da própria base legal, técnica e institucional brasileira, bem articulada neste setor através de leis federais e estaduais, com forte embasamento nos princípios, conceitos e tendências praticados no âmbito internacional, mas com foco bem definido na busca de uma estratégia eficiente para a questão do gerenciamento dos recursos hídricos no âmbito nacional, regional e local. Neste contexto, destacam-se alguns trabalhos técnicos bastante abrangentes produzidos por instituições ocupadas com a questão da água (*e.g.* ANEEL, 1999; SRH/MMA, 1998, 2000, 2002; ANA 2003).

Em termos de gerenciamento de águas subterrâneas no Brasil, como se trata de um tema relativamente recente, reconhece-se ainda a falta de trabalhos disponíveis produzidos especificamente sobre a integração deste tema. No entanto, reconhece-se a existência de bastante informação em trabalhos que tratam de questões diversas e correlatas ao referido tema, importantes para fundamentar o conhecimento sobre a distribuição, ocorrência e

principais usos das águas subterrâneas, bem como sobre os processos de avaliação quantitativa e qualitativa de suas reservas (*e.g.* CETESB, 1990; REBOUÇAS, 1994; 1998; 1999; 2002a, b; HIRATA 1994; HIRATA & REBOUÇAS 1996; CAVALCANTE, 1998; FEITOSA & MANOEL FILHO, 1998; LEAL, 1999; ZIMBRES, 2000). Além disso, ressalta-se ainda a importância do conhecimento transferido para alguns compêndios clássicos da literatura hidrogeológica (*e.g.* FREEZE & CHERRY, 1979; CUSTÓDIO & LLAMAS, 1983; FETTER, 1994; DOMENICO & SCHWARTZ).

Posto isto, acrescenta-se que a metodologia proposta aqui se fundamenta nos aspectos descritos acima e envolve o desenvolvimento de atividades diversas, orientadas de maneira a propiciar a integração dos dados coletados e resultados obtidos. Tal metodologia busca abranger os mais diferentes aspectos relacionados ao gerenciamento integrado de águas subterrâneas (*i.e.* quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, integração com as águas superficiais), com foco orientado na busca de critérios gerais orientadores para a definição de áreas estratégicas de atendimento às demandas, pelo abastecimento público.

Diante deste contexto, apresenta-se a caracterização das atividades a serem consideradas para a integração das informações pertinentes e concretização do objetivo geral proposto neste estudo. Ademais, coloca-se que estas atividades são consideradas abrangentes o suficiente para incorporar as particularidades espaciais de qualquer domínio que se pretenda avaliar, e se constituem nas seguintes:

- Levantamento bibliográfico preliminar;
- Caracterização geral da área avaliada;
- Caracterização de áreas críticas de abastecimento;
- Caracterização de áreas potencialmente estratégicas de abastecimento; e,
- Integração de resultados e caracterização das áreas estratégicas de abastecimento.

Vale dizer ainda que tais atividades são constituídas de etapas sucessivas, sendo que estas etapas podem constar de tarefas específicas. Assim, tem-se uma organização metodológica hierárquica, traduzida em termos de atividades, etapas e tarefas, concebida na forma de critérios gerais orientadores, com proposições e recomendações para a realização de estudos desta natureza, como descreve-se a seguir.

6.3.1 - Atividade de Levantamento Bibliográfico Preliminar

Esta atividade consiste na base para o desenvolvimento de qualquer estudo técnico-científico. Em estudos ambientais, após ter sido definido um problema e traçado um conjunto de objetivos e metas, procede-se então à busca de informações pertinentes ao tema e ao contexto específico da área física que se pretende avaliar.

Neste sentido, reconhece-se que as informações obtidas podem favorecer o esclarecimento de diversos aspectos, tais como: a evolução de conceitos e princípios relativos ao tema proposto (revisão crítica da literatura); o conhecimento básico e fundamental sobre o meio ambiente físico e antrópico, envolvendo a caracterização de estudos pertinentes ao tema (reconhecimento de trabalhos técnicos específicos); levantamento da base de dados existente; e, a indicação para a realização de estudos e coleta de dados complementares, orientados para o esclarecimento de questões pertinentes ao tema, na área física avaliada. Estes aspectos acabam por constituir etapas específicas na atividade considerada.

Ao final desta atividade, ressalta-se que o escopo do estudo deve estar bem definido e consolidado, para orientar as atividades seguintes e evitar o consumo desnecessário de tempo e de recursos na realização de tarefas complementares. Além disso, destaca-se que durante a execução das outras atividades, esta base de conhecimentos deve ser expandida para incorporar e fundamentar o surgimento de aspectos relevantes ao estudo. Vale ressaltar ainda a importância de se manter uma base de dados para armazenamento, organização e consulta das referências bibliográficas de todo o material levantado nesta atividade (*i.e.* Banco de Dados Bibliográficos).

6.3.1.1 - Etapa de Revisão Crítica da Literatura

Nesta etapa procede-se à caracterização e contextualização de informações a respeito do tema principal abordado (*i.e.* gerenciamento integrado dos recursos hídricos; gerenciamento integrado de águas subterrâneas) pela revisão crítica da literatura disponível (*e.g.* artigos de revistas técnicas; livros técnicos; anais de congressos e simpósios; leis, decretos e resoluções correlatos). Com isto, busca-se apresentar um quadro geral sobre o tema proposto, caracterizando a sua evolução em diversos níveis, contextualizado o cenário atual e apresentando os principais conceitos, princípios e tendências estabelecidas, bem como os mecanismos legais e institucionais existentes.

6.3.1.2 - Etapa de Reconhecimento de Trabalhos Técnicos Específicos

Nesta etapa procede-se à compilação e sistematização de trabalhos técnicos já desenvolvidos, buscando obter informações gerais sobre o meio ambiente físico e antrópico da área avaliada. Neste caso, deve-se pesquisar sobre aspectos inerentes a diversos assuntos (*e.g.* geologia, hidrogeologia, hidrografia, hidrologia, climatologia, geomorfologia, demografia, uso e ocupação do meio físico), com o intuito de esclarecer e fundamentar a base de conhecimento específico, bem como de indicar a necessidade de realização de trabalhos auxiliares para a complementação das informações pertinentes.

6.3.1.3 - Etapa de Levantamento da Base de Dados

Esta etapa constitui-se de duas tarefas distintas, quais sejam: consolidação da base cartográfica; e, compilação de dados hidrogeológicos específicos.

6.3.1.3.1 - Tarefa de Consolidação da Base Cartográfica

Nesta tarefa procede-se à busca por mapas diversos, em escala compatível com o problema e com a área avaliada. Tais mapas (*e.g.* geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos topográficos, hidrográficos) deverão ser modificados e integrados para compor as bases cartográficas a serem utilizadas na implementação de modelos e apresentação de resultados.

6.3.1.3.2 - Tarefa de Compilação de Dados Hidrogeológicos Específicos

Nesta tarefa procede-se na compilação de dados específicos e disponíveis sobre o contexto hidrogeológico local, tais como: dados sobre as fontes de abastecimento por águas subterrâneas; dados sobre o monitoramento quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas; dados sobre testes de bombeamento (testes de produção e de aquífero); e, dados sobre perfis construtivos e litológicos de poços tubulares.

Estas informações serão importantes para o esclarecimento do contexto hidrogeológico local, fundamentando as suas bases de conhecimento e indicando a necessidade de realização de trabalhos auxiliares e/ou complementares para se alcançar um entendimento mais profundo sobre o tema específico.

6.3.1.4 - Etapa de Indicação de Trabalhos Complementares

Esta etapa consiste em direcionar e recomendar a coleta de informações complementares, voltadas para o esclarecimento de questões relacionadas à caracterização dos cenários

hidrogeológicos avaliados. Neste sentido, ressalta-se que a falta de informações específicas, salvo raras exceções, se constitui numa das dificuldades mais persistentes durante a realização de estudos desta natureza. Sendo assim, recomenda-se avaliar a disponibilidade de informações abrangendo os seguintes aspectos:

- cartografia básica (*e.g.* geológica e plani-altimétrica): se constitui na base para o entendimento integrado do meio ambiente físico, para a implementação de modelos hidrogeológicos conceituais e para a produção de mapas temáticos com os resultados a serem apresentados;
- detalhamento geológico-estrutural: consiste num estudo importante para reconhecimento das estruturas de controle de fluxo hidrodinâmico e para a concepção de modelos hidrogeológicos conceituais;
- interpretação de perfis construtivos e litológicos de poços tubulares: consiste num aspecto importante para a avaliação e identificação das unidades aquíferas, bem como de outros condicionantes hidrogeológicos (*i.e.* aquícludes, aquíardos, espessura relacionada, composição mineralógica dos diferentes estratos para avaliação da condutividade hidráulica). Na ausência de informações desta natureza deve-se recomendar a construção pelo menos um poço exploratório. Estas informações são importantes em diferentes tarefas (*e.g.* concepção de modelo hidrogeológico conceitual, seleção de poços de monitoramento, correlação e interpretação de resultados qualitativos e quantitativos, correlação geofísica para concepção de modelo hidroestratigráfico local);
- levantamento geofísico: recomendável no caso de ausência de informações suficientes para descrever a variação vertical das camadas hidroestratigráficas. Neste caso, os resultados geofísicos produzidos (*e.g.* sondagem elétrica vertical, caminhamento geoelétrico) devem ser analisados em conjunto com informações de perfil litológico de poços tubulares ou com as informações produzidas pelo poço exploratório, com o intuito de identificar e expandir o modelo hidroestratigráfico para o domínio que se pretende avaliar;
- recenseamento de fontes de abastecimento por águas subterrâneas: consiste no cadastramento dos exutórios naturais (*i.e.* nascentes) e artificiais (*i.e.* poços tubulares, cacimbas), com o intuito de identificar, além da localização geográfica, o grau de utilização das reservas subterrâneas e outros aspectos relacionados (*e.g.* vazões explotadas, nível estático, nível dinâmico, situação de uso, principais usos, finalidade, possíveis fontes de poluição/contaminação nas vizinhanças, dados qualitativos preliminares como

condutividade elétrica, temperatura e pH, existência de perfis construtivos e litológicos, e, de testes de bombeamento já realizados);

- construção de poços de monitoramento e de piezômetros: na ausência de informações representativas, é recomendável para a realização de testes de produção e de aquífero e obtenção de dados hidrogeológicos básicos (*e.g.* capacidade de produção de aquíferos; condutividade hidráulica; transmissividade). Podem ser usados ainda para a coleta de amostras para realização de análises físico-químicas;
- implantação de sistemas de monitoramento hidrogeológico, no espaço e no tempo: é altamente recomendável e se constitui numa ferramenta fundamental para a obtenção de dados quantitativos e qualitativos de representatividade espacial e temporal. Neste sentido, destaca-se que os pontos a serem monitorados devem ser criteriosamente selecionados para que as informações produzidas possam ser correlacionadas com aspectos inerentes ao sistema aquífero avaliado;
- caracterização físico-química preliminar: recomendável no caso de total ausência de informações qualitativas preliminares nos poços selecionados para a implantação da rede de monitoramento contínuo. Esta avaliação preliminar servirá para indicar a existência de problemas gerais e direcionar a escolha dos parâmetros que deverão ser efetivamente monitorados pela rede a ser implantada; e,
- levantamento sobre o uso e ocupação do meio físico: consiste na reunião e identificação de características socioeconômicas que têm influência direta no grau de utilização dos recursos hídricos, uma vez que estabelecem os seus principais usos, as demandas e as fontes potenciais de poluição/contaminação.

De fato, percebe-se que em função da maior ou menor disponibilidade de informações específicas, pode-se identificar a necessidade de realização de vários estudos auxiliares/complementares e recomendar trabalhos localizados, voltados para a obtenção, sistematização e integração destas informações e, por conseguinte, para fundamentar as bases do conhecimento hidrogeológico da área avaliada. Neste sentido, ressalta-se a importância de se constituir um banco de dados hidrogeológicos, através de sistemas de informações georreferenciadas (SIG).

No caso particular deste estudo, utilizou-se um programa de banco de dados relacional e georreferenciado, denominado **GWW** (*Ground Water for Windows – BRATICEVIC & KARANJAC, 1996*). Este programa tem sido utilizado pela **ONU** na elaboração de planos de

gestão de aquíferos em várias regiões do mundo (*e.g.* Paquistão, Jordânia). Ele consiste em um sistema que permite o armazenamento e sistematização de informações georreferenciadas de águas subterrâneas, obtidas em várias etapas de trabalho, bem como o tratamento destas informações, relacionando características diversas e fornecendo mapas temáticos que englobam aspectos de qualidade, quantidade, interação com o uso e ocupação do solo e com os recursos hídricos superficiais. Neste estudo, o **GWW** foi usado, exclusivamente, para o armazenamento das informações hidrogeológicas.

6.3.2 - Atividade de Caracterização Geral da Área Avaliada

Esta atividade está fundamentada nas informações coletadas a partir do desenvolvimento da atividade de levantamento bibliográfico preliminar e consiste na caracterização do meio ambiente físico e antrópico, conforme as etapas a serem descritas.

Ao final desta atividade, os elementos preliminares que ajudarão na definição das áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento já deverão estar consolidados. Dessa maneira, vale ressaltar a importância na realização das etapas previstas na atividade anterior (*i.e.* Levantamento Bibliográfico Preliminar), uma vez que todo o conhecimento contextualizado aqui deverá ser, em parte, fruto de uma pesquisa rigorosa e exaustiva e, em parte, fruto dos resultados obtidos a partir das recomendações de estudos complementares específicos.

6.3.2.1 - Etapas de Caracterização do Meio Ambiente Natural

Esta etapa consiste em apresentar uma contextualização geral e sistematizada sobre os principais aspectos naturais (locais e regionais), considerados importantes para caracterização do cenário hidrogeológico da área avaliada. Neste caso, busca-se abranger a descrição de temas diversos e correlatos (*e.g.* geologia, hidrogeologia, hidrografia, hidrologia, climatologia e geomorfologia), pela contextualização de informações obtidas durante as etapas anteriores de reconhecimento de trabalhos técnicos específicos e de levantamento da base de dados, bem como a partir da incorporação de informações complementares obtidas a partir da execução de trabalhos auxiliares que tenham sido recomendados. Destaca-se ainda que a apresentação das bases cartográficas deve ser feita durante esta etapa.

De modo geral, acrescenta-se que esta caracterização é fundamental para o desenvolvimento de etapas específicas em atividades subsequentes (*e.g.* proposição e implementação do

modelo hidrogeológico conceitual, para avaliação quantitativa das disponibilidades hídricas subterrâneas da área avaliada). Ademais, vale ressaltar que as descrições apresentadas nos itens 4.1.1 e 4.2.1 podem ser tomadas como exemplos deste tipo de caracterização.

6.3.2.2 - Etapa de Caracterização do Meio Ambiente Antrópico

Esta etapa consiste em gerar um panorama geral sobre o uso e ocupação do meio ambiente natural, contextualizando as principais características sociais (*e.g.* demografia, taxa de urbanização) e econômicas (atividades industriais, agricultura, mineração) que possam gerar impactos diretos ou indiretos na distribuição, ocorrência e taxa de utilização dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos).

Neste caso, busca-se incorporar informações suficientes para compor o cenário socioeconômico nas áreas avaliadas, contextualizando as informações disponíveis obtidas durante a etapa anterior de reconhecimento de trabalhos técnicos específicos, bem como a partir da incorporação de informações complementares obtidas a partir da execução de trabalhos auxiliares que tenham sido recomendados.

De modo geral, acrescenta-se que esta caracterização é fundamental para o desenvolvimento de etapas específicas em atividades subseqüentes (*e.g.* caracterizar os principais usos dos recursos hídricos (*i.e.* doméstico, agrícola, industrial e dessedentação de animais) e as demandas decorrentes; e, identificar as possíveis interferências dos processos de desenvolvimento agrícola, urbano e industrial na questão da disponibilidade dos recursos hídricos, em termos quantitativos e qualitativos). Ademais, vale ressaltar que as descrições apresentadas nos itens 4.1.2 e 4.2.2 podem ser tomadas como exemplos.

6.3.3 - Atividade de Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento

O conceito de Áreas Críticas de Abastecimento relaciona-se às condições normais de desenvolvimento socioeconômico de uma determinada região (*i.e.* crescimento populacional; uso e ocupação do meio físico), bem como do contexto atual e de expansão do sistema integrado de abastecimento de água usado para atendimento das demandas existentes (doméstica, industrial, irrigação e dessedentação de animais). Relaciona-se ainda às condições emergenciais, decorrentes de eventuais colapsos do sistema de abastecimento principal (*e.g.* vandalismo; acidentes naturais) ou de aspectos excepcionais relacionados ao crescimento populacional e ao uso e ocupação do meio físico, que coloque em risco o atendimento das demandas existentes.

De uma maneira geral, consiste em um estudo sobre as demandas e sobre a capacidade instalada no sistema de abastecimento para atender às mesmas, no cenário atual e futuro, em condições de desenvolvimento normal ou emergencial.

Ao final desta atividade, as áreas críticas de abastecimento terão sido definidas e caracterizadas em função das demandas projetadas e da capacidade instalada para atendê-las, dada pelo sistema de abastecimento. Vale dizer que esta é uma das principais atividades proposta nesta metodologia. No entanto, reconhece-se que a falta ou a indisponibilidade de dados é uma realidade presente, haja vista que comumente ocorre a restrição de informações mais detalhadas, por parte daqueles que as detêm, ou simplesmente elas não existem. Esta atividade pode ser compartimentada em três etapas consecutivas e correlatas, conforme descrito a seguir:

6.3.3.1 - Etapa de Caracterização das Demandas Atuais e Futuras

Consiste na realização de um estudo para a caracterização das demandas, atuais e futuras, relativas aos principais setores usuários da água na área que se deseja avaliar. Para tanto, devem ser considerados os dados sobre uso e ocupação do meio físico, para compor projeções de crescimento populacional e de consumo de água dos diversos setores usuários, segundo horizontes de avaliação pré-estabelecidos.

As projeções populacionais são feitas a partir do conhecimento da população em um determinado período e das taxas de crescimento previstas. Existem vários métodos para se fazer este cálculo, dentre eles, citam-se: o método geométrico e o método da extensão gráfica. Neste estudo, recomenda-se o uso do método geométrico de cálculo da população futura, conforme mostrou-se na Eq. 5.1 (item 5.1.1.1), pois é de fácil aplicação e amplamente utilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**). Já o consumo *per capita* pode ser obtido pela avaliação direta, pode ser calculada com base nos dados de demanda e população (percorrendo-se o caminho inverso proposto), ou ainda, pode ser estimada com base em recomendações que consideram o tamanho das comunidades para o estabelecimento de grupos de consumo, como pode ser exemplificado pela TAB. 5.3 (item 5.1.1.1).

Tendo sido avaliadas as populações futuras (hab.) e os valores de consumo *per capita* (L/hab./dia) dos diversos usuários da água, podem-se obter as projeções de demanda (L/dia) pela simples multiplicação de um dado pelo outro, como demonstrado na TAB. 5.8 (item 5.1.1.1). Posto isto, vale ressaltar que o importante aqui é obter as projeções das demandas

atuais e futuras, independentemente dos métodos que se apliquem, desde de que sejam reconhecidamente válidos. Ademais, acrescenta-se que as descrições apresentadas nos itens 5.1.1.1 e 5.2.1.1 podem ser tomadas como exemplos na obtenção destes dados.

6.3.3.2 - Etapa de Caracterização do Sistema de Abastecimento Atual e Futuro

Consiste em buscar informações oficiais junto às companhias responsáveis pelo sistema de abastecimento da área que se deseja avaliar. Neste caso, pode-se recorrer ainda a dados censitários, que comumente trazem as vazões aduzidas e as populações atendidas pela rede de distribuição em um determinado período. De maneira geral, deve-se sempre recorrer aos dados oficiais disponíveis sobre a infra-estrutura hídrica atual e projetada para atendimento das demandas, identificando a capacidade instalada para o abastecimento, dada em termos de vazão aduzida, e além disso, buscando separar quais são as contribuições efetivas de águas superficiais e subterrâneas na composição do sistema integrado de abastecimento.

Tendo sido coletadas estas informações, pode-se vir a reconhecer as deficiências atuais e futuras no atendimento das demandas, dadas as condições normais de desenvolvimento e expansão do sistema integrado de abastecimento, ou ainda, as condições emergenciais decorrentes de fatores naturais (secas) ou antrópicos (vandalismo), gerando possíveis situações de escassez de água. Ademais, acrescenta-se que as descrições apresentadas nos itens 5.1.1.2 e 5.2.1.2 podem ser tomadas como exemplos na obtenção destes dados. Cabe ressaltar ainda, que esta pode ser uma tarefa complicada caso não haja o apoio de instituições públicas dispostas a fornecer este tipo de informação, haja vista a sua natureza estratégica.

6.3.3.3 - Etapa de Definição das Áreas Críticas de Abastecimento

Consiste no confronto entre as informações obtidas sobre as demandas projetadas e a capacidade instalada de atendimento das mesmas pelo sistema de abastecimento (águas superficiais e/ou subterrâneas), em suas condições atuais e futuras. Como o foco desta proposta é voltado para a questão das águas subterrâneas, deve-se ressaltar o papel estratégico desse recurso como fonte plena ou complementar de atendimento às demandas projetadas.

Caso haja dados disponíveis para a composição das demandas por localidades e, nestas, por setores usuários, as áreas críticas podem ser estabelecidas em função da necessidade de atendimento das demandas localizadas. Caso estas informações não estejam disponíveis, deve-se partir para uma escala de avaliação que considere todo o contexto municipal,

definindo as áreas críticas de abastecimento em função da necessidade de atendimento das demandas totais ou de determinados setores usuários. Neste caso, deve-se priorizar o atendimento das demandas urbanas, dadas em função do consumo doméstico e industrial. Ademais, acrescenta-se que as descrições apresentadas nos itens 5.1.1.3 e 5.2.1.3 podem ser tomadas como exemplos na definição destas áreas.

6.3.4 - Atividade de Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento

O conceito de Áreas Potencialmente Estratégicas relaciona-se à caracterização dos sistemas hidrogeológicos de uma determinada região, com suas respectivas capacidades de produção de água, em quantidade e qualidade. Sendo assim, consiste em um estudo sobre disponibilidade hídrica, que enfoca dois aspectos distintos. O primeiro, relaciona-se à identificação de áreas que possam ser utilizadas para a exploração de águas subterrâneas, através de poços criteriosamente locados e com projeto técnico-construtivo (aspecto quantitativo). O segundo, relaciona-se à identificação de áreas com problemas pertinentes à poluição/contaminação e que, num primeiro momento, necessitam de tratamento apropriado para serem utilizadas (aspecto qualitativo).

Ao final desta atividade, os dados produzidos terão propiciado a hierarquização do potencial quantitativo e qualitativo das águas subterrâneas nas áreas potencialmente estratégicas, compondo uma visão integrada sobre as suas respectivas disponibilidades hídricas. Posto isto, recomenda-se que esta atividade seja dividida em quatro etapas distintas, descritas a seguir.

6.3.4.1 - Etapa de Definição Preliminar das Áreas Potencialmente Estratégicas

Nesta etapa procede-se à delimitação preliminar dos contornos físicos das áreas potencialmente estratégicas de abastecimento. Vale ressaltar que esta definição independe da definição das áreas críticas de abastecimento. Neste caso, as áreas potencialmente estratégicas deverão ser preliminarmente definidas a partir de critérios técnicos específicos. Esta informação servirá de base para a execução da etapa subsequente desta atividade.

A etapa de definição das áreas potencialmente estratégicas deve partir da análise das informações coletadas no cadastro das fontes de abastecimento por águas subterrâneas, envolvendo o conhecimento específico sobre os sistemas hidrogeológicos da área avaliada, com suas respectivas capacidades de produção de água, em quantidade e qualidade. Para tanto, os critérios técnicos a serem considerados envolvem:

- **Critério Vazão:** a partir do banco de dados composto pela integração do cadastro das fontes de abastecimento por água subterrânea, deverão ser selecionados os pontos com vazões acima da média para os sistemas aquíferos e com representatividade espacial dentro do domínio avaliado. Neste caso, deve-se avaliar o aspecto quantitativo da área a ser definida.
- **Critério Qualidade:** considerando também o banco de dados sobre as fontes de abastecimento por água subterrânea, deverão ser selecionados os pontos com dados qualitativos preliminares (*i.e.* condutividade elétrica, temperatura, pH, oxigênio dissolvido), comumente coletados durante o cadastramento. Caso haja completa falta de informação físico-química nos pontos definidos pelo **Critério Vazão** recomenda-se a execução de uma etapa preliminar de caracterização físico-química nestes pontos, buscando a aplicabilidade deste critério. Neste caso, deve-se avaliar o aspecto qualitativo da área a ser definida.
- **Critério Conhecimento Específico dos Sistemas Aquíferos:** consiste na correlação das informações quantitativas e qualitativas preliminares com uma base geológica georreferenciada, gerando informações sobre a distribuição espacial dos sistemas aquíferos, constituição litológica e aspectos estruturais.

6.3.4.2 - Etapa de Seleção de Poços para a Implantação de Sistemas de Monitoramento

Nesta etapa procede-se à seleção e indicação de poços para implantação da rede de monitoramento local. Destaca-se que os pontos a serem contemplados, de preferência, devem estar inseridos dentro dos limites das áreas potencialmente estratégicas pré-definidas. Para tanto, as informações necessárias aqui devem partir da análise do cadastro das fontes de abastecimento por águas subterrâneas. A implantação desta rede de monitoramento servirá de base para a execução das etapas subseqüentes desta atividade. Sendo assim, recomenda-se que o monitoramento seja de dois tipos: qualitativo e quantitativo.

De maneira geral, reconhece-se que a seleção de poços para implantação de uma rede de monitoramento (quantitativo e qualitativo) se faz necessária frente ao desconhecimento das reais condições de uso dos poços e da qualidade das águas subterrâneas que são produzidas. Neste caso, a fim de assegurar a adequação dos poços para esta finalidade, a escolha dos mesmos deverá estar fundamentada nos dados gerados com a definição preliminar das áreas potencialmente estratégicas, mas também deverá obedecer a uma ordem de prioridade de critérios. Quais sejam:

- **Importância da Área:** deverão ser priorizados os poços localizados em áreas estratégicas ou relevantes do ponto de vista do abastecimento atual ou futuro da região, ou ainda

áreas onde o aquífero apresente alta vulnerabilidade à exploração e/ou à degradação da qualidade das águas subterrâneas;

- **Dados Disponíveis:** deverão ser priorizados poços que possuam perfil construtivo e litológico completo, a fim de possibilitar a correlação dos dados do monitoramento com as unidades geológicas produtoras; e,
- **Capacidade de Produção:** uma vez obedecidos os critérios acima, deverão ser priorizados os poços com maior capacidade de produção, em função da sua importância local para o abastecimento e da maior possibilidade de ocorrência de impactos potenciais no Aquífero.

Esta ordem de prioridade de critérios é válida para a seleção dos pontos em ambos os tipos de monitoramento. No entanto, ressalta-se a importância de se observar a representatividade espacial dos pontos selecionados e a representatividade temporal dos dados a serem coletados, pela escolha adequada dos intervalos entre as campanhas de monitoramento.

No caso do monitoramento qualitativo, recomenda-se que ele seja feito manualmente, em campanhas sucessivas e intercaladas de medição (podendo ser mensais, bimestrais ou trimestrais), a serem definidas de acordo com o período total que se pretende avaliar. Neste sentido, poderá ser usada uma sonda multi-sensores para a coleta de dados, ou ainda, pode-se proceder na coleta de amostras para análise em laboratório. O uso da sonda multi-sensores é mais recomendado em função da facilidade e agilidade na coleta de dados. Neste contexto, os parâmetros sugeridos para monitoramento são: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitratos, cloretos, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. Estes parâmetros são recomendados porque são de determinação direta e bastante úteis como indicadores do potencial de qualidade das águas, bem como das possíveis fontes de poluição/contaminação que possam vir a existir. Ademais, concomitantemente às campanhas qualitativas, recomenda-se ainda a coleta de informações sobre o nível d'água nos poços monitorados, visando favorecer correlações posteriores.

No caso do monitoramento quantitativo, recomenda-se que ele seja feito por equipamento telemétrico, dadas as variações diárias que o aquífero pode sofrer em função do bombeamento dos poços. No geral, estes equipamentos podem ser calibrados para a coleta de dados em intervalos de minutos, horas ou dias, dependendo da necessidade de informações que seja definida. Neste contexto, os parâmetros recomendados para avaliação são: vazão e variação do nível d'água no aquífero. Complementarmente, sugere-se que estes pontos também sejam inseridos nas campanhas de monitoramento, para favorecer correlações posteriores.

6.3.4.3 - Etapa de Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas

Os objetivos desta etapa consistem na definição, caracterização e hierarquização do potencial qualitativo das águas subterrâneas nas áreas potencialmente estratégicas. Para isto, deve-se proceder à descrição, em termos gerais e específicos, da qualidade das águas subterrâneas que são produzidas, em função dos parâmetros que foram monitorados (*e.g.* temperatura, pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitratos, cloretos, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica).

Além disso, coloca-se que esta etapa serve para reforçar a escolha das áreas potencialmente estratégicas, de maneira a avaliar as fronteiras que foram preliminarmente definidas e, assim, confirmar ou redefinir os limites físicos inicialmente propostos. Dados estes objetivos, deverão ser consideradas as seguintes tarefas na execução desta etapa:

6.3.4.3.1 - Tarefa de Caracterização Geral do Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas

Esta tarefa deve seguir o padrão usual de caracterização dos parâmetros hidroquímicos considerados e sua variação no espaço e no tempo. Neste sentido, os dados coletados deverão ser avaliados de acordo com os dados disponíveis na literatura clássica, conforme descrito nos itens 2.4.1.1 a 2.4.1.7. Os resultados produzidos deverão ser sistematizados e orientadores para compor uma visão integrada da variabilidade destes parâmetros, no tempo e no espaço.

Além disso, por se tratar de águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, deve-se focar a avaliação também nos critérios de classificação e nos valores máximos permitidos, recomendados no padrão de potabilidade, conforme estabelecido pela legislação brasileira vigente (*e.g.* Resolução CONAMA N° 20, de 18 de junho de 1986; e, Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004).

Vale ressaltar que este procedimento é fundamental para selecionar os parâmetros de maior interesse para o estabelecimento de uma análise específica, relativa ao potencial de qualidade das águas subterrâneas para consumo humano. Neste sentido, as descrições apresentadas nos itens 5.1.2.2.2 e 5.2.2.2.2 podem ser tomadas como exemplos deste tipo de caracterização geral do comportamento hidroquímico.

6.3.4.3.2 - Tarefa de Definição do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Nesta tarefa, o foco deve ser direcionado para determinar a variação daqueles parâmetros indicados como de maior interesse, ou seja, os parâmetros que apresentaram maior variabilidade em termos espaciais e temporais, como também em função de seus respectivos valores máximos permitidos, conforme recomendado no padrão de potabilidade das águas.

Neste contexto, dentre os parâmetros sugeridos, apontam-se como os de maior interesse os nitratos, cloretos e sólidos totais dissolvidos (ou condutividade elétrica). Tais parâmetros, além de permitirem a definição do potencial de qualidade das águas para o consumo humano, são ainda excelentes indicadores de possíveis fontes de poluição/contaminação, conforme descrito nos itens 2.4.1.5, 2.4.1.6 e 2.4.1.7.

Como comumente estes dados englobam vários pontos e várias campanhas de monitoramento, recomenda-se usar a variação de seus valores mínimos, máximos e médios, ao longo das campanhas realizadas, para facilitar a interpretação e apresentação dos resultados. Neste caso, destaca-se que, espacialmente, tais valores podem ser representativos de um único ponto na área estratégica pré-definida, ou ainda, representativos de um conjunto de pontos da área estratégica pré-definida, conforme demonstram os dados apresentados nos itens 5.1.2.2.3 e 5.2.2.2.3. Sendo assim, determina-se que esta caracterização seja feita por área e envolva todos os pontos nela monitorados.

Ademais, vale dizer que, fundamentando-se no panorama geral a ser estabelecido nesta tarefa, as fronteiras destas áreas potencialmente estratégicas deverão ser reavaliadas para garantir que os aspectos qualitativos presentes em suas adjacências não interfiram na qualidade estabelecida. Esta reavaliação/redefinição deverá ser feita escolhendo-se limites hidrográficos e/ou hidrogeológicos mais representativos, que em princípio, não permitam esta interferência.

6.3.4.3.3 - Tarefa de Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Para caracterizar e hierarquizar o potencial de qualidade das águas subterrâneas nas áreas potencialmente estratégicas deve-se abordar uma metodologia de análise que consiste em determinar o Índice Relativo de Qualidade (**IRQ**), para cada área avaliada, em função dos parâmetros de maior interesse descritos anteriormente, quais sejam: nitratos, cloretos e sólidos totais dissolvidos.

De maneira geral, a realização desta tarefa justifica-se pela necessidade de se conhecer as potencialidades hídricas das áreas avaliadas, em termos de seus aspectos qualitativos, com o intuito de permitir um planejamento estratégico e um aproveitamento racional das reservas subterrâneas. Para tanto, adota-se o seguinte procedimento:

1. Para o caso de áreas com mais de um ponto monitorado, consideram-se os seus respectivos valores mínimos, máximos e médios, resgatando-se, na forma de tabelas, os valores mínimo minimorum ($V_{i\ mín.}$), máximo maximorum ($V_{i\ máx.}$) e a média dos valores médios ($V_{i\ méd.}$) relativos aos parâmetros i (*i.e.* NO_3^- , Cl^- e STD), em cada área. Para o caso de áreas com apenas um ponto, ou de análise de pontos isolados, considera-se diretamente os valores mínimo, máximo e médio, determinados na definição do potencial qualitativo. Exemplos deste procedimento são apresentados nas TAB. 5.49 e 5.88, respectivamente.
2. A partir dos valores (V_i) identificados no item anterior e com base nos Valores Máximos Permitidos (VMP_i) para cada parâmetro i avaliado ($\text{NO}_3^- = 10\ \text{mg/L}$; $\text{Cl}^- = 250\ \text{mg/L}$; $\text{STD} = 1.000\ \text{mg/L}$), conforme estabelecido pelo padrão de potabilidade das águas (Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/04), calcula-se o IRQ_i mínimo, máximo e médio de cada parâmetro, por área avaliada, de acordo com as seguintes expressões base (Eq. 6.1 a 6.3):

$$IRQ_{i.\mbox{mín.}} = \frac{V_{i.\mbox{mín.}}}{VMP_i} \quad (\text{Eq. 6.1})$$

$$IRQ_{i.\mbox{máx.}} = \frac{V_{i.\mbox{máx.}}}{VMP_i} \quad (\text{Eq. 6.2})$$

$$IRQ_{i.\mbox{méd.}} = \frac{V_{i.\mbox{méd.}}}{VMP_i} \quad (\text{Eq. 6.3})$$

3. Assim, considerando o parâmetro NO_3^- e os valores V_i resgatados, os respectivos valores mínimo, máximo e médio de IRQ_{NO_3} são calculados pelas seguintes expressões (Eq. 6.4 a 6.6):

$$IRQ_{NO_3^- .mín.} = \frac{V_{NO_3^- .mín.}}{10} \quad (\text{Eq. 6.4})$$

$$IRQ_{NO_3^- .máx.} = \frac{V_{NO_3^- .máx.}}{10} \quad (\text{Eq. 6.5})$$

$$IRQ_{NO_3^- .méd.} = \frac{V_{NO_3^- .méd.}}{10} \quad (\text{Eq. 6.6})$$

4. Da mesma maneira, considerando o parâmetro Cl^- e os valores V_i resgatados, os respectivos valores mínimo, máximo e médio de IRQ_{Cl^-} são calculados pelas seguintes expressões (Eq. 6.7 a 6.9):

$$IRQ_{Cl^- .mín.} = \frac{V_{Cl^- .mín.}}{250} \quad (\text{Eq. 6.7})$$

$$IRQ_{Cl^- .máx.} = \frac{V_{Cl^- .máx.}}{250} \quad (\text{Eq. 6.8})$$

$$IRQ_{Cl^- .méd.} = \frac{V_{Cl^- .méd.}}{250} \quad (\text{Eq. 6.9})$$

5. Para o parâmetro STD e os valores V_i resgatados, os respectivos valores mínimo, máximo e médio de IRQ_{STD} são calculados pelas expressões (Eq. 6.10 a 6.12):

$$IRQ_{STD .mín.} = \frac{V_{STD .mín.}}{1.000} \quad (\text{Eq. 6.10})$$

$$IRQ_{STD .máx.} = \frac{V_{STD .máx.}}{1.000} \quad (\text{Eq. 6.11})$$

$$IRQ_{STD .méd.} = \frac{V_{STD .méd.}}{1.000} \quad (\text{Eq. 6.12})$$

6. Finalmente, a partir dos valores de $IRQ_i .mín.$, $IRQ_i .máx.$ e $IRQ_i .méd.$, calculados para cada parâmetro i considerado, pode-se então calcular o $IRQ_{mín.}$, $IRQ_{máx.}$ e $IRQ_{méd.}$ para cada área avaliada, de acordo com as seguintes expressões (Eq. 6.13 a 6.15):

$$IRQ_{mín.} = \frac{IRQ_{NO_3^- .mín.} + IRQ_{Cl^- .mín.} + IRQ_{STD.mín.}}{3} \quad (\text{Eq. 6.13})$$

$$IRQ_{máx.} = \frac{IRQ_{NO_3^- .máx.} + IRQ_{Cl^- .máx.} + IRQ_{STD.máx.}}{3} \quad (\text{Eq. 6.14})$$

$$IRQ_{méd.} = \frac{IRQ_{NO_3^- .méd.} + IRQ_{Cl^- .méd.} + IRQ_{STD.méd.}}{3} \quad (\text{Eq. 6.15})$$

Posto isto, cabe ressaltar que o parâmetro aqui proposto para representar a qualidade das águas subterrâneas para consumo humano, definido como o Índice Relativo de Qualidade (IRQ), deve considerar apenas os valores máximos ou médios de cada área, sendo feita a caracterização de acordo com a determinação de faixas escalares de variação (TAB. 6.40).

Tabela 6.40 - Faixas escalares de variação do Índice Relativo de Qualidade (IRQ) para caracterização do potencial qualitativo das águas subterrâneas para consumo humano

Variação do IRQ	Qualidade para Consumo Humano	Caracterização Geral
$0,0 < IRQ \leq 0,3$	Excelente	Águas subterrâneas sem indicativo de perda de qualidade por parte de qualquer dos parâmetros considerados. Neste caso, sem recomendação de tratamento prévio, mas com indicação de monitoramento periódico.
$0,3 < IRQ \leq 0,6$	Boa	Águas subterrâneas sem problemas de perda de qualidade, mas podendo apresentar um indicativo disso em função dos valores medidos estarem se aproximando do valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Neste caso, sem recomendação de tratamento prévio para utilização, mas chama-se a atenção para a necessidade de manter um monitoramento constante.
$0,6 < IRQ \leq 0,9$	Razoável	Águas subterrâneas, em princípio, sem problemas sérios mas com forte indicativo de perda de qualidade, dados os valores medidos muito próximos do valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Neste caso, comumente um dos parâmetros pode se apresentar com valor medido pouco acima do máximo permitido. Caso isto ocorra, recomenda-se o tratamento prévio para utilização. Caso isto não ocorra, chama-se a atenção para a necessidade de se manter o monitoramento constante.
$0,9 < IRQ \leq 1,2$	Ruim	Águas subterrâneas com qualidade comprometida (perda de qualidade) em função de um ou mais parâmetros analisados. Neste caso, constata-se que os valores medidos comumente são pouco superiores ao valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Dessa maneira, recomenda-se o tratamento prévio para utilização e a continuação do monitoramento constante.
$IRQ > 1,2$	Péssima	Águas subterrâneas com qualidade comprometida (perda de qualidade) em função de um ou mais parâmetros analisados. Neste caso, constata-se que os valores medidos comumente são muito superiores ao valor máximo permitido para potabilidade das águas, segundo os parâmetros de interesse. Dessa maneira, recomenda-se o tratamento prévio para utilização e a continuação do monitoramento constante.

Nota: parâmetros avaliados: NO_3^- (VMP = 10 mg/L); Cl^- (VMP = 250 mg/L); STD (VMP = 1.000 mg/L). VMP (Valor Máximo Permitido) segundo a Portaria N° 518, do Ministério da Saúde, de 25/03/2004.

Já para a hierarquização do potencial qualitativo nas áreas avaliadas, ou em pontos isolados, podem-se adotar apenas os valores médios de **IRQ**. No entanto, caso seja necessária uma análise mais conservadora, devem-se adotar os valores máximos de **IRQ**. Para tanto, consideram-se os valores do **IRQ** escolhido, na forma de tabelas e em ordem crescente de distribuição.

Neste caso, a seqüência de apresentação das áreas avaliadas será reorientada de acordo com o decaimento da qualidade das águas subterrâneas. Exemplos desta hierarquização são apresentados nas TAB. 5.52 e 5.92. A partir desta caracterização e hierarquização pode-se ainda identificar quais os principais tipos de problemas relacionados à perda da qualidade das águas subterrâneas (*e.g.* poluição, contaminação natural, contaminação pela intrusão da cunha salina), dados os parâmetros com valores anormais de **IRQ**.

6.3.4.4 - Etapa de Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas

Os objetivos desta etapa consistem na definição, caracterização e hierarquização do potencial quantitativo das águas subterrâneas nas áreas potencialmente estratégicas. Para isto, deve-se proceder à implementação de modelos hidrogeológicos (conceitual e computacional), para buscar descrever o comportamento hidrodinâmico geral, apresentar o cálculo das reservas e avaliar os cenários de utilização das águas subterrâneas. Neste sentido, deverão ser consideradas as seguintes tarefas:

6.3.4.4.1 - Tarefa de Concepção de um Modelo Hidrogeológico Conceitual

Nesta tarefa deve-se proceder da maneira usual para definição de um modelo hidrogeológico conceitual. Consiste no resgate de informações pertinentes (*e.g.* geológicas, climatológicas, hidrográficas, hidrogeológicas), com o intuito de contextualizar o cenário hidrogeológico da área que se pretende avaliar e obter informações que servirão como parâmetros de entrada para a implementação do modelo computacional. Em essência, esta tarefa consiste em definir o domínio de interesse hidrogeológico, a partir de contornos hidrográficos representativos, e apresentar os principais elementos condicionantes do fluxo das águas subterrâneas.

Em linhas gerais, deve-se buscar reconhecer as condições de contorno do sistema, identificando cursos d'água relevantes e elementos da topografia; caracterizar as unidades hidroestratigráficas do sistema aquífero; coletar dados sobre os parâmetros hidrogeológicos característicos, como a recarga, condutividade hidráulica; identificar elementos que servirão como pontos de monitoramento do aquífero, como poços, nascentes, vazões

características. Neste caso, a descrição apresentada no item 5.1.2.3.1 caracteriza bem este procedimento.

6.3.4.4.2 - Tarefa de Implementação de um Modelo Hidrogeológico Computacional

Esta tarefa deve consistir na implementação de um modelo hidrogeológico, através de um código computacional, refletindo uma representação das condições reais caracterizadas na tarefa anterior. Neste caso, recomenda-se a utilização de um código que possibilite a simulação do comportamento hidrodinâmico tridimensional do sistema hidrogeológico, admitindo a existência de unidades hidroestratigráficas distintas, de acordo com a configuração real retratada no modelo conceitual. Este código deve permitir, também, a acomodação dos componentes hidrológicos e das condições de contorno do sistema, tais como rios, córregos, drenos, poços, taxas de recarga, etc, possibilitando representar de maneira adequada os elementos reais descritos no respectivo modelo conceitual.

No estudo de caso apresentado neste trabalho optou-se pelo uso do código *Visual-Modflow* (GUIGUER & THOMAS, 1998), por se tratar de um aplicativo amplamente utilizado pela comunidade técnica em problemas de fluxo subterrâneo, contando com pré e pós-processadores gráficos que auxiliam na entrada de dados e interpretação de resultados. Contudo, a escolha de outro código que satisfaça às necessidades do modelamento também é viável. Após ter sido devidamente calibrado, os resultados produzidos com a implementação deste modelo devem ser integrados para se gerar um panorama geral sobre o contexto hidrogeológico local, descrevendo-se, por exemplo, as direções de fluxo das águas subterrâneas e os rebaixamentos causados pelo bombeamento dos poços. Além disso, o referido modelo deve ser robusto o suficiente para permitir o cálculo das reservas e das vazões extraídas pelos poços, visando definir o cenário de utilização e disponibilidade das águas subterrâneas. Neste caso, ressalta-se que a descrição apresentada no item 5.1.2.3.2 caracteriza bem este procedimento.

6.3.4.4.3 - Tarefa de Definição do Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Esta tarefa está embasada nos resultados produzidos pelo modelo computacional que foi implementado anteriormente. Ela consiste na avaliação específica das áreas potencialmente estratégicas, considerando as reservas e as vazões calculadas dentro dos limites das mesmas.

Neste caso, recorre-se à ferramenta de balanço hídrico disponível no modelo computacional,

que permite identificar, para cada área que se deseja avaliar, os valores das vazão produzida pelos poços de bombeamento em operação e os valores de reserva renovável. Estes dados deverão ser integrados para apresentar um panorama geral sobre o potencial quantitativo, atual e futuro, nas áreas potencialmente estratégicas. Para tanto, devem ser adotadas algumas premissas, critérios e conceitos de avaliação, para facilitar o processo de definição deste potencial. Neste sentido, recomenda-se o seguinte:

1. definir, com a ajuda da ferramenta de balanço hídrico específica do modelo computacional, os limites horizontais e verticais correspondentes às áreas potencialmente estratégicas, para o cálculo das entradas e saídas de água do sistema;
2. considerar todos os poços em uso, operando segundo o seu regime de bombeamento característico, inclusive aqueles poços fora das áreas avaliadas;
3. as reservas renováveis totais calculadas para as áreas potencialmente estratégicas devem representar uma condição de equilíbrio do sistema;
4. para o cálculo das reservas renováveis totais e dos volumes produzidos anualmente pelos poços considera-se o balanço entre as entradas e saídas de água do sistema, feito automaticamente pelo modelo computacional;
5. em princípio, as reservas renováveis totais das áreas potencialmente estratégicas são relativas apenas às recargas geradas pela infiltração direta de águas de chuvas, dentro de seus limites superficiais. Caso sejam reconhecidas outros mecanismos que influenciem na recarga, eles poderão ser devidamente implementados e considerados no cálculo das respectivas reservas totais;
6. os volumes produzidos anualmente pelos poços de bombeamento podem representar a parcela utilizada das reservas renováveis totais das áreas potencialmente estratégicas, ou ainda, a parcela importada das reservas das adjacências;
7. como a reserva renovável utilizada não é calculada diretamente pelo modelo, indiretamente ela será considerada igual ao volume anual produzido pelos poços, sempre que este último for inferior ou igual à reserva renovável total. Para os casos em que o volume anual produzido pelos poços for superior, a reserva renovável utilizada será sempre igual a à reserva renovável total;
8. no caso dos valores de reservas renováveis totais serem maiores que os volumes produzidos anualmente pelos poços, a diferença entre estes dois componentes

representa a reserva renovável disponível, uma vez que ela não é calculada diretamente pelo modelo. Neste caso, registra-se ainda que o volume anual importado será igual a zero; e,

9. em contraposição, no caso dos volumes produzidos anualmente pelos poços serem maiores que os valores de reservas renováveis totais, a diferença entre estes dois componentes representa o volume anual importado em cada área. Neste caso, registra-se ainda que a reserva renovável utilizada será igual a reserva renovável total.

Cabe ressaltar ainda que, neste contexto, as reservas renováveis totais calculadas para as áreas potencialmente estratégicas devem representar apenas o potencial de recarga de cada uma delas. Sendo assim, a reserva renovável deve ser considerada igual à vazão total que, em princípio, estaria prontamente disponível para produção, sem que ocorra a importação de águas subterrâneas das adjacências. Isto porque, assume-se que cada área estratégica deva ser auto-suficiente, pois a importação de águas durante o bombeamento pode implicar em comprometimento do potencial de qualidade e de quantidade, tanto para a área explorada quanto para aquelas em suas vizinhanças.

Posto isto, acrescenta-se que os resultados apresentados na TAB. 5.65 podem ser tomados como exemplo desta avaliação, representando uma caracterização geral do potencial quantitativo das águas subterrâneas nas áreas potencialmente estratégicas.

6.3.4.4.4 - Tarefa de Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Com base nos dados produzidos na tarefa anterior, procede-se à caracterização e hierarquização do potencial quantitativo disponível das águas subterrâneas nas áreas potencialmente estratégicas. Para tanto, deve-se considerar uma avaliação individual, com base nos respectivos valores de reserva e vazão apresentados pelo modelo computacional.

Neste contexto, deve-se assumir que os valores de reserva renovável total de cada área correspondam ao limite máximo passível de exploração, com o intuito de verificar os valores já comprometidos com o bombeamento dos poços (reserva renovável utilizada) e aqueles ainda disponíveis para tal fim (reserva renovável disponível), e com o intuito de quantificar a importação de água de áreas adjacentes (volume anual importado), no caso dos valores bombeados (volume anual produzido) serem superiores às reservas renováveis. Identificados todos estes valores, inicialmente procede-se à determinação do grau de utilização e de

disponibilidade das águas subterrâneas, com o intuito de estabelecer, individualmente, o quanto as áreas potencialmente estratégicas encontram-se com o seu potencial quantitativo comprometido e, assim, realizar as suas caracterizações.

Para isto, os valores de reserva renovável utilizada e disponível deverão ser normalizados em função da reserva renovável total, obtendo-se valores que representam o Índice Relativo de Utilização Hídrica (**IRUH**) e o Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica (**IRDH**). Cabe ressaltar que estes índices variam na faixa entre 0,0 e 1,0, e são complementares entre si. Assim, quanto maior for o índice de disponibilidade tanto menor será o índice de utilização, e vice-versa. Para facilitar a comparação entre estes valores, estabelece-se uma subdivisão em 5 faixas escalares de variação, representativas da utilização e da disponibilidade hídrica, conforme apresentado na TAB. 6.41. Neste contexto, determina-se que a caracterização do potencial quantitativo disponível seja feita sempre pelos valores de **IRDH**.

Tabela 6.41 - Faixas escalares de variação de **IRUH** e **IRDH** para caracterização do potencial quantitativo nas áreas potencialmente estratégicas

IRUH	Faixa de Variação	IRDH
Muito Baixo	$0,0 < IR \leq 0,2$	Muito Baixo
Baixo	$0,2 < IR \leq 0,4$	Baixo
Moderado	$0,4 < IR \leq 0,6$	Moderado
Alto	$0,6 < IR \leq 0,8$	Alto
Muito Alto	$0,8 < IR \leq 1,0$	Muito Alto

Nota: **IRUH** – Índice Relativo de Utilização Hídrica; **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica.

Valores de **IRDH** iguais a 1,0 indicam que todo o potencial quantitativo (reserva renovável) da respectiva área encontra-se disponível para exploração, ou seja, igual **IRUH** a zero. Em contraposição, valores de **IRDH** iguais a zero (potencial quantitativo nulo) indicam que toda a reserva renovável encontra-se comprometida pelo bombeamento dos poços ou outra forma de captação, ou seja, **IRUH** igual a 1,0. Neste último caso, é muito provável ainda que as águas subterrâneas também estejam sendo importadas das vizinhanças da área considerada.

De maneira semelhante, o volume importado de outras áreas também poderá ser avaliado. Para tanto, considera-se a razão entre o volume anual importado e a reserva renovável total, representando o Grau Relativo de Importação Hídrica (**GRIH**). Neste caso, valores de **GRIH** iguais a zero indicam que as respectivas áreas encontram-se ainda numa situação sustentável, ou seja, a sua reserva renovável é superior ao volume produzido pelos poços, sendo a relação entre a sua utilização e disponibilidade dada pelos seus respectivos índices relativos. Em contrapartida, para o caso de valores de **GRIH** maiores que zero, registra-se uma condição de

não sustentável. Neste caso, o volume produzido pelos poços é maior que a reserva renovável total, implicando que águas subterrâneas estão sendo importadas de áreas vizinhas. Esta não é uma condição desejável pois pode vir a comprometer as reservas atuais e futuras de outras áreas, tanto em qualidade quanto em quantidade.

Para facilitar a interpretação dos dados produzidos e favorecer correlações com o potencial qualitativo das águas subterrâneas, recomenda-se que os resultados sejam apresentados na forma de tabelas. Neste sentido, acrescenta-se que os resultados mostrados na TAB. 5.67 podem ser tomados como exemplo desta caracterização. Além disso, os dados produzidos podem ser apresentados graficamente, fornecendo um panorama geral sobre o índice de utilização e de disponibilidade das águas subterrâneas em cada área, bem como sobre o grau de importação naquelas áreas não sustentáveis.

Tendo sido caracterizado o potencial quantitativo de cada área potencialmente estratégica, procede-se então à sua hierarquização. Tal procedimento pode seguir condições pré-estabelecidas de prioridade, tais como: hierarquização das áreas por município; hierarquização das áreas por bacia hidrográfica; hierarquização do conjunto total de áreas. A partir do estabelecimento de uma das condições acima, o foco da avaliação deve consistir em priorizar o potencial de produção ainda disponível de cada área, em termos de seus valores absolutos de reserva renovável disponível.

Posto isto, para a hierarquização das áreas estratégicas, recomenda-se que os valores de reserva renovável disponível sejam priorizados em ordem decrescente. Neste caso, entende-se que quanto maiores os valores de reserva disponível, tanto maior será o potencial quantitativo, e vice-versa. Em segunda ordem, no caso dos valores de reserva renovável disponível serem nulos, serão priorizados os valores de vazão importada pelos poços. Neste caso, os valores são ordenados em ordem crescente, pois entende-se que quanto menor o volume importado das vizinhanças, tanto menor também será o risco de comprometimento do potencial quantitativo de áreas adjacentes, e vice-versa. Os resultados produzidos nesta tarefa devem ser apresentados na forma de tabelas para facilitar a visualização e correlação do potencial quantitativo, em termos de seu valor absoluto e caráter quantitativo relativo. Neste sentido, os resultados apresentados na TAB. 5.68 podem ser tomados como exemplos da caracterização e hierarquização das áreas potencialmente estratégicas. Vale ressaltar ainda que esta forma de apresentação irá facilitar a correlação entre o potencial de qualidade, visando a definição efetiva das áreas estratégicas de atendimento às demandas.

6.3.5 - Atividade de Definição de Áreas Estratégicas de Abastecimento

A caracterização de Áreas Estratégicas de Abastecimento (ou Áreas Estratégicas de Atendimento às Demandas) constitui-se na atividade final desta metodologia. Nesta atividade, busca-se integrar os resultados anteriores, para definir o potencial estratégico das águas subterrâneas, em função de cenários projetados de disponibilidades e demandas, e de contextos de atendimento diferenciados (*i.e.* atendimento pleno ou complementar). Neste sentido, outros aspectos também deverão ser discutidos, tais como: a capacidade de atendimento instalada dos mananciais superficiais (*e.g.* açudes, lagoas, reservatórios); a perda de capacidade de atendimento destes mananciais em função de acidentes naturais (secas e inundações) ou interferência antrópica (poluição e contaminação); e, a capacidade de atendimento dos mananciais subterrâneos.

Sendo assim, deverão ser considerados, essencialmente, os resultados apresentados nas atividades de definição e caracterização das áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento. Neste caso, tais resultados serão confrontados, criando o binômio **Áreas Críticas x Áreas Potencialmente Estratégicas**, com o intuito de caracterizar a possibilidade de atendimento às demandas, frente às disponibilidades hídricas subterrâneas das áreas investigadas. A partir disso, as **Áreas Estratégicas de Abastecimento** deverão ser efetivamente definidas, além de terem os seus respectivos potenciais priorizados e hierarquizados em função dos aspectos quantitativos e qualitativos que foram determinados. Para tanto, o procedimento a ser aplicado deve consistir na execução das seguintes etapas:

6.3.5.1 - Etapa de Consolidação dos Resultados

Para se alcançar o objetivo final da atividade em questão, faz-se necessária uma etapa de consolidação dos resultados, realizada com o intuito de resgatar os dados pertinentes produzidos e favorecer o procedimento ora proposto. Nesta etapa, tais dados deverão ser apresentados, preferencialmente, na forma de tabelas para facilitar o confronto de informações e as discussões decorrentes. Essencialmente, os dados a serem resgatados referem-se às projeções de demandas e de capacidade instalada dos mananciais superficiais, bem como aos resultados sobre as potencialidades dos mananciais subterrâneos avaliados. Neste sentido, o contexto apresentado no item 6.1.1 pode ser tomado como exemplo.

6.3.5.2 - Etapa de Caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento

Tendo sido resgatados os dados pertinentes, esta etapa deve consistir no confronto entre as áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, visando a avaliar a possibilidade de atendimento das demandas, plenas ou parciais, pelo potencial hídrico subterrâneo disponível nas áreas avaliadas. Com este confronto é que se faz a caracterização das áreas estratégicas de abastecimento, favorecendo o processo de priorização/hierarquização das mesmas. Para tanto, deve-se proceder da seguinte maneira:

- apresentar a composição das demandas em função dos diversos usos da água (*i.e.* doméstico, industrial, irrigação e dessedentação de animais). A partir disso, considerar as projeções de demandas para os horizontes propostos, dadas pelas projeções de crescimento populacional. Este procedimento deve ser feito através de tabelas, como exemplifica a TAB. 6.42;
- concomitantemente, apresentar a composição do sistema de abastecimento, dada pelas projeções das vazões relativas aos mananciais superficiais e subterrâneos, necessárias ao atendimento pleno das demandas projetadas. Neste contexto, deve-se destacar o papel estratégico das águas subterrâneas na composição das vazões de abastecimento para atendimento das demandas. Isto é feito considerando as projeções do potencial quantitativo dos mananciais superficiais, dadas pelo conhecimento específico do sistema público de distribuição, em suas condições atuais e futuras, como foi apresentado no item 5.1.1.2. Este procedimento deve ser feito através de tabelas, como demonstra a TAB. 6.42;

Tabela 6.42 - Projeções das populações, demandas e vazões de abastecimento para o município de Aquiraz, nos períodos de avaliação considerados a partir do ano 2000

Projeção	População (hab.)			Demanda (L/s)				Vazão de Abastecimento L/s		Percentual de Utilização	
	Urbana	Rural	Total	Domést.	Indust.	Anim.	Total	Água Superf.	Água Subter.	Água Superf.	Água Subter.
2000	54.682	5.787	60.469	116	216	4	335	17	318	5%	95%
2005	58.129	6.259	64.388	123	230	4	357	17	340	5%	95%
2010	61.378	6.738	68.115	130	243	5	378	347	31	92%	8%
2015	63.084	7.120	70.204	134	250	5	389	347	42	89%	11%
2020	64.838	7.524	72.362	138	258	5	401	347	54	87%	13%

Fonte: compilação de dados de IBGE (2000) e COGERH (2001).

- apresentar os dados produzidos sobre as disponibilidades hídricas subterrâneas, em termos de quantidade e qualidade, para as áreas potencialmente estratégicas que foram avaliadas. Este procedimento deve ser executado através de tabelas, como exemplifica a TAB. 6.43;

Tabela 6.43 - Resultados sobre a disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, para as áreas potencialmente estratégicas do município de Aquiraz

Micro-Área	Unidade Aqüífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida Pelos Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada Pelos Poços (L/s)	IRQ _{méd.}
MA1-AQU	Barreiras/Cristalino	102	27	27	75	0	1,30
MA2-AQU	Barreiras	40	32	32	8	0	0,98
MA3-AQU	Dunas	37	35	35	2	0	0,79
MA4-AQU	Barreiras	188	51	51	137	0	0,28
TOTAL		367	145	145	222	0	

Nota: reservas calculadas pelo modelo; **IRQ_{méd.}** – Índice Relativo de Qualidade (valores médios).

- considerar o processo de desenvolvimento e expansão natural do sistema de abastecimento, bem como das demandas geradas pelo crescimento populacional, e avaliar a capacidade de incremento às vazões que as águas subterrâneas podem oferecer. Neste sentido, deve-se destacar o potencial quantitativo e qualitativo das áreas potencialmente estratégicas e estabelecer comparações entre as vazões projetadas para atender às demandas e a reserva disponível de cada área, nos diversos horizontes propostos; e,
- considerar também aspectos emergenciais de atendimento das demandas, decorrentes do comprometimento da infra-estrutura hídrica composta pelos mananciais superficiais, devido a ocorrência de acidentes naturais (*e.g.* secas, inundações) ou a interferência antrópica (*e.g.* poluição, contaminação). Nestes casos, deve-se considerar a perda do potencial de oferta dos mananciais superficiais e avaliar a capacidade de oferta extra dos mananciais subterrâneos, determinando o potencial estratégico das águas subterrâneas e a fragilidade do sistema de abastecimento.

Através desse procedimento pode-se avaliar a possibilidade de atendimento das demandas crescentes, nos horizontes propostos, pelas disponibilidades hídricas avaliadas para os mananciais subterrâneos, estabelecendo, assim, o papel de importância estratégica das águas subterrâneas como fonte de para o seu atendimento pleno ou parcial. Além disso, pode-se chamar a atenção para as deficiências do sistema de abastecimento integrado, reconhecendo-se problemas atuais e futuros, seja pela falta de planejamento e proteção dos mananciais subterrâneos ou pela fragilidade dos mananciais superficiais diante de fatores (naturais ou antrópicos) que podem desencadear verdadeiros colapsos.

6.3.5.3 - Etapa de Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento

Nesta etapa deve-se considerar o potencial qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas, conforme descrito nos itens 6.3.4.3.3 e 6.3.4.4.4, frente à caracterização apresentada na etapa anterior, para estabelecer a prioridade de hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento, para atendimento pleno ou complementar das demandas. Neste sentido, deve-se considerar prioritário o potencial quantitativo disponível de cada área avaliada (*i.e.* valores caracterizados e hierarquizados de reserva renovável disponível), uma vez que assume-se que a capacidade de produção seja o fator preponderante para o atendimento das demandas hídricas. A partir disso, passa-se a considerar o potencial qualitativo das águas subterrâneas (pelos valores médios ou máximos do Índice Relativo de Qualidade – **IRQ**), uma vez que, em princípio, todos os problemas descritos são passíveis de tratamento para restabelecimento do potencial de qualidade.

Dessa maneira, determina-se que as áreas com potencial quantitativo disponível para exploração, independentemente da qualidade de suas águas subterrâneas, sejam elevadas à condição de **Área Estratégica de Abastecimento** e hierarquizadas conforme a ordem decrescente de seus valores de reserva renovável disponível. No entanto, no caso das águas subterrâneas apresentarem a sua qualidade comprometida, deve-se proceder à identificação do tipo de problema associado e, a partir disso, na execução dos procedimentos e medidas necessárias para a sua solução, antes da sua utilização.

Para os casos onde se constata a importação de águas subterrâneas das adjacências (potencial quantitativo disponível nulo), a prioridade de hierarquização passa a ser em ordem crescente dos valores de vazão importada pelos poços, uma vez que se considera indesejável qualquer volume de água trazido das vizinhanças, pois entende-se que quanto menor este volume tanto menor também será o risco de comprometimento do potencial quantitativo de áreas adjacentes, e vice-versa. Neste caso, o potencial de qualidade passa a assumir um papel mais efetivo como indicador de problemas específicos (*i.e.* poluição/contaminação), inclusive das adjacências, já que as águas subterrâneas estão sendo importadas desse ambiente.

Sendo assim, ressalta-se que a prioridade na hierarquização das áreas estratégicas é dada pelo potencial quantitativo das mesmas e, portanto, segue as recomendações apresentadas no item 6.3.4.4.4. Vale lembrar ainda que, após hierarquizados, a caracterização dos potenciais quantitativo e qualitativo deve considerar as faixas escalares de variação de **IRDH** e **IRQ**, respectivamente, conforme apresentado na TAB. 6.41.

Tabela 6.44 - Faixas escalares de variação de **IRDH** e **IRQ** para a caracterização do potencial quantitativo disponível e do potencial qualitativo das águas subterrâneas

IRDH		IRQ	
Faixa de Variação	Classificação	Faixa de Variação	Classificação
$0,0 < \text{IRDH} \leq 0,2$	Muito Baixo	$0,0 < \text{IRQ} \leq 0,3$	Excelente
$0,2 < \text{IRDH} \leq 0,4$	Baixo	$0,3 < \text{IRQ} \leq 0,6$	Boa
$0,4 < \text{IRDH} \leq 0,6$	Moderado	$0,6 < \text{IRQ} \leq 0,9$	Razoável
$0,6 < \text{IRDH} \leq 0,8$	Alto	$0,9 < \text{IRQ} \leq 1,2$	Ruim
$0,8 < \text{IRDH} \leq 1,0$	Muito Alto	$\text{IRQ} > 1,2$	Péssima

Nota: **IRDH** – Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica; **IRQ** – Índice Relativo de Qualidade.

Após todo este procedimento, procede-se à caracterização final e individual das Áreas Estratégicas de Abastecimento, apresentando os resultados na forma de tabelas e traduzindo-os textualmente e em mapas temáticos. Neste sentido, destaca-se que os resultados apresentados na TAB. 6.35 e no DE-A05-01 (ANEXO V) podem ser tomados como exemplos da integração dos dados quantitativos e qualitativos, identificando, priorizando, hierarquizando e caracterizando as Áreas Estratégicas de Abastecimento.

6.3.5.4 - Etapa de Recomendações Específicas

Durante a Etapa de Caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento, onde se procede no confronto entre áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento, podem-se reconhecer as deficiências do sistema de abastecimento integrado, chamando a atenção para problemas atuais e futuros, seja pela falta de planejamento e proteção dos mananciais subterrâneos ou pela fragilidade dos mananciais superficiais diante de fatores (naturais ou antrópicos) que podem desencadear verdadeiros colapsos. Neste contexto, podem ser feitas recomendações específicas, que serão apresentadas durante a caracterização das áreas, ou posteriormente, durante uma análise mais abrangente.

6.3.6 - **Considerações Finais**

Pelo conjunto de critérios apresentados nos itens anteriores, podem-se reconhecer três fases distintas e consecutivas, conforme se avança na execução das atividades propostas para estudos desta natureza. Quais sejam: Fase de Investigação Preliminar; Fase de Definição e Caracterização dos Aspectos Intervenientes; e, Fase de Integração e Avaliação Final.

A Fase de Investigação Preliminar reúne as atividades de Levantamento Bibliográfico Preliminar e de Caracterização Geral da Área Avaliada. Nesta fase, busca-se obter o maior conjunto de informações possível, a serem organizadas e sistematizadas para compor um

contexto integrado sobre o tema e o assunto considerado. Além disso, avalia-se ainda a disponibilidade de dados essenciais para se proceder à execução da fase seguinte. Neste sentido, dependendo da maior ou menor disponibilidade de informações, procede-se à indicação e recomendação de estudos pertinentes, para fundamentar as bases do conhecimento sobre o assunto específico.

A Fase de Definição e Caracterização dos Aspectos Intervenientes reúne as atividades de Definição e Caracterização das Áreas Críticas e Potencialmente Estratégicas de Abastecimento. Nesta fase, busca-se tratar os dados disponíveis e aqueles coletados através de estudos auxiliares e complementares, definidos na fase anterior, para se entender o contexto hidrogeológico local, em termos de distribuição, ocorrência e principais usos dos mananciais subterrâneos. Neste sentido, estabelece-se o conjunto de resultados sobre aspectos diversos relacionados às águas subterrâneas (*e.g.* demandas, disponibilidade quantitativa e qualitativa, processos de interação com o uso e ocupação do meio ambiente físico e antrópico, correlações com as águas superficiais). A compreensão de tais aspectos favorece a questão do gerenciamento integrado de recursos hídricos, conforme preconiza a estratégia atualmente difundida. Além disso, destaca a importância e a necessidade de se implantar sistemas de monitoramento específicos, para a obtenção de dados hidrogeológicos e acompanhamento constante da evolução do sistema aquífero.

A Fase de Integração e Avaliação Final constitui-se, efetivamente, na definição das Áreas Estratégicas de Abastecimento. Nesta fase promove-se a integração dos resultados descritos anteriormente, com o intuito de definir o potencial estratégico das águas subterrâneas como fonte para o abastecimento, em função de cenários projetados de disponibilidades e demandas, em contextos de atendimento diferenciados (*i.e.* atendimento pleno ou complementar).

Tal entendimento se realiza pelo confronto entre as áreas críticas e potencialmente estratégicas, caracterizando, em diversos cenários de abastecimento, a possibilidade de atendimento às demandas frente às disponibilidades hídricas subterrâneas avaliadas; priorização e hierarquização estas áreas, em função do potencial estratégico; e, recomendando, em função dos cenários caracterizados, ações específicas voltadas à utilização racional e sustentável dos mananciais subterrâneos, bem como para a proteção dos sistemas aquíferos. Posto isto, ressalta-se que a organização destas fases pode ser entendida pelo roteiro de atividades, etapas e tarefas apresentados na Figura 6.1.

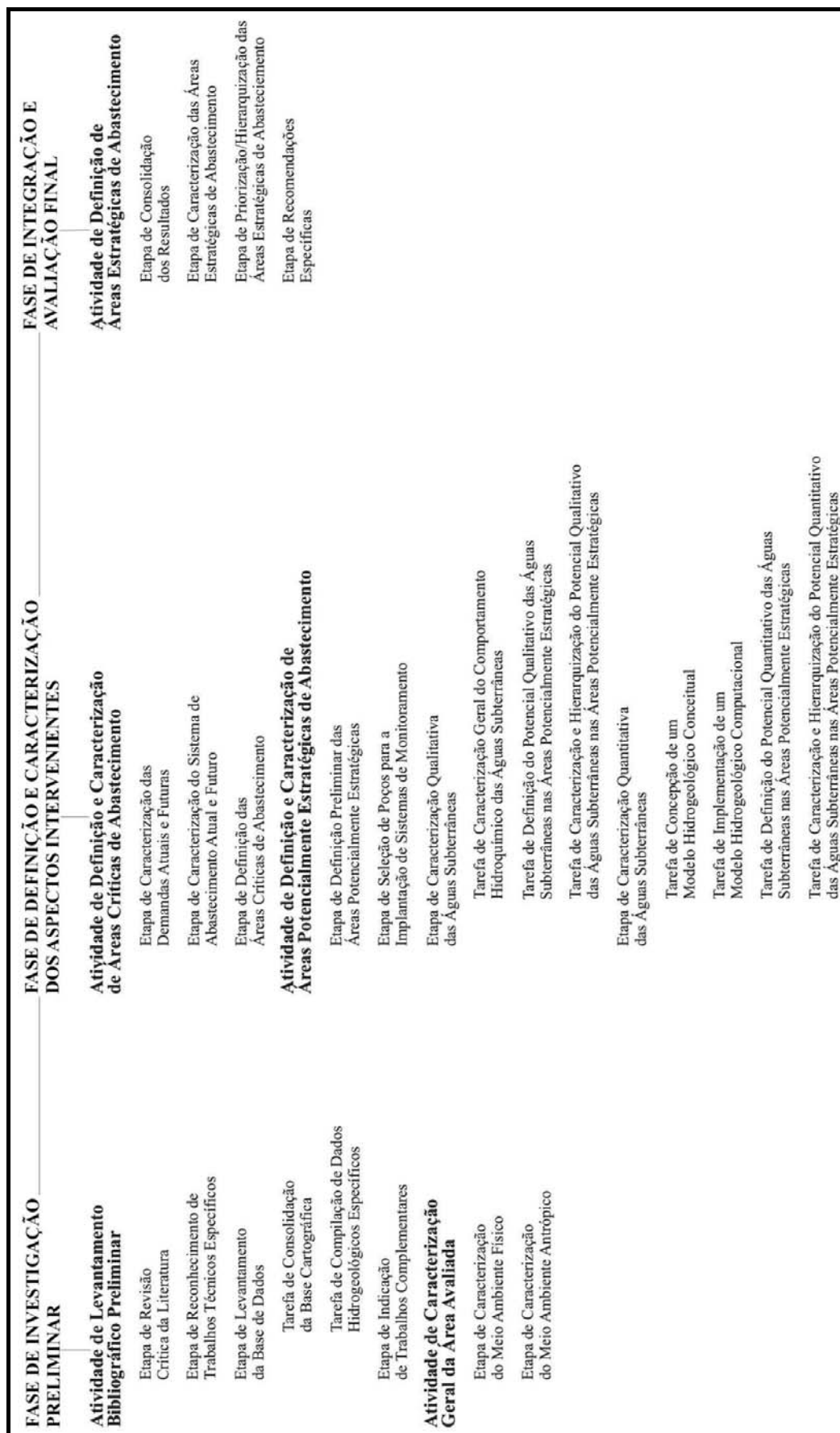


Figura 6.1 - Organograma das fases, atividades, etapas e tarefas propostas como critérios gerais orientadores para a realização de estudos desta natureza.

7 - CONCLUSÕES

As conclusões deste trabalho são apresentadas em função de dois contextos distintos. Em primeiro lugar, serão retratadas as conclusões específicas, relativas aos estudos de caso desenvolvidos. Em segundo lugar, serão apresentadas as conclusões gerais, de acordo com o objetivo principal proposto.

7.1 - Conclusões Específicas

Em termos específicos, as conclusões conjugam os principais resultados obtidos com o desenvolvimento dos casos escolhidos para caracterizar a distribuição, ocorrência e utilização das águas subterrâneas nos domínios de interesse (*i.e.* Região Metropolitana de Fortaleza e Área de Graben Crato-Juazeiro), demonstrando o seu potencial estratégico como fonte para o atendimento pleno das demandas e/ou como fonte complementar para dar suporte ao sistema de abastecimento principal.

Neste sentido, acredita-se que, através dos procedimentos empregados, estes resultados tiveram a capacidade de abranger e integrar vários aspectos inerentes ao tema de Gerenciamento Integrado de Águas Subterrâneas, gerando também um conhecimento mais amplo sobre os recursos hídricos subterrâneos nos domínios avaliados, e favorecendo o desenvolvimento de estruturas voltadas para o planejamento de sua utilização e a proteção dos sistemas aquíferos explorados.

7.1.1 - Região Metropolitana de Fortaleza

Na **RMF** os resultados produzidos pela caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento, bem como pela caracterização do potencial qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas (Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento) permitiram integrar estes aspectos para produzir um panorama geral sobre as demandas municipais e disponibilidades hídricas dos mananciais subterrâneos avaliados.

Em termos de caracterização das áreas críticas de abastecimento, no que se refere ao sistema integrado de abastecimento (mananciais superficiais e subterrâneos), os resultados demonstraram que as águas subterrâneas, de fato, desempenham um papel importante para a regularização das vazões de água demandadas na **RMF**, em função de sua capacidade de complementação da oferta do sistema de abastecimento principal (mananciais superficiais).

Por outro lado, demonstraram também que esse potencial estratégico é extremamente variável em relação aos municípios avaliados.

Neste caso, constatou-se que a taxa de utilização atual das águas subterrâneas (demandas), na maioria dos municípios, é muito acima daquela taxa média apresentada para o contexto geral da região. Além disso, as estimativas apresentadas para os horizontes futuros (*i.e.* 2005, 2010, 2015 e 2020) corroboraram ainda mais este entendimento (TAB. 6.3, 6.4, 6.5 e 6.6, respectivamente), sugerindo que as demandas por águas subterrâneas tenderão a crescer com as taxas de crescimento populacional. Ademais, ressaltou-se também que isto poderá ocorrer porque as projeções futuras de implementação do sistema de abastecimento principal não serão suficientes para atender às demandas crescentes.

Em função disso, pôde-se reconhecer as deficiências atuais e futuras do sistema integrado de distribuição de água na **RMF**, apontando as Áreas Críticas de Abastecimento em condições normais de desenvolvimento e expansão das demandas, bem como em condições emergenciais de atendimento das mesmas. Estas áreas foram definidas e caracterizadas de maneira ampla, a nível municipal, com base no panorama gerado sobre o uso e ocupação do meio físico e no crescimento populacional, alavancado pelo desenvolvimento urbano e industrial, projetado para horizontes futuros. Neste sentido, percebeu-se que, em todos os horizontes de projeção, as demandas industrial e doméstica são aquelas de maior vulto na composição das demandas totais, fazendo com que as áreas críticas de abastecimento fossem preferencialmente definidas em função das demandas geradas nos principais centros urbanos (sedes municipais e distritais), onde se concentram a maior parcela das populações residentes e a infra-estrutura do setor industrial.

Por sua vez, a consolidação dos resultados relativos à avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas da **RMF** permitiu estabelecer uma hierarquização do potencial de produção, em quantidade e qualidade, das Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento, definidas preliminarmente para o atendimento e/ou complementação das demandas municipais nas áreas críticas. Tais resultados foram apresentados de maneira consolidada e sistematizada na TAB. 6.7, onde foram apontados os valores de reservas renováveis de cada área, por município, bem como as vazões já comprometidas com o bombeamento dos poços e as vazões ainda disponíveis para exploração. Para os casos onde as vazões extraídas pelos poços se mostraram superiores às reservas renováveis, também foram apresentadas as vazões

importadas das vizinhanças. Além disso, os respectivos valores de **IRQ** de cada área foram apresentadas para caracterizar o potencial de qualidade das mesmas.

Pelo confronto destas informações de disponibilidades e demandas hídricas, pôde-se caracterizar, priorizar e hierarquizar, efetivamente, as Áreas Estratégicas de Abastecimento, frente a possibilidade de atendimento pleno das demandas e/ou de incremento da oferta de água para o sistema de distribuição principal instalado nos municípios da **RMF**.

Neste sentido, determinou-se que aquelas áreas potencialmente estratégicas com reserva renovável disponível para exploração, independentemente da qualidade de suas águas subterrâneas, passassem a assumir um papel de Área Estratégica de Abastecimento. No entanto, ressaltou-se que se as águas subterrâneas apresentassem a sua qualidade comprometida, dever-se-ia proceder à identificação do tipo de problema associado e, a partir disso, à execução dos procedimentos e medidas necessárias para a sua solução (*e.g.* instalação de dessalinizadores, tratamento biológico), antes da utilização. Dessa maneira, estabeleceu-se uma caracterização geral, por município, conforme demonstrado na TAB. 7.1.

As áreas onde ocorre a importação de águas subterrâneas das vizinhanças foram mantidas nesta hierarquização, sem assumirem o papel de Áreas Estratégicas de Abastecimento. Neste caso, elas foram consideradas importantes para chamar a atenção para o fato de que se uma determinada área está importando águas de suas vizinhanças, ela pode estar comprometendo o potencial quantitativo da micro-área adjacente, além de colocar em risco também o seu próprio potencial qualitativo, pois está sujeita a incorporar águas de qualidade inferior. Vale ressaltar ainda que as informações relativas à caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento foram apresentadas na forma de um mapa temático, como demonstrado pelo Mapa DE-A05-01 (ANEXO V).

De uma maneira geral, diante das discussões apresentadas, pôde-se reconhecer as deficiências do sistema de abastecimento integrado da **RMF**, chamando a atenção para problemas atuais e futuros, seja pela falta de planejamento e proteção dos mananciais subterrâneos, ou ainda, pela fragilidade dos mananciais superficiais diante de fatores adversos (naturais e/ou antrópicos). Frente a este contexto, foram feitas recomendações específicas, visando garantir a utilização racional e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos, bem como proteger as unidades aquíferas produtoras contra possíveis efeitos causados pela má utilização de suas reservas.

Tabela 7.1 - Áreas Estratégicas de Abastecimento, por município da RMF

Município	Área Estratégica	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada por Poços (L/s)	Potencial Quantitativo Disponível	IRQ _{méd.}	Potencial Qualitativo
Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	188	51	137	0	Alto	0,28	Excelente
	MA1-AQU	Barreiras	102	27	75	0	Alto	1,30	Péssima
	MA2-AQU	Barreiras	40	32	8	0	Muito Baixo	0,98	Ruim
	MA3-AQU	Dunas	37	35	2	0	Muito Baixo	0,79	Razoável
Caucaia	MA2-CAUC	Cristalino	105	22	83	0	Alto	2,33	Péssima
	MA5-CAUC	Dunas/ Paleodunas	47	6	41	0	Muito alto	0,14	Excelente
	MA4-CAUC	Dunas/ Paleodunas	86	73	13	0	Muito Baixo	0,59	Boa
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	22	22	0	39	Nulo	1,46	Péssima
	MA1-CAUC	Barreiras	98	98	0	66	Nulo	1,21	Péssima
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	27	143	0	Muito alto	3,34	Péssima
Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	3	1	2	0	Moderado	0,77	Razoável
Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	6	5	2	0	Baixo	0,61	Razoável
	MA6-FOR	Cristalino	6	6	0	7	Nulo	0,44	Boa
	MA7-FOR	Barreiras	20	20	0	23	Nulo	0,68	Razoável
	MA8-FOR	Dunas	22	22	0	45	Nulo	0,32	Boa
	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	2	0	54	Nulo	0,54	Boa
	MA4-FOR	Dunas	12	12	0	65	Nulo	1,18	Ruim
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	2	0	68	Nulo	0,55	Boa
	MA2-FOR	Dunas	20	20	0	227	Nulo	1,47	Péssima
Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	29	4	25	0	Muito alto	0,77	Razoável
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	80	10	0	Muito Baixo	1,23	Péssima
Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	4	4	0	10	Nulo	1,68	Péssima
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	9	0	15	Nulo	0,91	Ruim
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	3	10	0	Alto	4,51	Péssima
	MA2-MARAN	Cristalino	1	1	0	2	Nulo	0,70	Razoável
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	48	157	0	Alto	2,85	Péssima
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	67	0	29	Nulo	1,23	Péssima
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	9	0	8	Nulo	0,63	Razoável
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	11	204	0	Muito alto	0,55	Boa
	MA3-SGA	Cristalino	72	7	65	0	Muito alto	1,32	Péssima
	MA2-SGA	Cristalino	38	7	31	0	Muito alto	1,47	Péssima

Nota: reservas calculadas pelo modelo; IRQ_{méd.} – Índice Relativo de Qualidade (valor médio).

7.1.2 - Área do Graben Crato-Juazeiro

Na área do **GCJ**, os resultados produzidos pela caracterização das Áreas Críticas de Abastecimento, bem como pela caracterização do potencial qualitativo e quantitativo das águas subterrâneas (Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento), permitiram integrar estes aspectos para produzir um panorama geral sobre as demandas municipais e disponibilidades hídricas dos sistemas aquíferos avaliados dentro da área do graben. A avaliação das projeções de população e demanda na área do **GCJ** definiu como áreas críticas de abastecimento as sedes municipais de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, onde se

concentra a grande maioria das populações. Nestes municípios, constatou-se que as demandas de água são plenamente atendidas pelos mananciais subterrâneos, essencialmente, através de poços e nascentes.

Por sua vez, a consolidação dos resultados relativos à avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas da área do **GCJ** permitiu estabelecer o potencial de produção disponível, em termos de quantidade e qualidade. Em termos quantitativos, foi considerado todo o domínio do graben, entendido como uma única área potencialmente estratégica de abastecimento, para atendimento das demandas crescentes nos municípios avaliados. Em termos qualitativos, pôde-se apontar locais onde a qualidade das águas subterrâneas se apresentou comprometida em função de diferentes tipos de problemas. As informações relativas à caracterização dos potenciais quantitativo e qualitativo foram integradas no Mapa DE-A05-02 (ANEXO V).

Com base nestes dados pôde-se proceder ao confronto entre áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento para estabelecer se de fato, ou até quando, a área do **GCJ** se constituirá numa área estratégica de abastecimento. Neste sentido, avaliou-se a possibilidade de atendimento das demandas crescentes de águas subterrâneas nos horizontes propostos, dada a reserva renovável ainda disponível para exploração na área do **GCJ**. Assim, em termos quantitativos estimou-se que o potencial total ainda disponível para produção corresponderia a uma vazão da ordem de 736 L/s, sendo 571 L/s relativos ao Sistema Aquífero Médio e cerca de 165 L/s relativos ao Sistema Aquífero Inferior. Em termos qualitativos, verificou-se que as águas subterrâneas produzidas por estes sistemas são apropriadas ao consumo humano direto. A exceção ocorreu em alguns pontos, com problemas de contaminação natural ou poluição.

Diante das discussões apresentadas, constatou-se, de fato, a condição estratégica das águas subterrâneas na área do **GCJ** para o atendimento pleno das demandas nos horizontes avaliados para os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. Contudo, neste contexto, chamou-se a atenção para o fato de que o percentual de utilização conjunta das reservas renováveis dos sistemas aquíferos Médio e Inferior na área do **GCJ**, que era da ordem de 64% no ano de 2000, deveria sofrer fortes incrementos, passando a ser da ordem de 72%, 80%, 89% e 99% das reservas conjuntas, nos períodos de 2005, 2010, 2015 e 2020, respectivamente. Além disso, chamou-se a atenção também para o fator de qualidade na referida área, que deverá ser acompanhado e avaliado constantemente para se verificar a necessidade de tratamento das águas produzidas, principalmente próximo àqueles locais onde já haviam sido identificados problemas relacionados à poluição e à contaminação natural.

Por fim, pôde-se verificar a falta de planejamento e proteção adequados dos mananciais subterrâneos que abastecem os municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte. A partir disto, foram feitas recomendações específicas, de ordem técnica, visando estabelecer critérios para garantir a utilização racional e sustentável dos mananciais subterrâneos, bem como para proteger os sistemas aquíferos envolvidos (*i.e.* Sistema Aquífero Médio e Sistema Aquífero Inferior). Dessa maneira, reconheceram-se as deficiências atuais e a fragilidade do sistema de abastecimento na área do **G CJ**, chamando a atenção para questões futuras.

7.2 - Conclusões Gerais

Em termos de conclusões gerais, vale ressaltar que o objetivo principal proposto inicialmente foi o de desenvolver uma metodologia que favoreça a definição de áreas estratégicas de abastecimento, dadas as disponibilidades hídricas subterrâneas e a necessidade de atendimento das demandas de uma determinada região. Para tanto, a metodologia proposta aqui foi organizada de maneira a orientar e integrar diversos aspectos relacionados ao gerenciamento de águas subterrâneas (*i.e.* quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, relação com as águas superficiais). Além disso, para efeito de execução, foi concebida de maneira hierárquica, sendo traduzida em fases, atividades, etapas e tarefas, todas com proposições e recomendações para a realização de estudos desta natureza.

Neste sentido, pôde-se reconhecer três fases distintas e consecutivas de execução, definidas por atividades correlatas e por suas respectivas etapas e tarefas. Estas fases foram as seguintes: Fase de Investigação Preliminar; Fase de Definição e Caracterização dos Aspectos Intervenientes; e, Fase de Integração e Avaliação Final.

Na Fase de Investigação Preliminar foi proposta a reunião de duas atividades correlatas, quais sejam: Levantamento Bibliográfico Preliminar e Caracterização Geral da Área Avaliada. Como descrito originalmente, para a execução desta fase recomendou-se obter o maior conjunto de informações disponíveis sobre o tema e os assuntos tratados, bem como avaliar a necessidade de coleta e produção de dados complementares, considerados essenciais para se proceder na execução da fase seguinte (*i.e.* Levantamento Bibliográfico Preliminar). A partir disso, propôs-se a organização e sistematização destas informações, inclusive com a composição de bancos de dados específicos, para retratar um contexto integrado sobre os diversos aspectos pertinentes (*i.e.* Caracterização Geral da Área Avaliada). A organização proposta para esta fase foi a seguinte:

FASE DE INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR

Atividade de Levantamento Bibliográfico Preliminar

Etapa de Revisão Crítica da Literatura

Etapa de Reconhecimento de Trabalhos Técnicos Específicos

Etapa de Levantamento da Base de Dados

Tarefa de Consolidação da Base Cartográfica

Tarefa de Compilação de Dados Hidrogeológicos Específicos

Etapa de Indicação de Trabalhos Complementares

Atividade de Caracterização Geral da Área Avaliada

Etapa de Caracterização do Meio Ambiente Físico

Etapa de Caracterização do Meio Ambiente Antrópico

Na Fase de Definição e Caracterização dos Aspectos Intervenientes, conforme a sua organização traduzida abaixo, foi proposta a reunião das seguintes atividades: Definição e caracterização das áreas críticas e potencialmente estratégicas de abastecimento.

FASE DE DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS INTERVENIENTES

Atividade de Definição e Caracterização de Áreas Críticas de Abastecimento

Etapa de Caracterização das Demandas Atuais e Futuras

Etapa de Caracterização do Sistema de Abastecimento Atual e Futuro

Etapa de Definição das Áreas Críticas de Abastecimento

Atividade de Definição e Caracterização de Áreas Potencialmente Estratégicas de Abastecimento

Etapa de Definição Preliminar das Áreas Potencialmente Estratégicas

Etapa de Seleção de Poços para a Implantação de Sistemas de Monitoramento

Etapa de Caracterização Qualitativa das Águas Subterrâneas

Tarefa de Caracterização Geral do Comportamento Hidroquímico das Águas Subterrâneas

Tarefa de Definição do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Tarefa de Caracterização e Hierarquização do Potencial Qualitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Etapa de Caracterização Quantitativa das Águas Subterrâneas

Tarefa de Concepção de um Modelo Hidrogeológico Conceitual

Tarefa de Implementação de um Modelo Hidrogeológico Computacional

Tarefa de Definição do Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Tarefa de Caracterização e Hierarquização do Potencial Quantitativo das Águas Subterrâneas nas Áreas Potencialmente Estratégicas

Nesta fase, recomendou-se tratar os dados disponíveis e aqueles coletados através de estudos auxiliares e complementares definidos na fase anterior, para se entender o contexto hidrogeológico local em termos de distribuição, ocorrência e principais usos dos mananciais subterrâneos. Neste sentido, estabeleceu-se um conjunto de resultados a serem descritos para esclarecer as questões sobre aspectos diversos relacionados às águas subterrâneas (*e.g.* demandas, disponibilidade quantitativa e qualitativa, processos de interação com o uso e ocupação do meio ambiente natural e antrópico, correlações com as águas superficiais). Além disso, destacou-se a importância e a necessidade de se implantar sistemas de monitoramento específicos, para a obtenção de dados hidrogeológicos e acompanhamento constante da evolução do sistema aquífero.

Já na Fase de Integração e Avaliação Final propôs-se a atividade de Definição de Áreas Estratégicas de Abastecimento. Nesta fase promoveu-se a integração dos resultados descritos anteriormente, com o intuito de definir o potencial estratégico das águas subterrâneas como fonte para o abastecimento, em função de cenários projetados de disponibilidades e demandas, em contextos de atendimento diferenciados (*i.e.* atendimento pleno ou complementar) e em condições adversas de expansão das demandas (*i.e.* normais ou emergenciais). A organização proposta para esta fase foi a seguinte:

FASE DE INTEGRAÇÃO E AVALIAÇÃO FINAL

Atividade de Definição de Áreas Estratégicas de Abastecimento

Etapa de Consolidação dos Resultados

Etapa de Caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento

Etapa de Priorização/Hierarquização das Áreas Estratégicas de Abastecimento

Etapa de Recomendações Específicas

Cabe dizer ainda que para a consolidação desta metodologia, recorreu-se à experiência adquirida no desenvolvimento dos casos apresentados, bem como às recomendações e experiências de âmbito nacional e internacional, descritas por diversos autores e em conformidade com a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Assim, espera-se que os procedimentos propostos sejam capazes de abranger e integrar vários aspectos inerentes ao tema de Gerenciamento Integrado de Águas Subterrâneas, gerando conhecimento e agregando experiência para o desenvolvimento de estruturas voltadas para o planejamento da utilização e proteção dos sistemas aquíferos.

8 - RECOMENDAÇÕES

As recomendações feitas neste estudo vêm de encontro à estratégia difundida na atual política brasileira de recursos hídricos. Além disso, elas são direcionadas à promoção de estudos dirigidos ao tema de gerenciamento das águas subterrâneas, visando garantir o uso e a proteção deste recurso. Neste caso, recomenda-se o seguinte:

- reconhecer a importância estratégica das águas subterrâneas, considerando-a como agente incentivador do desenvolvimento econômico e social no Brasil, seja em regiões de fartura ou de escassez relativa de recursos hídricos;
- direcionar esforços e realizar estudos mais abrangentes, de âmbito regional, para a sistematização e caracterização de dados hidrológicos e hidrogeológicos consistentes e representativos, sempre com vistas às possíveis interações entre os recursos hídricos (superficiais e subterrâneos);
- favorecer a implantação de programas sistemáticos de monitoramento quantitativo e qualitativo, para a obtenção de dados hidrológicos e hidrogeológicos;
- estabelecer bancos de dados de informações hidrogeológicas, considerando os diversos aspectos intervenientes e as informações pertinentes na questão do gerenciamento integrado dos recursos hídricos (*i.e.* quantidade; qualidade; articulação com uso e ocupação do solo; e, integração com as águas superficiais); e,
- estabelecer critérios específicos para nortear a proposição de estruturas de gerenciamento das águas subterrâneas e corroborar o seu enquadramento nos Planos de Bacias Hidrográficas, como determina o documento oficial da Política Nacional de Recursos Hídricos. Para tanto, tais critérios devem favorecer a necessidade de integração, em termos de quantidade e qualidade, bem como de entendimento das possíveis interações com o uso e ocupação dos solos e com as águas superficiais.

A metodologia apresentada aqui buscou abranger todas estas sugestões, mas está longe ainda de ser tomada como definitiva para a solução de um problema tão complexo e amplamente sentido no país, principalmente naquelas regiões onde a escassez de recursos hídricos é uma realidade sofregamente tolerada.

Em um contexto oposto, sugere-se considerar a realização de estudos desta natureza em regiões de fartura relativa de recursos hídricos, carentes da mesma iniciativa. Entende-se aqui que as considerações acima também devam ser desenvolvidas e praticadas nesta condição,

principalmente, para garantir os aspectos relacionados à qualidade e prevenir contra possíveis situações de escassez no futuro, ocasionadas pela má utilização das reservas hídricas.

Posto isto, a recomendação mais importante deste estudo é feita no sentido de considerar outras metodologias existentes, integrar estudos e somar esforços para o tratamento de questões desta natureza. Neste sentido, sugere-se abordar assuntos que tratem da integração de aspectos intervenientes na questão do gerenciamento dos recursos hídricos, aprofundando cada vez mais o conhecimento sobre o tema e adquirindo experiência para que as questões relacionadas sejam tratadas de maneira adequada, com respostas e/ou soluções à altura das dificuldades que se apresentam.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12212: Projeto de poço para captação de água subterrânea – Procedimentos.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12244: Construção de poço para captação de água subterrânea – Procedimentos.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13895: Construção de poços de monitoramento e amostragem – Procedimentos.
- ALLER, L., LERH, J., PETTY, R., HACKETT, G. 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. EPA-600/2-87-0305. Ada. OK.
- ALLEY, W. M.; REILLY, T. E. & FRANKE, O. L. 1998. Sustainability of Ground-Water Resources. U.S. Geological Survey, Circular 1186, 86p.
- AL-WESHAH, R. 2002. The role of UNESCO in sustainable water resources management in the Arab World. *Desalination* 152 (2002): 1-13.
- ANA – Agência Nacional de Águas. 2003. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Documento Base de Referência – Minuta. Brasília, DF.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. 1999. O estado das águas no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999.
- ANJOS, F. T. 2000. Estudo hidrogeológico do aquífero Rio da Batateira e caracterização da possibilidade de abastecimento d'água nos municípios do Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha no ano 2020. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia, Universidade de Pernambuco, Recife.
- ASSINE, M. L. 1990. Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro.
- BARRAQUÉ, B. 2000. Water Institutions and Management in France. In: CANALI, G. (Eds). *Water Resources Management: Brazilian and European Trends and Approaches*. ABRH. Porto Alegre. p:77-92.
- BARTH, F. & FAWELL, J. 2001. The Water Framework Directive and European Water Policy. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 50: 103-105.
- BARTH, F. T. 1998. Gestão Integrada das Bacias Hidrográficas - Principais Diretrizes e Desafios. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS subterrâneas, ABAS. São Paulo, CD-ROM.
- BARTH, F. T.; POMPEU, C. T.; FILL, H. D.; TUCCI, C. E. M.; KELMAN, J.; BRAGA JR., B. P. F. 1987. Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos. 1ª .ed. São Paulo: Nobel/ABRH, Vol. 1, 526p.
- BIANCHI, L.; PADILHA, M. W. M. & TEIXEIRA, J. E. M. 1984. Recursos de água subterrânea na R.M.F. Fatores Condicionantes. In: Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos na R.M.F. – Fase I. Fortaleza. SEPLAN – AUMEF, v.1, 139 p.
- BJÖRKLUND, G. & KUYLENSTIERNA, J. 1998. The Comprehensive Freshwater Assessment and how it relates to water policy world wide. *Water Policy*, 1 (1998): 267-282.

- BORSOI, Z. M. F. & TORRES, S. D. A. 1998. A Política de Recursos Hídricos no Brasil. Artigo Técnico do BNDES. Rio de Janeiro, RJ. 15p.
- BRAGA, A. P. G.; PASSOS, C. A. B.; SOUZA, E. M.; FRANÇA, J.B.; MEDEIROS, M.F.; ANDRADE, V.A. 1981. Geologia da região nordeste do Estado do Ceará – Projeto Fortaleza. Série Geológica 12, Seção Geológica Básica 9, Brasília. MME/DNPM, 123 p.
- BRANDÃO, R. L. 1995. Mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto explicativo. Escala 1:100.000. Projeto SINFOR. CPRM/REFO. Fortaleza, CE. 32 p.
- BRASIL, 1986. Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Brasília, DF.
- BRASIL. 1980. Plano de Integração dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil - PLIRHINE. MMA, Brasília, DF.
- BRASIL. 2004. Portaria Nº 518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004. Ministério da Saúde. Brasília, DF.
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. 1981. Levantamento de recursos naturais. Folha Jaguaribe SB. 24. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL.
- BRATICEVIC, D. & KARANJAC, J. 1996. GWW: Ground Water for Windows. Versão 1.31.
- BRUNTLAND, G. 1987. Our Common Future: The World Commission on Environment and Development, Oxford: Oxford University Press.
- BURCHI, S. 1994. Preparing National Regulations for Water Resources Management, Principles and Practice, FAO Legislative Study 52: Rome, Italy.
- CAMPOS, L. A. S. & MENEZES, M. A. S. 1982. Pesquisa e aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará. II congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. Salvador - BA. p. 29-42.
- CAVALCANTE, I. N. 1998. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. São Paulo: Instituto de Geociências da USP. 156p. (Tese, Doutorado em Hidrogeologia).
- CAVALCANTE, I. N.; VERÍSSIMO, L. S. & REBOUÇAS, A. C. 2000. Aspectos qualitativos das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza. X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ANAIS. ABAS. Salvador – BA. 11p.
- CEARÁ. 1992. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Fortaleza, CE (4V).
- CEC – *Commission of the European Communities*. 2000. Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy: Joint text approved by the Conciliation Committee. 1997/0067(COD) C5-0347/00.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1990. *Compilação de Padrões Ambientais*. Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo.
- COGERH – Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Ceará. 2001. Plano de gerenciamento de águas das bacias metropolitanas. Fortaleza-CE. (cd-texto).
- CORREIA, F. 2000. Water Institutions Management in Europe. In: CANALI, G. (Eds). *Water Resources Management: Brazilian and European Trends and Approaches*. ABRH. Porto Alegre. p:37-55.

- COSTA, A. C. M. & SANTOS, M. A. 2000. A gestão dos recursos hídricos no Brasil e a questão da água subterrânea. In: 1ST JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABAS, 2000.
- COSTA, W. D. 1994. Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. In: Projeto ÁRIDAS. Brasília, Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República. 53 p. (GT II – Recursos Hídricos)
- COSTA, W. D.; NETO, M. S. C. C & SOUZA, F. J. A. 1998. Plano de Gestão da APA da Chapada do Araripe - CE/PE/PI - Estudo dos Recursos Hídricos. FUNDETEC, 99 p.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil). 1998. Programa Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. CPRM/CE – Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil). 1999a. Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará: Programa Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrâneas no Estado do Ceará. Edição em CD ROM. Fortaleza, CE.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil). 1999b. Programa de Água Subterrânea para o Semi-Árido Brasileiro. CPRM/CE – Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, 36p.
- CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil). 2000. Programa de Água Subterrânea para o Semi-Árido Brasileiro. CPRM/CE – Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial, 36p.
- CUSTÓDIO, E. & LLAMAS, M. R. 1983. *Hidrologia Subterranea*. 2^a ed. Barcelona: Omega, 2v.
- CUSTÓDIO, E. 1994. La Protección de las Aguas Subterráneas en el Contexto del Desarrollo y del Uso Sostenible. II CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÁNEA. ALHSUD. Vol. 1. Santiago, Chile. p:171-188.
- DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. 1996. Programa nacional de estudos dos distritos mineiros: Projeto avaliação hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Recife: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), distritos regionais Pernambuco e Ceará. 101 p.
- DOMENICO, P.A. & SCHWARTZ, W. 1997. Physical and chemical hidrogeology. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons. 506 p.
- FEITOSA, F. A. C. & MANUEL FILHO, J. 1997, *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*, LABHID – UFPE, Fortaleza – CE, Editora CPRM.
- FERNANDES, R. A. & LOUREIRO, C. O. 2004. Cadastro e Caracterização dos Exutórios de Água Subterrânea na Área do Graben Crato-Juazeiro, Região do Cariri – Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIII, Cuiabá, 2004. CD-ROM..., ABAS. 20p.
- FETTER, C. W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3a ed. Oshokosh: University of Winsconsin. 389p.
- FOSTER, S. & GARDUÑO, H. 2002a. Actual and Potential Regulatory Issues relating to Groundwater Use in Gran Asuncion. The GWMATE Case Profile Collection, N° 3. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S. & GARDUÑO, H. 2002b. Mitigation of Groundwater Drainage Problems in the

- Buenos Aires Conurbation - Technical & Institutional Way Forward. The GWMATE Case Profile Collection, Nº 4. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S. & GARDUÑO, H. 2002c. Integrated Approaches to Groundwater Resource Conservation in the Mendoza Aquifers of Argentina. The GWMATE Case Profile Collection, Nº 6. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S. & GARDUÑO, H. 2003. Yacambu - Quibor: a Project for Integrated Groundwater and Surface Water Management in Venezuela. The GWMATE Case Profile Collection, Nº 7. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S. & HIRATA R. C. 1988. Groundwater pollution risk assessment : a methodology using available data. WHO-PAHO-CEPIS Technical Report (Lima, Peru).
- FOSTER, S. 2001. The interdependence of groundwater and urbanization in rapidly developing cities. *Urban Water*, 3: 185-192.
- FOSTER, S. 2002a. Thailand: Strengthening Capacity in Groundwater Resources Management. The GWMATE Case Profile Collection, Nº 1. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S. 2002b. Rationalizing Groundwater Resource Utilization in the Sana'a Basin, Yemen. The GWMATE Case Profile Collection, Nº 2. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S. 2002c. Subsurface Dams to Augment Groundwater Storage in Basement Terrain for Human Subsistence - Brazilian Experience. The GWMATE Case Profile Collection, Nº 5. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; CHILTON, J.; MOENCH, M.; CARDY, F. & SCHIFFLER, M. 2000. Groundwater in Rural Development: Facing the Challenges of Supply and Resource Sustainability. World Bank Technical Paper, Nº 463: Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; GARDUÑO, H.; KEMPER, K.; TUINHOF, A.; NANNI, M. & DUMARS, C. 2003c. Groundwater Quality Protection: defining strategy and setting priorities. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 8. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; GARDUÑO, H.; TUINHOF, A.; KEMPER, K. & NANNI, M. 2003e. Urban Wastewater as Groundwater Recharge: evaluating and managing the risks and benefits. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 12. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M. & PARIS, M. 2002. Groundwater Quality Protection: a Guide for Water Utilities, Municipal Authorities and Environment Agencies. A World Bank Publication, Nº 25.071. Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; LAWRENCE, A. & MORRIS, B. 1997. Groundwater in Urban Development: Assessing Management Needs and Formulating Policy Strategies. A World Bank Technical Paper, Nº 390: Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; NANNI, M.; KEMPER, K.; GARDUÑO, H. & TUINHOF, A. 2003d. Utilization of Non-Renewable Groundwater: a socially-sustainable approach to resource management. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 11. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; TUINHOF, A.; KEMPER, K.; GARDUÑO, H. & NANNI, M. 2003b. Groundwater Management Strategies: facets of the integrated approach. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 3. World Bank, Washington D.C., USA.
- FOSTER, S.; TUINHOF, A.; KEMPER, K.; GARDUÑO, H. & NANNI, M. 2003a.

- Characterization of Groundwater Systems: key concepts and frequent misconceptions. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 2. World Bank, Washington D.C., USA.
- FRANGIPANI, A. & CAVALCANTE, I. N. 2000, Gestão das águas – uma política de sobrevivência. In: 1ST JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1, 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABAS.
- FREEZE, R. A. & CHERRY, J. A. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall, Inc. Engewood Cliffs.
- GARDUÑO, H.; FOSTER, S.; DUMARS, C.; KEMPER, K.; TUINHOF, A. & NANNI; M. 2003a. Groundwater Abstraction Rights: from theory to practice. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 5. World Bank, Washington D.C., USA.
- GARDUÑO, H.; NANNI; M.; FOSTER, S.; TUINHOF, A.; KEMPER, K. & DUMARS, C. 2003b. Stakeholder Participation in Groundwater Management: mobilizing and sustaining aquifer management organizations. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 06. World Bank, Washington D.C., USA.
- GLEICK, P. H. 1998. Gleick Draft (01/23/98). United Nations University Symposium on Environment. United Nations Headquarters, New York. 12p.
- GLEICK, P. H. 2000. The Changing Water Paradigm: A Look at Twenty-first Century Water Resources Development. International Water Resources Association IWRA. *Water International*, Volume 25, Number 1, P: 127-138.
- GOLDER/PIVOT. 2005a. Sistema de Monitoramento/Gestão de Água Subterrânea de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza. Relatório Final do Projeto. VII Volumes.
- GOLDER/PIVOT. 2005b. Implantação do Sistema de Monitoramento/Gestão de uma Área Piloto do Aquífero Missão Velha na Bacia Sedimentar do Cariri, no Estado do Ceará. Relatório Final do Projeto. IX Volumes.
- GRIGG, N. S. 1996. *Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases*. MacGraw-Hill, New York.
- GRIGG, N. S. 1998. A New Paradigm for Water Management. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – SINGREH, 1, 1998, Gramado. *Resumos...* Gramado.
- GUIGUER, N. & THOMAS, F. 1998. *Visual MODFLOW*. Waterloo Hydrogeologic, Inc., Waterloo, Canada.
- GWP – *Ground Water Program*. 2000. Manejo Integrado de Recursos Hídricos. TAC Background Papers Nº. 4. 80p
- HEM, J. D. 1970. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters. U. S. Geol. Survey. *Water Supply Paper* 1473, 363p.
- HIRATA, R. C. 1994. Fundamentos e Estratégias da Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas. Estudos de Caso no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. IG/USP. São Paulo, SP. 195p.
- HIRATA, R. C. 2000. Recursos Hídricos. In: *Decifrando a Terra*. Ed. TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILS, T. R. & TAIOLI, F. 2000. Oficina de Textos/USP. p: 421-444.

- HIRATA, R. C. & REBOUÇAS, A. C. 1996. Técnicas e Estratégias para a Proteção dos Recursos Hídricos Subterrâneos. III CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA. ALHSUD. Memórias. San Luis Potosi, Mexico. p:53-67.
- HIRJI, R. & IBLEKK, H. O. 2001. Environmental and Water Resources Management. A World Bank Environment Strategy Papers, Nº 2. Washington, D.C., USA.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1991. Sinopse do censo demográfico; pesquisa nacional saneamento básico. Rio de Janeiro, 1991. 94 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000. Censo demográfico 2000. Rio de Janeiro.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 1991. Normas climatológicas 1961/1990. Instituto Nacional de Meteorologia.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2004. Perfil Básico Municipal . Governo do Estado do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação (SEPLAN).
- IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. 1997. Atlas do Ceará. Governo do Estado do Ceará. Secretária do Planejamento e Coordenação – SEPLAN. 65 p.
- IPLANCE – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. 2002. Anuário estatístico do Estado do Ceará. Governo do Estado do Ceará. Secretária do Planejamento e Coordenação – SEPLAN. CD-ROM.
- IWA – *International Water Association*. 2002. Water Management: Industry as a partner for sustainable development. Published by: International Water Association and United Nations Environment Programme. United Kingdom.
- KALLIS; G. & BUTLER, D. 2001. The EU water framework directive: measures and implications. *Water Policy*, 3: 125–142.
- KEMPER, K.; FOSTER, S.; GARDUÑO, H.; NANNI; M. & TUINHOF, A. 2003. Economic Instruments for Groundwater Management: using incentives to improve sustainability. The GWMAE Briefing Note Series, Nº 7. World Bank, Washington D.C., USA.
- KIMURA, G. & LOUREIRO, C. O. 2004a. Reservas Hídricas Subterrâneas do Graben Crato-Juazeiro (CE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIII, Cuiabá, 2004. CD-ROM..., ABAS. CD-ROM.
- KIMURA, G. & LOUREIRO, C. O. 2004b. Modelo Hidrogeológico do Graben Crato-Juazeiro (CE) – Uma Nova Proposta Sobre a Conexão Hidráulica entre os Sistemas Aquíferos Superior e Médio In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIII, Cuiabá, 2004. CD-ROM..., ABAS. CD-ROM.
- KIMURA, G. 2003. Caracterização Hidrogeológica do Sistema Sedimentar do Graben Crato-Juazeiro, No Vale Do Cariri (Ce). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 116p.
- KRAMER, A. 2000. Water Management and Policy in Germany. In: CANALI, G. (Eds). *Water Resources Management: Brazilian and European Trends and Approaches*. ABRH. Porto Alegre. p:93-101.

- LANNA, A. E. L. 1995. Gerenciamento de Bacias Hidrográficas: aspectos conceituais e metodológicos, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995, 171p.
- LEAL, A. S., 1999. As águas subterrâneas no Brasil: Ocorrências, disponibilidades e usos. In: Estado das Águas no Brasil – 1999: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos, SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA, 1999. p. 139-164.
- LEITE, J. C. B.; SANTIAGO, M. F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H. & SILVA, C. M. V. 1996. Diferenciação hidroquímica e isotópica dos aquíferos Missão Velha e Mauriti. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 9. Salvador, Anais, 78-80.
- LEITE, J. C.; SANTIAGO, M. F.; SILVA, C. V. S.; FRISCHKORN, H. & MENDES FILHO, J. 1997. Processos de salinização nos sistemas aquíferos médio e inferior do Vale do Cariri. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 12. Vitória, Anais, 469-474.
- MARGAT, J. 1997. Problématique de la Gestion des Demandes en Eau Dans les Pays Méditerranéens. Plan Bleu, Atelier « Gestion des demandes en Eau », Fréjus, 12-13 septembre 1997. Doc. Commission Méditerranéen du Développement Durable (CMDD)/Eau/WGZ, Sophia Antipolis.
- MENDONÇA, L. A. R. 1996. Modelagem Matemática, Química e Isotópica de uma Bateria de Poços na Cidade de Juazeiro do Norte – Ceará. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 122 p.
- MENDONÇA, L. A. R. 2001. Recursos Hídricos da Chapada da Araripe. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 193p.
- MENTE, A. 1997. As condições hidrogeológicas do Brasil. In: FEITOSA, F. A. & MANOEL FILHO, J. (coord.) *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza, CPRM, LABHIDUFPE. p. 323-340.
- MOTA, S. 1995. Preservação de Recursos Hídricos, ABES.
- NANNI, M.; FOSTER, S.; DUMARS, C.; KEMPER, K.; GARDUÑO, H. & TUINHOF, A. 2003. Groundwater Legislation and Regulatory Provision: from customary rules to integrated catchment planning. The GWMATE Briefing Note Series, Nº 4. World Bank, Washington D.C., USA.
- PIÉGAY, H.; DUPONT, P. & FABY, J. A. 2002. Questions of water resources management. Feedback on the implementation of the French SAGE and SDAGE plans (1992–2001). *Water Policy* 4 (2002) 239–262.
- PONTE, F. C. & APPI, C. J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, 1990, Natal. Anais... Natal: SBG. p. 211-226.
- PONTE, F. C. 1991. Arcabouço estrutural e evolução tectônica da bacia mesozóica do Araripe, Nordeste do Brasil. In: PONTE, F. C. Ponte et al. (coord.). *Geologia das Bacias Sedimentares Mesozóicas do Interior do Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro: Petrobrás/CENP.
- PONTE, F.C. & PONTE-FILHO, F. C. 1996. Estrutura Geológica e Evolução Tectônica da Bacia do Araripe. Recife: DNPM. 68 p.

- REBOUÇAS, A. C. 1994. Fundamentos de Gestão de Aquíferos. Curso Pré-Congresso. II CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA. ALHSUD. Vol. 1. Santiago, Chile. 35p.
- REBOUÇAS, A. C. 1997. Globalização e Águas Subterrâneas. ABAS Informa. São Paulo, OUT./NOV.
- REBOUÇAS, A. C. 2002a. Água subterrânea no Brasil. São Paulo: Universidade de São Paulo / Instituto de Geociências / Instituto de Estudos Avançados, 2002.
- REBOUÇAS, A. C. 2002b. Águas subterrâneas. Contribuições para o Geo-Brasil - Global Environmental Out Look; tema: recursos hídricos. Brasília, 2002.
- REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G., 1999. Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. Escrituras ed., São Paulo 1999. 717p.
- REBOUÇAS, A. C. 1988. Groundwater in Brazil. *Episodes*, 11(3):209-214.
- REBOUÇAS, A. C. 1998. Desenvolvimento das Águas Subterrâneas no Brasil. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, ABAS. São Paulo. CD-ROM.
- RIBEIRO, J. A. P.; COLARES, J. Q. S.; CAVALCANTE, V. M. M. & SENA, R. B. 1997. Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Escala 1:100.000 – DNPM/CPRM. Fortaleza - CE.
- ROGERS, P. 2000. Water Resources in the Twentieth and one Half Century: 1950 – 2050. *Reflections On a Century of Water Science and Policy*. In: Universities Council on Water Resources Publications. p:62-66.
- SALMAN, M. A. 1999. Groundwater: Legal and Policy Perspectives. A World Bank Technical Paper, Nº 456: Washington D.C., USA.
- SANTIAGO, M. F.; FRISCHKORN, H.; BEZERRA A. & BRASIL, R. 1988. Medidas hidroquímicas em poços e fontes no Cariri - sul do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, 1988, São Paulo. Anais...São Paulo: ABAS. p:112 - 120.
- SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M. & PEREIRA, I. C. 2001. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; Agência Nacional de Águas – ANA; 328 p.
- SHIKLOMANOV, I. 1993. "World fresh water resources." In P.H. GLEICK (ed.) *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Oxford University Press, New York.
- SHIKLOMANOV, I. 1997. *Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World*. Stockholm, Stockholm Environment Institute.
- SHIKLOMANOV, I. 1998. *World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century*. IHP, UNESCO, 32p.
- SHIKLOMANOV, I. 2000. *World Water Resources and Water Use: Present Assessment and Outlook for 2025*. State Hydrological Institute, St Petersburg, Russia.
- SILVA, M. A. M. 1986. Lower Cretaceous sedimentary sequences in the Araripe Basin, Northeastern Brazil: a revision. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 16(3), p. 311-319, 1986.

- SMALL, H. L. 1913. Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauí e Parte do Ceará. Recife, Inspetoria de Obras Contra Secas, 80p. (Publicação 25).
- SOUZA, M. J. N. 1995. Geomorfologia. In: CEARÁ Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza – SEPLAN – IPLANCE. p 14-15.
- SRH/MMA – Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente. 1998. Recursos hídricos no Brasil. SRH/MMA. Brasília, DF.
- SRH/MMA – Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente. 2000. Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos – SNIRH. Documento básico (diretrizes). SRH/MMA. Brasília, DF. 29p.
- SRH/MMA – Secretaria de Recursos Hídricos/Ministério do Meio Ambiente. 2002. Avaliação das Águas do Brasil. SRH/MMA, Brasília, DF. 86p.
- STUMM, W. & MORGAN, J. J. 1981. *Aquatic Chemistry*. John Wiley & Sons. New York. 583p.
- SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. 1967. Estudo geral de base do Vale do Jaguaribe. Recife. 245 p. (Hidrogeologia, v.7).
- TARQUI, J. L. Z. & SILVA, E. A. 2003. Discussão sobre a Aplicação do Modelo Brasileiro de Gestão de Recursos Hídricos. Veritati – Revista da UCSal. II, 3. 18p.
- TUINHOF, A.; DUMARS, C.; FOSTER, S.; KEMPER, K.; GARDUÑO, H. & NANNI, M. 2003. Groundwater Resource Management: an introduction to its scope and practice. The GWMAE Briefing Note Series, N° 1. World Bank, Washington D.C., USA.
- TUNDISI, J. G. 2003. Água no século XXI: enfrentado a escassez, São Carlos, RIMA, IIE. 248p.
- UN – United Nations. 1972. United Nations Conference on Human Environment. Stocolm, 1972.
- UN – United Nations. 1977. Water Development and Management. Proceedings of the United Nations Water Conference Mar del Plata, Argentina. Volume 1. Part 1. Pergamon Press, Oxford.
- UN – United Nations. 1992a. The Dublin Statement on Water and Sustainable Development. International Conference on Water and Environment, Dublin, Ireland.
- UN – United Nations. 1992b. UNCED: United Nations Conference on Environment and Development. 1992. Agenda 21: programme of action for sustainable development. Rio de Janeiro, Brazil.
- UN – United Nations. 2000a. II World Summit on Water. *World Water Assessment Programme WWAP*. Hague, 2000.
- UN – United Nations. 2000b. World Urbanization Prospects: The 1999 Revision. New York.
- UN – United Nations. 2001. International Conference on Freshwater in Bonn. A Preliminary Assessment of Policy Progress since Rio. Bonn, December 2001. 36p.
- UN – United Nations. 2002a. World Summit on Sustainable Development in Johannesburg. The Johannesburg Declaration on Sustainable Development - No Water No Future. Johannesburg, 2002.
- UN – United Nations. 2003. II World Summit on Water. Kyoto, 2003.

- UN (United Nations). 2002b. *World Population Prospects: The 2000 Revision*. New York, Population Division, Department of Economic and Social Affairs.
- UN, 1997. United Nations Population Dn., *World Urbanization Prospects: The 1996 Revision, Annex Tables*, pp 44 and 48.
- UNESCO – *United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*. 1998. *World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century*. Paris: UNESCO, 37p.
- UNESCO – *United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*. 2003. *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Ed. SHIKLOMANOV & RODDA. Cambridge, University Press. 425p.
- UNFPA – *United Nations Population Fund*. 2002. *The State of the World Population 2001*. New York.
- USGS – *United States Geological Survey*. 1998. Solubility of oxygen in water at various temperatures and pressures. US Geological Survey. TWRI Book 9. 4/98. 6p.
- VERÍSSIMO, L. S. 1999. A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento socioeconômico do eixo Crajubar, Cariri Ocidental – Estado do Ceará. Dissertação de Mestrado, DEGEO/UFC, Fortaleza, 127 p.
- VON SPERLING, M., 1995, *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias)*, v. 1. 240p.
- WINTER, T. C., HARVEY, J. W., FRANKE, O. L., & ALLEY, W. M., 1998. *Ground Water and Surface Water – A Single Resource*. U.S. Geological Survey, Circular 1139, 79 p.
- WORLD BANK. 1993. *Water Resources Management. A World Bank Policy Paper*, Nº 12.335. Washington D.C., USA.
- WORLD BANK. 1994. *A Guide to the Formulation of Water Resources Strategy*. Ed. by Guy Le Moigne, Ashok Subramanian, Mei Xie, and Sandra Giltner. WORLD BANK TECHNICAL PAPER NUMBER Nº 263. Washington D.C., USA. 126p.
- YASSUDA, E. R. 1989. Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. *CADERNOS FUNDAP - SP - Ano 9 – nº 16 - jun/1989*. p 46-53.
- ZABEL, T. & REES, Y. 2000. Institutional Framework for Water Management in the United Kingdom. In: CANALI, G. (Eds). *Water Resources Management: Brazilian and European Trends and Approaches*. ABRH. Porto Alegre. p:155-162.
- ZIMBRES, E. 2000. Água subterrânea. In: www.meioambiente.pro.br, UERJ.
- ZOBY, J. L. G. & MATOS, B. 2002. As águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na política nacional de recursos hídricos. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, ABAS. Santa Catarina. CD-ROM.

ANEXOS

SUMÁRIO DA LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS E DOS DADOS DE MONITORAMENTO QUALITATIVO NA RMF	A3
TAB. A01-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na RMF	A4
TAB. A01-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo da RMF.....	A7
TAB. A01-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A10
TAB. A01-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A13
TAB. A01-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A16
TAB. A01-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A19
TAB. A01-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo da RMF.....	A22
TAB. A01-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo da RMF.....	A25
TAB. A01-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo da RMF	A28
ANEXO II – MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA RMF	A31
DE-A02-01 – Mapa de caracterização do potencial qualitativo na RMF	A32
DE-A02-02 – Mapa de caracterização do potencial quantitativo na RMF	A33
ANEXO III – CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS E DOS DADOS DE MONITORAMENTO QUALITATIVO NO GCJ	A34
TAB. A03-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo no GCJ	A35
TAB. A03-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo no GCJ	A36
TAB. A03-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A37
TAB. A03-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A38
TAB. A03-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A39
TAB. A03-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A40
TAB. A03-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo no GCJ.....	A41
TAB. A03-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo no GCJ	A42
TAB. A03-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo no GCJ	A43
ANEXO IV – MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO GCJ	A44
DE-A04-01 – Mapa de caracterização do potencial qualitativo na área do GCJ.....	A45
DE-A04-02 – Mapa de caracterização do potencial quantitativo na área do GCJ.....	A46
ANEXO V – MAPAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO NA RMF E NO GCJ	A47
DE-A05-01 – Mapa de caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento da RMF	A48
DE-A05-02 – Mapa de caracterização final da área do GCJ.....	A49

ANEXO I

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS E DOS DADOS DE MONITORAMENTO QUALITATIVO NA **RMF**

TAB. A01-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na **RMF**.

TAB. A01-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo da **RMF**.

TAB. A01-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área	Litotipo Associado	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Cota (m)	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	574637	9557104	28,10	40,00	8,44	13,17
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	Barreiras	559220	9563221	31,60	40,00	-	-
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	Barreiras	558627	9562160	33,50	50,00	-	-
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	570583	9562098	27,30	44,00	18,90	20,40
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	Dunas	572024	9568675	40,00	40,00	-	-
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	Dunas	572066	9568708	40,00	47,00	-	-
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	571715	9559658	31,50	65,00	-	-
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	571820	9559649	31,50	44,00	-	-
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	571308	9560076	31,10	50,00	-	-
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	571088	9560084	31,80	50,00	8,40	30,00
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	572963	9562011	19,70	60,00	-	-
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	Cristalino	555725	9563166	38,30	60,00	-	-
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	Barreiras	560189	9565593	30,50	60,00	-	-
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	554502	9552402	39,40	60,00	14,00	37,40
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	Dunas	567746	9574994	39,40	63,00	31,00	42,00
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	556524	9555419	40,30	60,00	-	-
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	556470	9553543	40,70	53,00	-	-
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	Barreiras	559457	9561944	29,20	42,00	-	-
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	Barreiras	558417	9563882	33,40	50,00	-	-
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	Barreiras	557156	9562331	38,30	50,00	-	-
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	571711	9559657	31,50	70,00	-	-
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	Dunas	572058	9568874	42,40	60,00	-	-
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	Paleodunas	536833	9593063	4,50	30,00	-	-
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	Dunas	532807	9597675	25,40	7,00	0,60	-
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	534868	9587695	20,30	34,00	-	-
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	Cristalino	509762	9592534	36,70	60,00	-	-
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537977	9590041	12,60	30,00	-	-
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538706	9590510	10,20	60,00	-	-
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	Paleodunas	541876	9591934	1,50	8,00	2,00	-
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	Paleodunas	531665	9597018	38,60	19,00	1,67	9,00
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	Paleodunas	531678	9596955	37,10	19,44	1,75	9,00
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	Paleodunas	531636	9596915	37,10	19,47	2,20	9,00
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	Paleodunas	531599	9596840	37,10	19,57	2,39	9,00
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	Cristalino	539426	9580639	40,00	46,00	-	-
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537973	9587180	21,80	70,00	-	-
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538108	9587276	18,90	36,00	-	-
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	536671	9586849	17,00	28,00	-	-
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	536620	9586591	16,20	30,00	-	-
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	536782	9586955	17,90	20,00	-	-
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538812	9586714	11,30	35,00	-	-
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538066	9587822	16,50	28,00	-	-
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	535559	9589213	16,00	32,00	-	-
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	535547	9589277	15,30	40,00	-	-
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537515	9589214	14,50	33,00	-	-
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537530	9586859	20,50	37,00	-	-
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537133	9587052	19,60	50,00	-	-
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537289	9587773	18,10	30,00	-	-
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538737	9587478	14,70	40,00	-	-
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	Barreiras	541781	9582773	29,50	28,00	-	-
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	Barreiras	541614	9583915	24,20	25,00	-	-
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	Barreiras	541591	9585488	17,00	25,00	-	-
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538990	9589963	10,50	60,00	-	-
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	Dunas	536720	9594232	0,60	10,00	-	-
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	Dunas	536514	9594377	0,40	7,00	-	-
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	Barreiras	542216	9586363	15,00	60,00	-	-
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	536945	9588074	18,00	41,00	-	-
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	Barreiras	542401	9586685	15,00	44,00	3,00	34,00
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	Barreiras	541726	9586024	15,10	40,00	-	-
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	Cristalino	505123	9585438	40,00	68,00	10,90	30,30
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538602	9587568	14,50	26,00	-	-
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537993	9589066	14,00	40,00	-	-
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	537638	9589476	14,10	50,00	-	-
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538489	9587615	16,20	40,00	-	-
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	529607	9592265	35,60	40,00	-	-
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	528159	9592851	40,00	55,00	-	-
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	539815	9589496	8,40	100,00	-	-
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	536784	9590266	13,00	40,00	-	-
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	521551	9598865	31,60	26,00	-	-
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	Cristalino	520287	9597713	38,60	50,00	-	-
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	Cristalino	539385	9581134	39,70	46,00	-	-
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	533919	9590698	13,80	27,00	-	-

(continua)

TAB. A01-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área	Litotipo Associado	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Cota (m)	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	532781	9591920	20,00	40,00	-	-
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	533597	9588831	15,30	40,00	-	-
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	532233	9591811	20,00	70,00	-	-
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	538976	9590903	8,90	50,00	-	-
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	539378	9591056	6,90	45,00	-	-
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	524528	9598096	24,00	60,00	-	-
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	532116	9594453	26,60	40,00	-	-
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	530780	9594800	26,90	30,00	-	-
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	529795	9594422	26,40	30,00	-	-
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	Barreiras	529898	9594137	28,60	32,00	-	-
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	Barreiras	536798	9592084	7,80	40,00	-	-
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	536400	9590780	11,50	40,00	-	-
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551132	9525159	59,70	50,00	6,80	39,50
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	552012	9525709	52,90	84,00	-	-
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	554698	9525919	47,30	50,00	-	-
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	552748	9531125	77,70	72,00	14,00	52,00
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	549221	9529900	80,50	52,00	11,00	41,50
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	549307	9530107	80,30	52,00	7,50	28,00
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	550608	9527051	79,30	76,00	5,00	56,00
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551448	9527743	79,70	60,00	7,00	27,00
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	552287	9526177	59,20	52,00	17,00	22,00
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551493	9525691	63,00	60,00	-	-
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551541	9526548	73,20	60,00	-	-
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551591	9526467	70,20	50,00	-	-
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	552117	9529727	76,50	60,00	-	-
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551448	9531065	79,80	40,00	-	-
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	551569	9530195	77,50	52,00	-	-
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	549216	9529873	80,50	56,00	-	-
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	550672	9530848	80,00	60,00	-	-
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	552319	9529980	73,90	61,00	-	-
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	552338	9529246	78,60	50,00	-	-
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	553346	9528153	79,80	60,00	-	-
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	Cristalino	557262	9572430	40,00	60,00	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	549130	9588059	24,30	57,00	-	-
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	Dunas	560075	9587731	10,70	40,00	3,00	9,00
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	548681	9579386	24,10	78,00	8,00	45,00
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	Dunas	564585	9579197	4,00	21,00	4,00	12,00
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	Paleodunas	558160	9586707	32,70	50,00	3,85	13,00
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	Paleodunas	558152	9586651	32,70	42,00	3,30	9,50
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	Paleodunas	557402	9586038	32,00	40,00	7,00	18,30
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	Barreiras	557271	9578650	14,80	56,00	6,00	29,00
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	546992	9585949	26,50	50,00	9,20	17,00
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	547143	9586108	25,50	50,00	4,30	13,50
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	547183	9586174	25,50	50,00	9,70	16,00
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	547417	9586099	26,80	50,00	2,70	17,50
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	547754	9579776	26,70	80,00	6,30	33,00
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	Dunas	553272	9588615	1,60	17,30	1,30	8,00
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	Dunas	559929	9587981	16,20	50,00	4,40	33,00
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	546748	9585540	27,20	60,00	9,40	41,00
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	553181	9579955	17,70	49,10	12,00	33,40
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	552421	9579294	18,90	40,00	2,00	18,00
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	552385	9579268	18,90	120,00	-	-
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	552386	9579269	18,50	35,00	3,00	21,00
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	552259	9579354	18,90	30,00	3,00	20,00
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	552037	9579147	19,20	75,00	2,00	25,00
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	547585	9586860	24,40	50,00	7,75	38,00
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	Paleodunas	554449	9587508	20,20	44,00	5,10	11,00
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	Barreiras	547647	9586695	25,50	34,00	-	-
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	547485	9579821	28,00	80,00	8,80	26,20
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	Cristalino	547311	9579000	27,70	60,00	13,70	18,00
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	553028	9579455	18,00	60,00	12,40	24,30
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	Barreiras	557020	9578557	15,50	45,00	-	-
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	Cristalino	551652	9579254	19,90	52,00	5,50	15,00
G065	Guaiúba	MA1-GUA	Cristalino	535335	9540779	55,00	72,00	7,00	62,00
H001	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	553375	9545568	80,00	60,00	-	-
H004	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	553220	9544717	79,90	52,00	12,00	35,00
H016	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	558560	9549325	54,80	35,00	-	-
H029	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	554255	9542984	56,40	54,00	-	-
H057	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	555509	9543247	58,30	55,00	-	-
H064	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	560466	9546654	51,50	6,00	-	-
H076	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	555496	9547560	74,90	60,00	-	-
H080	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	556544	9545997	68,00	40,00	-	-

(continua)

TAB. A01-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área	Litotipo Associado	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Cota (m)	Prof. (m)	NE (m)	ND (m)
H082	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	555966	9546420	71,90	40,00	-	-
H083	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	556135	9546277	70,50	60,00	9,00	35,00
H086	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	554004	9546723	78,80	60,00	9,00	38,00
H088	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	556927	9547058	66,70	60,00	8,00	18,00
H097	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	555452	9549443	72,20	61,00	16,00	34,00
H099	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	556081	9547656	69,90	50,00	15,00	25,90
H125	Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	555006	9546044	74,50	36,00	1,60	21,00
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	Cristalino	553607	9560511	40,00	56,00	-	-
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	545891	9574850	38,70	123,00	-	-
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	545882	9574837	40,00	100,00	6,00	31,00
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	544889	9574577	40,00	54,00	10,00	37,00
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	Cristalino	520377	9557987	75,00	60,00	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	507089	9554339	155,00	80,00	-	-
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	502840	9554779	159,40	50,00	-	-
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	547579	9539993	78,80	41,00	-	-
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	549050	9539486	78,00	60,00	-	-
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	549084	9537903	73,90	46,00	-	-
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	558424	9537517	62,20	63,00	-	-
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559098	9537617	55,00	64,00	-	-
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559936	9537315	45,00	78,00	-	-
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559894	9538935	50,50	52,00	-	-
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	558785	9539499	61,40	66,00	-	-
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559633	9538746	55,90	60,00	-	-
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	558669	9537271	58,30	60,00	-	-
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	558380	9537170	59,80	60,00	-	-
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	557326	9538695	65,80	84,00	-	-
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	555072	9537373	70,60	60,00	-	-
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	551200	9536970	65,10	36,00	-	-
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	550989	9537485	63,10	32,00	-	-
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	545959	9537536	79,30	60,00	-	-
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	545917	9537465	77,80	60,00	-	-
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	548572	9535353	78,40	60,00	-	-
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	548389	9534770	79,90	60,00	-	-
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	548357	9534692	81,00	60,00	-	-
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	547339	9533812	80,00	48,00	-	-
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	547257	9533329	79,60	60,00	-	-
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	547250	9533326	80,00	60,00	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	549768	9536133	73,30	27,00	-	-
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559398	9537211	47,30	40,00	-	-
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559613	9537685	48,70	70,00	-	-
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559644	9537659	48,70	60,00	-	-
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	560064	9537807	48,00	103,00	-	-
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559153	9536801	48,90	40,00	-	-
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	Barreiras	559329	9537089	47,30	60,00	-	-
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	542739	9560614	40,00	60,00	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	512511	9607181	26,10	8,00	-	-
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	518155	9607135	29,90	22,00	-	-
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	511081	9609859	40,20	17,40	3,50	5,66
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	511052	9609863	40,20	16,00	-	-
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	511063	9609898	40,20	8,00	-	-
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas	511887	9612337	5,80	15,00	-	-
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	Cristalino	494437	9593367	65,00	66,00	7,00	46,00
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	512970	9607112	25,00	8,00	-	-
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	Paleodunas	514855	9607018	15,00	9,00	-	-
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas	516785	9608174	5,20	36,00	-	-
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	Cristalino	488742	9601948	42,50	66,00	-	-
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	Cristalino	488095	9598563	65,70	60,00	-	-

(final)

TAB. A01-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo da RMF

No de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	19/12/2003	22/12/2003	28,00	7,00	2,22	5,70	15,40	-	667,55
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	19/12/2003	22/12/2003	30,69	7,00	2,21	3,18	0,99	-	227,50
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	19/12/2003	22/12/2003	32,31	7,10	2,09	1,51	0,56	-	460,15
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	19/12/2003	22/12/2003	31,52	7,10	2,16	4,98	1,57	-	483,60
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	19/12/2003	22/12/2003	31,17	5,80	2,21	2,84	0,87	-	242,45
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	19/12/2003	22/12/2003	29,68	7,20	2,18	2,28	1,12	-	146,90
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	19/12/2003	22/12/2003	29,60	6,40	2,11	3,25	12,25	-	262,60
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	19/12/2003	22/12/2003	29,56	6,60	1,08	9,75	4,61	-	1.640,60
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	19/12/2003	22/12/2003	30,02	6,10	1,17	12,09	5,36	-	1.647,75
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	19/12/2003	22/12/2003	30,12	6,20	1,12	8,09	7,10	-	845,65
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	19/12/2003	22/12/2003	29,98	6,60	2,21	6,60	5,56	-	1.002,95
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	19/12/2003	22/12/2003	31,10	6,90	2,20	4,65	3,65	-	369,85
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	-	-	30,24	6,40	2,99	3,71	0,92	-	2.242,50
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	19/12/2003	22/12/2003	31,12	7,10	2,16	4,97	1,42	-	464,10
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	28/11/2003	22/12/2003	30,20	6,50	0,40	4,34	5,32	-	344,50
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	28/11/2003	22/12/2003	30,87	6,60	0,37	10,29	22,35	-	1.543,75
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	28/11/2003	22/12/2003	31,06	7,00	0,38	9,73	65,65	-	1.477,45
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	20/11/2003	22/12/2003	29,98	7,40	0,60	7,00	9,50	-	590,20
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	20/11/2003	22/12/2003	30,23	7,50	0,70	5,03	8,61	-	437,45
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	20/11/2003	22/12/2003	30,50	5,80	0,50	2,10	2,14	-	42,90
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	20/11/2003	22/12/2003	30,43	5,70	0,50	2,08	2,15	-	52,65
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	20/11/2003	22/12/2003	30,29	5,80	0,50	2,06	2,09	-	46,80
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	20/11/2003	22/12/2003	30,56	5,90	0,50	2,04	2,13	-	44,85
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	20/11/2003	22/12/2003	29,70	5,20	0,50	4,44	12,74	-	304,85
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	18/11/2003	22/12/2003	30,94	6,20	0,50	8,10	37,98	-	699,40
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	18/11/2003	22/12/2003	31,27	6,20	0,40	6,95	23,40	-	504,40
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	28/11/2003	22/12/2003	31,63	6,80	0,33	11,80	53,58	-	1.597,70
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	28/11/2003	22/12/2003	29,54	7,10	0,50	10,08	29,27	-	1.433,25
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	28/11/2003	22/12/2003	29,95	7,50	0,40	14,02	50,04	-	2.043,60
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	28/11/2003	22/12/2003	29,96	6,70	0,38	7,95	4,98	-	934,70
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	17/11/2003	22/12/2003	31,68	6,80	0,50	14,65	40,30	-	1.319,50
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	21/11/2003	22/12/2003	29,95	6,60	0,50	13,10	12,40	-	1.262,95
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	21/11/2003	22/12/2003	29,41	6,60	0,50	13,35	12,00	-	1.279,85
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	20/11/2003	22/12/2003	28,51	7,40	0,60	10,08	13,34	-	867,10
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	27/11/2003	22/12/2003	29,70	6,60	0,50	14,83	40,55	-	1.679,60
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	28/11/2003	22/12/2003	31,73	6,00	0,39	7,51	30,01	-	443,30
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	18/11/2003	22/12/2003	29,49	6,20	0,60	5,97	18,10	-	462,80
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	18/11/2003	22/12/2003	30,43	6,40	0,60	11,32	13,50	-	1.278,55
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	11/11/2003	22/12/2003	29,59	6,50	0,50	11,72	65,50	-	935,35
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	27/11/2003	22/12/2003	28,29	6,70	0,50	6,31	43,40	-	596,05
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	27/11/2003	22/12/2003	28,19	7,60	0,50	7,51	24,90	-	313,30
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	20/11/2003	22/12/2003	29,50	7,10	0,90	5,42	7,01	-	460,85
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	27/11/2003	22/12/2003	33,54	7,00	0,60	5,40	12,14	-	459,55
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	18/11/2003	22/12/2003	30,38	6,60	0,70	12,80	64,95	-	1.143,35
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	17/11/2003	22/12/2003	29,46	5,40	0,50	9,01	19,10	-	530,40
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	28/11/2003	22/12/2003	29,32	6,50	0,37	8,30	3,27	-	1.010,75
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua)

TAB. A01-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

No de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	29,86	7,60	5,17	4,33	4,23	-	811,20
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	-	-	30,06	7,60	4,21	5,23	9,41	-	717,60
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	17/12/2003	22/12/2003	30,18	7,10	1,26	10,48	16,15	-	4.111,90
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/12/2003	22/12/2003	30,50	7,30	1,23	20,60	21,85	-	5.346,25
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/12/2003	22/12/2003	30,83	6,90	1,23	17,00	14,90	-	3.754,40
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	17/12/2003	22/12/2003	31,83	7,20	1,23	12,71	11,50	-	2.175,55
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/12/2003	22/12/2003	30,86	6,50	1,25	10,87	6,41	-	1.466,40
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/12/2003	22/12/2003	29,09	7,10	1,17	15,10	29,26	-	2.747,55
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/12/2003	22/12/2003	32,60	6,60	1,16	10,60	21,75	-	1.612,65
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/12/2003	22/12/2003	30,64	6,30	1,18	19,28	16,09	-	4.081,35
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	17/12/2003	22/12/2003	32,19	5,90	1,22	11,45	26,82	-	1.717,30
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/12/2003	22/12/2003	30,87	7,30	1,24	10,41	18,51	-	1.412,45
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	17/12/2003	22/12/2003	30,87	7,20	1,28	11,95	11,45	-	1.882,40
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/12/2003	22/12/2003	30,12	6,80	1,28	25,32	18,98	-	3.458,00
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/12/2003	22/12/2003	30,15	6,90	1,18	14,30	11,48	-	4.434,95
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	17/12/2003	22/12/2003	30,21	6,70	1,26	13,00	12,81	-	2.255,50
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	17/12/2003	22/12/2003	30,01	7,00	1,26	12,35	6,45	-	1.352,00
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/12/2003	22/12/2003	31,03	6,70	1,28	18,74	12,95	-	4.584,45
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	10/11/2003	22/12/2003	31,30	6,50	2,20	6,30	7,55	-	225,55
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	10/11/2003	22/12/2003	29,21	6,30	0,50	11,00	9,21	-	563,55
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	10/11/2003	22/12/2003	31,50	6,40	0,35	10,12	2,61	-	619,45
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	10/11/2003	22/12/2003	31,09	5,20	0,43	6,46	20,80	-	376,35
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	6/11/2003	22/12/2003	31,32	6,20	2,04	5,43	4,02	-	300,95
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	6/11/2003	22/12/2003	30,85	5,00	2,00	5,17	2,07	-	167,05
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	6/11/2003	22/12/2003	29,61	5,30	1,00	11,00	9,15	-	360,10
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	28/11/2003	22/12/2003	30,97	6,60	0,40	8,03	25,10	-	444,60
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	1/12/2003	22/12/2003	30,32	6,40	0,50	5,93	14,55	-	315,25
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	1/12/2003	22/12/2003	28,86	6,70	0,40	4,58	1,34	-	286,00
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	1/12/2003	22/12/2003	28,90	5,60	0,50	5,19	0,87	-	334,75
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	6/11/2003	22/12/2003	32,61	5,20	2,00	15,30	33,90	-	596,05
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	6/11/2003	22/12/2003	30,25	6,40	2,00	12,20	3,92	-	733,20
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	6/11/2003	22/12/2003	30,26	6,00	1,00	8,45	6,52	-	456,30
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	10/11/2003	22/12/2003	31,20	6,40	0,85	6,33	5,23	-	469,95
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	10/11/2003	22/12/2003	31,10	6,30	1,30	4,16	2,54	-	167,70
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	19/12/2003	22/12/2003	29,60	6,30	2,12	16,70	7,85	-	3.673,80
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	19/12/2003	22/12/2003	29,63	6,20	2,26	9,67	3,71	-	1.239,55
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	17/12/2003	22/12/2003	29,27	5,80	1,06	2,65	7,92	-	118,95
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	19/12/2003	22/12/2003	29,55	7,10	2,35	10,34	49,56	-	1.010,75
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	19/12/2003	22/12/2003	30,28	7,00	2,35	7,69	3,24	-	845,00
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	17/12/2003	22/12/2003	31,29	6,30	1,06	3,44	8,96	-	246,35
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	19/12/2003	22/12/2003	29,40	6,90	2,20	4,00	34,95	-	397,15
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua)

TAB. A01-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

No de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	19/12/2003	22/12/2003	29,92	6,30	2,09	4,23	2,93	-	316,55
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	19/12/2003	22/12/2003	28,94	6,80	2,18	4,06	15,85	-	229,45
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	17/12/2003	22/12/2003	29,96	5,20	1,06	4,02	20,20	-	245,70
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	17/12/2003	22/12/2003	31,20	6,50	1,12	5,95	5,25	-	376,35
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	17/12/2003	22/12/2003	30,61	6,90	1,08	5,42	5,38	-	544,05
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	19/12/2003	22/12/2003	29,90	7,60	2,08	7,50	1,92	-	547,30
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	17/12/2003	22/12/2003	28,56	7,10	1,04	6,86	47,30	-	516,10
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	22/12/2003	22/12/2003	31,38	6,70	1,44	26,17	28,08	-	3.681,60
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	18/12/2003	22/12/2003	30,12	6,60	1,34	12,97	12,95	-	2.896,40
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	29,77	7,60	1,37	8,30	25,25	-	1.574,30
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	18/12/2003	22/12/2003	30,58	6,80	1,38	10,90	8,45	-	2.023,45
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	18/12/2003	22/12/2003	31,01	7,40	1,46	3,98	9,58	-	234,00
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	18/12/2003	22/12/2003	30,36	7,40	1,76	3,49	8,54	-	232,05
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	18/12/2003	22/12/2003	30,73	7,00	1,53	5,71	39,54	-	455,65
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	18/12/2003	22/12/2003	31,01	6,60	1,68	10,57	72,08	-	950,95
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	19/12/2003	22/12/2003	30,07	6,60	2,38	7,02	53,25	-	682,50
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	31,12	6,60	1,68	8,53	50,68	-	842,40
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	33,40	6,90	2,88	8,69	49,38	-	202,80
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	18/12/2003	22/12/2003	30,67	6,80	1,74	3,00	6,27	-	152,10
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	27,67	7,00	1,70	6,51	2,32	-	281,45
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	18/12/2003	22/12/2003	30,02	6,70	1,65	7,86	8,18	-	609,70
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	18/12/2003	22/12/2003	30,60	7,30	1,41	5,18	3,16	-	696,80
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	30,82	6,80	1,30	16,82	44,15	-	2.360,80
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	30,52	7,10	1,42	40,20	87,10	-	2.655,25
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	30,05	6,50	1,49	9,82	15,90	-	3.692,00
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	30,32	7,20	1,45	13,34	20,95	-	2.419,30
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	29,12	6,60	1,41	11,89	18,23	-	2.214,55
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	18/12/2003	22/12/2003	29,82	6,90	1,43	12,25	35,85	-	2.509,00
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	30,37	6,80	1,42	11,05	31,25	-	2.332,20
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	18/12/2003	22/12/2003	30,29	6,90	1,36	12,69	69,10	-	2.980,25
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	18/12/2003	22/12/2003	29,79	7,00	1,58	7,59	7,10	-	1.730,30
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	18/12/2003	22/12/2003	31,91	7,30	1,62	3,95	17,88	-	254,15
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	18/12/2003	22/12/2003	32,56	7,00	1,61	3,33	1,38	-	182,00
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	21/11/2003	22/12/2003	29,14	6,70	0,70	3,35	0,75	-	87,75
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	21/11/2003	22/12/2003	30,17	6,60	0,50	5,53	9,34	-	406,25
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	21/11/2003	22/12/2003	30,93	6,50	0,90	16,32	12,58	-	2.473,25

(Final)

TAB. A01-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	28/2/2004	1/3/2004	29,15	6,30	1,83	8,03	3,67	363,10	729,95
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	28/2/2004	1/3/2004	30,42	6,30	1,85	8,45	17,75	309,80	698,75
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	1/3/2004	1/3/2004	30,18	7,10	1,81	3,94	1,19	67,80	204,75
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	28/2/2004	1/3/2004	31,53	7,10	1,76	1,80	1,13	100,17	410,60
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	28/2/2004	1/3/2004	29,81	6,90	1,82	2,69	13,25	126,22	235,85
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	28/2/2004	1/3/2004	32,21	8,00	1,78	5,33	3,91	69,01	406,25
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	28/2/2004	1/3/2004	32,46	7,70	1,90	5,82	1,39	71,34	426,40
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	28/2/2004	1/3/2004	29,88	6,10	1,89	4,76	1,06	135,40	283,40
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	28/2/2004	1/3/2004	29,46	7,50	1,79	3,26	1,88	60,01	133,25
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	1/3/2004	1/3/2004	30,10	6,20	1,98	3,22	11,95	121,00	258,70
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,83	6,80	1,58	10,64	6,50	744,50	1.742,00
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	874,20	1.826,60
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	26/2/2004	1/3/2004	29,85	6,30	1,01	12,36	5,14	658,90	1.593,15
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	26/2/2004	1/3/2004	30,00	6,30	0,99	9,44	9,58	328,10	843,70
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	28/2/2004	1/3/2004	29,78	6,70	1,85	8,74	8,96	398,10	961,35
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	28/2/2004	1/3/2004	30,35	6,80	1,82	5,47	5,45	119,00	359,45
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	28/2/2004	1/3/2004	30,13	6,00	1,84	13,51	6,70	839,90	1.876,55
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	28/2/2004	1/3/2004	31,87	7,60	1,86	6,51	1,74	79,10	491,40
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	28/2/2004	1/3/2004	31,47	6,90	1,84	4,93	7,18	184,93	356,85
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	3/2/2004	1/3/2004	30,30	6,60	1,39	7,73	4,04	-	447,20
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	4/2/2004	1/3/2004	30,15	6,70	1,75	14,26	18,54	-	1.559,35
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	6/2/2004	1/3/2004	30,16	7,20	2,06	15,28	28,84	-	1.180,40
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	3/2/2004	1/3/2004	30,86	7,20	1,45	8,44	4,20	-	607,10
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	3/2/2004	1/3/2004	30,49	7,10	1,45	6,80	4,35	-	442,65
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	1/3/2004	1/3/2004	30,15	6,00	1,33	3,32	2,38	19,10	53,30
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	1/3/2004	1/3/2004	30,20	6,10	1,32	3,33	2,36	18,80	49,40
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	1/3/2004	1/3/2004	30,25	6,10	1,30	3,32	2,37	17,90	52,00
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	1/3/2004	1/3/2004	30,49	6,10	1,34	3,34	2,39	16,61	50,70
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	4/2/2004	1/3/2004	28,88	5,20	1,65	7,57	11,28	-	323,05
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	3/2/2004	1/3/2004	31,10	6,00	1,24	10,50	27,98	-	703,95
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	3/2/2004	1/3/2004	31,54	6,00	1,24	8,65	27,26	-	502,45
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	3/2/2004	1/3/2004	29,29	6,80	1,26	6,38	2,16	-	250,90
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	3/2/2004	1/3/2004	29,38	6,50	1,30	13,14	17,96	-	1.398,15
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	3/2/2004	1/3/2004	29,51	6,60	1,23	17,82	34,41	-	1.995,50
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	4/2/2004	1/3/2004	29,76	6,60	1,82	10,62	4,26	-	915,20
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	3/2/2004	1/3/2004	30,20	6,40	1,46	12,15	25,10	-	1.299,35
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	1/3/2004	1/3/2004	29,89	6,30	1,32	13,15	7,25	235,32	1.318,20
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	3/2/2004	1/3/2004	29,56	6,40	1,47	13,69	7,22	-	1.337,70
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	3/2/2004	1/3/2004	31,98	7,30	1,34	11,96	6,20	-	918,45
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	4/2/2004	1/3/2004	28,77	6,30	1,80	13,82	30,70	-	1.613,95
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	3/2/2004	1/3/2004	31,22	8,00	1,21	9,00	22,71	-	297,70
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	18/2/2004	1/3/2004	31,71	5,90	2,37	5,88	18,35	145,30	425,10
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	3/2/2004	1/3/2004	29,98	6,30	1,26	11,43	6,94	-	1.201,85
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	4/2/2004	1/3/2004	29,01	6,40	1,69	10,97	55,80	-	536,90
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	4/2/2004	1/3/2004	27,41	6,60	1,68	8,45	47,76	-	585,00
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	4/2/2004	1/3/2004	27,08	6,10	1,58	7,37	14,36	-	291,85
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	3/2/2004	1/3/2004	28,64	6,90	1,43	6,90	3,68	-	432,90
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	3/2/2004	1/3/2004	30,90	6,40	1,34	8,63	7,62	-	419,90
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	5/2/2004	1/3/2004	29,56	5,50	1,74	9,46	29,64	-	441,35
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	6/2/2004	1/3/2004	29,73	6,50	1,70	9,02	17,20	-	538,85
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	6/2/2004	1/3/2004	32,08	7,30	1,99	24,55	87,50	-	3.120,00
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	3/2/2004	1/3/2004	29,29	6,30	1,19	11,33	24,95	-	1.101,10
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	4/2/2004	1/3/2004	28,46	6,90	1,75	8,08	15,30	-	610,35
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	18/2/2004	1/3/2004	30,28	5,80	2,35	7,69	18,95	199,60	532,35
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	5/2/2004	1/3/2004	26,42	7,10	1,79	6,55	34,98	-	422,50
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	18/2/2004	1/3/2004	28,85	6,30	1,29	13,94	9,33	112,10	2.299,70
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	13/2/2004	1/3/2004	29,56	5,50	2,40	5,54	3,60	50,38	140,40
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	3/2/2004	1/3/2004	28,67	6,40	1,43	11,84	2,89	-	1.331,20
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	5/2/2004	1/3/2004	27,89	6,50	1,98	8,59	5,95	-	786,50
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	1/3/2004	1/3/2004	30,73	6,00	1,35	8,22	62,32	231,70	733,85
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	1/3/2004	1/3/2004	32,04	5,80	1,35	3,92	13,59	43,42	158,60
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	4/2/2004	1/3/2004	28,66	6,40	1,68	6,40	5,83	-	330,85
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	6/2/2004	1/3/2004	29,01	6,80	2,15	4,64	15,25	-	232,05

(continua)

TAB. A01-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	12/2/2004	1/3/2004	30,55	7,20	2,36	8,45	15,12	321,30	875,55
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	11/2/2004	1/3/2004	29,93	6,60	2,07	5,78	40,02	153,70	448,50
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	12/2/2004	1/3/2004	30,06	6,00	2,41	6,50	2,38	213,90	520,65
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	5/2/2004	1/3/2004	29,39	7,10	2,07	5,42	1,71	-	302,25
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	5/2/2004	1/3/2004	30,04	6,10	2,07	3,63	6,10	-	131,95
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	1/3/2004	1/3/2004	29,05	6,00	1,34	2,96	1,56	47,41	99,45
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	18/2/2004	1/3/2004	30,05	5,40	1,37	5,93	24,85	542,80	216,45
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	18/2/2004	1/3/2004	29,40	6,60	1,34	16,97	9,16	128,70	2.756,00
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	13/2/2004	1/3/2004	29,02	6,00	2,37	5,95	6,84	183,90	397,15
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	13/2/2004	1/3/2004	30,38	6,60	2,36	12,12	8,49	311,10	806,00
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	5/2/2004	1/3/2004	28,73	7,40	1,98	6,31	13,86	-	595,40
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	5/2/2004	1/3/2004	28,44	7,20	2,00	5,60	2,42	-	339,30
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	20/2/2004	1/3/2004	29,68	7,60	1,56	8,95	15,81	757,40	1.780,35
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	20/2/2004	1/3/2004	28,89	6,80	1,59	15,91	20,17	1.499,00	3.157,70
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	20/2/2004	1/3/2004	29,24	7,80	1,64	9,54	15,35	602,10	1.279,85
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	19/2/2004	1/3/2004	28,85	7,40	1,68	10,12	8,38	486,90	1.088,10
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	19/2/2004	1/3/2004	29,63	7,30	1,64	19,84	55,45	1.968,00	4.724,85
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	19/2/2004	1/3/2004	29,13	7,20	1,63	14,80	26,47	1.615,00	3.644,55
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	19/2/2004	1/3/2004	29,46	7,20	1,63	12,40	42,95	800,20	1.917,50
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	19/2/2004	1/3/2004	29,54	6,60	1,69	10,43	9,63	575,80	1.218,10
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	19/2/2004	1/3/2004	29,07	7,20	1,58	14,80	32,43	1.488,00	2.293,20
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	19/2/2004	1/3/2004	31,10	6,70	1,45	10,20	22,34	1.397,00	1.311,70
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	19/2/2004	1/3/2004	29,82	6,60	1,63	18,68	24,95	1.453,00	3.616,60
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	19/2/2004	1/3/2004	31,82	6,00	1,55	10,54	19,34	1.482,00	1.387,75
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	19/2/2004	1/3/2004	28,89	6,80	1,59	15,91	20,17	1.499,00	3.157,70
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	20/2/2004	1/3/2004	30,22	7,10	1,62	10,55	13,22	532,30	1.148,55
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	20/2/2004	1/3/2004	28,09	7,00	1,64	14,07	35,82	1.302,00	2.754,70
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	20/2/2004	1/3/2004	29,77	6,80	1,65	20,98	29,75	2.312,00	5.563,35
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	20/2/2004	1/3/2004	29,74	6,80	1,69	12,98	21,75	1.001,00	2.282,15
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	20/2/2004	1/3/2004	29,94	7,10	1,61	10,74	10,30	553,50	1.324,70
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	20/2/2004	1/3/2004	29,03	6,80	1,54	18,33	24,64	2.147,00	4.353,05
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	29/1/2004	1/3/2004	29,61	6,00	1,05	4,74	8,62	-	198,25
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	17/2/2004	1/3/2004	28,55	6,60	1,70	6,54	3,62	148,60	518,70
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	17/2/2004	1/3/2004	28,88	6,60	1,68	7,48	7,34	151,90	477,75
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	29/1/2004	1/3/2004	32,27	5,40	1,58	6,54	25,80	-	380,90
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	30/1/2004	1/3/2004	30,20	6,40	1,03	4,25	0,92	-	208,65
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	30/1/2004	1/3/2004	29,91	6,20	1,02	5,29	1,28	-	216,45
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	16/2/2004	1/3/2004	29,37	4,90	1,06	8,69	9,85	121,00	358,15
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	29/1/2004	1/3/2004	29,78	6,60	1,70	4,58	14,32	-	304,85
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	17/2/2004	1/3/2004	29,30	6,20	1,71	7,74	30,75	164,40	611,00
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	30/1/2004	1/3/2004	31,23	5,20	1,73	4,85	5,90	-	92,95
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	16/2/2004	1/3/2004	31,98	6,30	1,69	5,58	5,16	127,70	395,20
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	29/1/2004	1/3/2004	30,12	5,60	1,09	4,81	2,59	-	184,60
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	29/1/2004	1/3/2004	30,24	7,00	1,10	6,05	2,99	-	424,45
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	29/1/2004	1/3/2004	30,33	6,80	1,12	6,14	2,56	-	419,25
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	30/1/2004	1/3/2004	31,27	4,80	1,06	9,97	45,90	-	590,85
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	16/2/2004	1/3/2004	30,10	6,60	1,06	8,74	3,41	232,50	694,85
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	29/1/2004	1/3/2004	26,25	6,20	1,05	7,35	14,92	-	430,30
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	17/2/2004	1/3/2004	31,07	5,30	1,66	5,35	3,50	61,20	187,85
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	29/1/2004	1/3/2004	31,11	7,10	1,62	3,05	2,16	-	156,00
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	29/1/2004	1/3/2004	26,91	6,60	1,10	4,12	4,39	-	170,95
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,30	6,50	1,54	17,36	15,13	1.573,00	3.508,05
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	27/2/2004	1/3/2004	29,35	6,30	1,58	9,88	3,54	782,00	1.028,95
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	27/2/2004	1/3/2004	29,71	6,00	1,52	1,87	8,43	85,00	102,70
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	27/2/2004	1/3/2004	30,01	7,20	1,52	11,15	66,54	341,70	1.060,15
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	27/2/2004	1/3/2004	30,53	7,00	1,53	9,13	5,07	298,70	850,85
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	27/2/2004	1/3/2004	30,13	6,20	1,45	3,12	9,43	219,90	230,10
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,83	6,80	1,56	3,88	35,50	1.675,00	340,60
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua)

TAB. A01-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	27/2/2004	1/3/2004	30,49	6,20	1,59	4,95	5,53	102,40	283,40
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,30	6,80	1,65	4,00	16,98	1.755,00	187,85
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,86	5,40	1,58	3,95	22,32	1.847,00	218,40
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	27/2/2004	1/3/2004	31,74	6,70	1,56	5,70	7,38	121,40	384,15
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	27/2/2004	1/3/2004	30,63	7,10	1,58	6,78	6,17	175,40	551,20
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	27/2/2004	1/3/2004	30,49	7,80	1,57	6,92	3,02	166,00	555,75
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	26/2/2004	1/3/2004	29,66	7,70	1,07	7,75	59,30	122,60	289,25
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	27/2/2004	1/3/2004	32,43	7,20	1,85	8,08	11,54	179,50	679,90
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	28/2/2004	1/3/2004	30,76	7,00	1,68	18,52	31,76	1.489,00	3.634,15
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	26/2/2004	1/3/2004	29,95	6,70	1,45	11,32	18,40	532,80	2.533,05
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	29,69	7,70	1,40	7,62	34,15	661,60	1.635,40
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	26/2/2004	1/3/2004	30,17	6,40	1,42	11,46	13,04	869,50	1.987,70
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	26/2/2004	1/3/2004	30,10	7,20	1,45	3,85	11,27	710,30	209,30
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	26/2/2004	1/3/2004	30,26	7,50	1,20	4,75	10,75	57,50	230,75
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	26/2/2004	1/3/2004	30,15	7,10	1,43	4,38	42,50	718,30	396,50
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	26/2/2004	1/3/2004	31,09	6,60	1,38	9,25	78,30	1.256,00	734,50
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	27/2/2004	1/3/2004	29,32	6,80	1,49	7,51	74,95	217,50	736,45
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	27/2/2004	1/3/2004	30,15	6,70	1,38	7,20	61,32	1.328,00	616,20
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	31,43	7,00	1,20	4,80	12,00	52,98	197,60
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	26/2/2004	1/3/2004	29,10	6,30	1,26	3,01	7,00	16,32	81,25
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	29,90	6,60	1,55	5,83	4,88	123,30	167,70
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	26/2/2004	1/3/2004	30,21	6,70	1,45	7,86	15,89	245,10	594,75
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	26/2/2004	1/3/2004	30,37	7,60	1,34	5,08	4,32	225,90	625,30
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,51	6,80	1,43	17,20	58,32	954,10	1.956,50
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,32	7,00	1,45	18,35	101,40	1.573,00	2.143,70
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,33	6,60	1,33	18,32	39,94	1.605,00	3.660,80
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,17	7,10	1,42	21,15	42,10	1.782,00	2.302,30
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,28	6,60	1,38	19,43	33,44	1.652,00	2.021,50
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	26/2/2004	1/3/2004	30,45	6,50	1,25	12,32	41,53	1.832,00	2.366,00
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,59	6,80	1,24	11,18	39,45	912,30	2.302,95
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	26/2/2004	1/3/2004	30,45	6,90	1,33	14,35	96,68	1.089,00	2.925,00
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	26/2/2004	1/3/2004	29,94	7,00	1,34	9,51	10,15	775,60	1.867,45
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	27/2/2004	1/3/2004	30,55	7,20	1,28	3,56	22,35	947,80	180,70
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,35	7,10	1,22	3,85	18,42	314,80	135,20
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	27/2/2004	1/3/2004	30,98	7,00	1,32	3,43	3,17	112,90	144,95
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	27/2/2004	1/3/2004	29,88	7,10	1,30	3,55	19,25	522,70	199,55
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	7,60	112,50	621,20
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	6/2/2004	1/3/2004	29,48	6,50	2,08	4,62	0,68	13,60	89,70
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	8,60	520,40	1.184,60
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	6/2/2004	1/3/2004	28,09	6,80	2,05	5,36	7,95	122,30	312,00
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	6/2/2004	1/3/2004	28,50	6,50	2,03	13,97	10,70	625,40	1.959,10

(final)

TAB. A01-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	25/5/2004	28/5/2004	30,05	6,60	6,80	11,05	8,80	117,10	325,65
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	26/5/2004	28/5/2004	29,74	6,60	6,00	29,22	38,34	129,90	1.514,50
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	25/5/2004	28/5/2004	31,16	7,00	6,70	15,57	13,86	218,40	675,35
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	25/5/2004	28/5/2004	30,13	6,90	4,30	12,32	11,42	129,90	476,45
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	26/5/2004	28/5/2004	30,02	6,50	5,20	8,02	2,98	10,80	55,25
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	26/5/2004	28/5/2004	30,50	6,50	4,80	7,50	3,78	11,52	50,70
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	26/5/2004	28/5/2004	29,80	6,30	5,40	7,63	4,03	11,25	48,75
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	26/5/2004	28/5/2004	29,61	6,50	5,30	7,99	4,61	11,93	46,15
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	25/5/2004	28/5/2004	29,72	5,70	4,30	18,72	24,03	150,90	425,75
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	26/5/2004	28/5/2004	31,41	6,30	3,60	19,04	44,03	282,10	767,65
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	26/5/2004	28/5/2004	31,01	6,30	3,90	16,41	29,54	181,70	526,50
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	26/5/2004	28/5/2004	31,10	6,50	7,30	24,01	59,23	664,20	1.467,70
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	26/5/2004	28/5/2004	29,88	6,80	7,70	24,62	43,40	692,20	1.543,10
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	26/5/2004	28/5/2004	29,93	6,40	7,00	31,71	51,36	1.085,00	2.155,40
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	27/5/2004	28/5/2004	29,89	6,60	4,00	18,72	10,11	361,20	931,45
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	27/5/2004	28/5/2004	30,35	6,50	3,60	23,66	51,60	652,90	842,40
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	26/5/2004	28/5/2004	30,01	6,60	6,40	22,97	20,53	663,58	1.298,70
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	26/5/2004	28/5/2004	29,97	6,80	7,90	23,82	21,40	671,70	1.346,15
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	25/5/2004	28/5/2004	31,24	6,90	7,50	18,82	14,20	384,40	946,40
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	28/5/2004	28/5/2004	29,37	6,30	4,50	19,87	25,15	649,70	1.180,40
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	26/5/2004	28/5/2004	31,90	5,60	6,80	21,05	31,20	90,82	359,45
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	27/5/2004	28/5/2004	29,57	6,30	4,50	21,38	23,62	688,90	1.314,95
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	26/5/2004	28/5/2004	30,19	6,30	4,40	19,68	59,31	502,90	1.184,30
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	26/5/2004	28/5/2004	29,89	6,40	3,00	22,65	71,84	371,70	593,45
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	27/5/2004	28/5/2004	28,40	6,60	7,70	15,25	58,77	212,50	642,20
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	26/5/2004	28/5/2004	30,19	6,20	3,10	14,26	21,69	101,90	319,80
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	25/5/2004	28/5/2004	30,65	6,50	4,30	13,21	9,49	162,50	497,90
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	27/5/2004	28/5/2004	30,13	6,20	1,00	17,07	10,92	174,70	315,25
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	26/5/2004	28/5/2004	29,33	5,70	6,80	23,90	53,51	145,20	504,40
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	26/5/2004	28/5/2004	29,38	6,70	1,40	16,81	33,59	203,60	605,15
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	26/5/2004	28/5/2004	29,57	6,00	3,30	24,84	99,95	219,40	835,25
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	25/5/2004	28/5/2004	28,65	6,70	6,30	14,37	27,40	178,50	527,80
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	25/5/2004	28/5/2004	29,56	6,20	5,70	16,17	34,70	174,10	510,90
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	26/5/2004	28/5/2004	28,67	6,70	7,70	12,33	49,84	170,10	464,75
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	28/5/2004	28/5/2004	29,18	6,10	2,90	26,30	12,34	930,20	1.521,00
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	28/5/2004	28/5/2004	29,55	6,00	6,00	14,45	5,36	56,89	148,85
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	25/5/2004	28/5/2004	28,60	6,50	7,00	20,83	7,83	659,80	1.417,00
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	27/5/2004	28/5/2004	30,19	6,10	3,90	18,45	25,67	391,30	804,70
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	28/5/2004	28/5/2004	30,33	6,00	6,50	16,64	71,03	243,20	747,50
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	28/5/2004	28/5/2004	28,56	6,00	6,90	10,04	18,82	39,89	147,55
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	25/5/2004	28/5/2004	30,66	6,30	4,00	11,37	8,43	132,80	379,60
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	27/5/2004	28/5/2004	29,03	6,50	6,70	9,57	25,26	70,88	252,85

(continua)

TAB. A01-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	27/5/2004	28/5/2004	29,88	6,50	4,10	17,70	26,58	391,10	61,75
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	27/5/2004	28/5/2004	29,45	6,00	3,70	16,48	47,84	190,30	494,00
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	27/5/2004	28/5/2004	29,46	6,20	3,00	15,25	6,10	301,60	604,50
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	25/5/2004	28/5/2004	30,62	6,80	7,50	9,67	5,04	88,27	347,10
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	27/5/2004	28/5/2004	30,30	6,10	6,60	11,41	12,93	32,07	128,05
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	28/5/2004	28/5/2004	29,29	5,90	4,80	9,96	2,06	48,93	119,60
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	27/5/2004	28/5/2004	29,97	6,40	3,00	37,95	15,01	1.650,00	2.844,40
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	27/5/2004	28/5/2004	29,15	6,20	7,60	17,33	9,11	284,10	518,05
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	27/5/2004	28/5/2004	29,16	6,30	5,70	21,51	13,21	238,20	544,05
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	25/5/2004	28/5/2004	30,30	6,90	6,40	12,10	16,55	202,80	638,30
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	25/5/2004	28/5/2004	30,53	7,00	6,30	10,40	6,16	101,70	378,30
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	24/5/2004	28/5/2004	29,66	5,20	7,20	9,08	9,12	85,52	243,10
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	-	-	-	-	-	-	8,15	83,40	297,40
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	24/5/2004	28/5/2004	29,02	6,30	5,00	12,78	5,71	127,50	341,25
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	24/5/2004	28/5/2004	28,88	6,40	4,80	12,89	5,69	126,80	387,40
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	24/5/2004	28/5/2004	30,78	5,80	5,80	14,64	23,30	138,20	408,85
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	24/5/2004	28/5/2004	29,84	4,90	2,90	9,95	4,26	103,70	284,70
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	21/5/2004	28/5/2004	30,05	7,10	7,80	7,02	1,73	91,74	227,50
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	24/5/2004	28/5/2004	29,77	6,90	5,20	8,15	3,52	96,52	231,40
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	21/5/2004	28/5/2004	29,67	5,90	5,60	11,31	2,19	76,42	212,55
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	25/5/2004	28/5/2004	29,82	4,60	4,40	25,84	18,30	169,90	447,85
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	24/5/2004	28/5/2004	30,13	6,50	4,70	9,69	25,45	480,91	914,70
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	24/5/2004	28/5/2004	30,54	6,10	6,30	22,85	26,96	430,60	924,95
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	24/5/2004	28/5/2004	31,10	6,30	6,10	9,08	8,05	40,50	98,80
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	24/5/2004	28/5/2004	31,86	6,20	4,50	13,73	10,03	155,70	468,65
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	21/5/2004	28/5/2004	29,76	7,60	1,70	8,15	2,95	97,32	247,00
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	24/5/2004	28/5/2004	30,30	4,70	7,00	22,84	56,52	179,50	601,90
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	25/5/2004	28/5/2004	30,26	6,50	5,50	17,69	6,29	299,20	752,05
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	25/5/2004	28/5/2004	30,27	6,10	4,00	15,09	12,72	208,30	528,45
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	24/5/2004	28/5/2004	31,42	7,20	6,90	5,81	7,45	26,08	178,10
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua)

TAB. A01-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	24/5/2004	28/5/2004	29,78	7,10	1,00	5,00	29,40	52,30	336,70
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	28/5/2004	28/5/2004	29,47	6,20	4,60	8,90	1,12	30,15	87,75
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	28/5/2004	28/5/2004	30,26	6,30	6,70	7,24	13,77	32,63	170,30
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	28/5/2004	28/5/2004	28,99	6,30	3,20	6,48	2,02	17,50	91,65
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	28/5/2004	28/5/2004	29,61	5,80	3,10	13,52	5,36	39,36	167,70
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	28/5/2004	28/5/2004	32,41	6,60	2,90	9,14	19,61	70,07	520,00
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	28/5/2004	28/5/2004	31,87	5,20	5,00	17,50	1,91	7,73	46,80
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	28/5/2004	28/5/2004	29,40	5,30	5,40	37,75	47,27	172,90	546,00
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	28/5/2004	28/5/2004	30,71	6,80	4,80	7,55	31,18	79,02	563,55
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(final)

TAB. A01-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	15/9/2004	21/6/2004	30,17	7,50	1,71	39,98	2,20	292,80	748,15
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	15/9/2004	21/6/2004	30,98	7,40	2,35	35,25	6,94	265,10	700,05
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	15/9/2004	21/6/2004	31,39	7,80	0,79	10,54	1,62	21,98	235,30
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	15/9/2004	21/6/2004	32,90	7,70	0,79	2,32	1,58	77,97	500,70
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	15/9/2004	21/6/2004	31,17	7,60	0,85	6,66	6,64	118,13	266,40
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	15/9/2004	21/6/2004	31,03	7,90	2,31	16,57	9,81	57,84	404,95
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	15/9/2004	21/6/2004	30,26	7,70	1,01	36,28	2,51	56,54	404,30
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	15/9/2004	21/6/2004	30,77	7,70	0,95	33,70	1,07	103,70	272,35
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	15/9/2004	21/6/2004	28,92	7,90	0,86	6,79	1,70	29,22	131,95
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	15/9/2004	21/6/2004	31,31	7,50	0,75	9,08	5,59	55,07	197,60
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	15/9/2004	21/6/2004	30,10	7,40	1,63	54,63	14,46	850,70	1.712,75
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	797,10	1714,2
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	15/9/2004	21/6/2004	30,33	7,40	2,46	76,98	4,30	960,20	1.729,00
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	15/9/2004	21/6/2004	30,73	7,30	2,69	59,39	5,08	414,20	847,60
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	15/9/2004	21/6/2004	30,00	7,50	2,70	32,19	4,43	321,30	841,75
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	15/9/2004	21/6/2004	30,86	7,50	0,96	18,24	2,37	104,10	371,15
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	15/9/2004	21/6/2004	30,76	7,40	2,67	65,40	4,50	946,10	1.923,35
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	15/9/2004	21/6/2004	30,77	7,80	1,11	38,66	2,45	56,87	490,10
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	15/9/2004	21/6/2004	32,81	7,70	0,95	18,17	5,22	160,90	371,15
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua)

TAB. A01-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	17/9/2004	21/6/2004	30,57	8,20	0,88	60,13	10,49	906,70	1.832,35
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	17/9/2004	21/6/2004	-	-	0,88	-	-	-	-
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	17/9/2004	21/6/2004	28,41	8,10	0,88	10,32	16,94	728,20	1.712,75
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	17/9/2004	21/6/2004	29,20	8,00	0,90	79,86	6,86	602,60	1.119,95
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/9/2004	21/6/2004	29,55	8,10	0,88	21,39	23,95	1.709,00	3.518,45
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/9/2004	21/6/2004	29,99	7,90	0,35	24,37	13,46	1.843,00	3.613,35
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	17/9/2004	21/6/2004	30,98	8,10	0,74	29,10	9,27	897,60	1.940,25
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/9/2004	21/6/2004	30,38	7,60	0,67	71,90	5,88	670,70	1.496,95
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/9/2004	21/6/2004	30,59	7,50	0,66	24,52	17,77	1.376,00	2.986,10
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/9/2004	21/6/2004	-	-	0,65	-	-	-	-
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/9/2004	21/6/2004	30,51	7,90	0,78	21,15	17,15	1.667,00	3.551,60
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	17/9/2004	21/6/2004	31,92	6,90	0,38	13,72	6,61	781,90	1.484,60
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/9/2004	21/6/2004	28,41	8,10	0,88	10,32	16,94	728,20	1.712,75
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	17/9/2004	21/6/2004	30,04	8,20	0,90	13,74	15,57	988,20	1.940,90
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	17/9/2004	21/6/2004	27,52	8,00	0,55	20,94	15,90	2.373,00	3.987,75
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	17/9/2004	21/6/2004	27,57	8,00	0,74	27,02	24,87	2.283,00	3.902,60
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/9/2004	21/6/2004	29,49	8,00	0,89	50,88	18,64	3.198,00	5.408,65
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	17/9/2004	21/6/2004	30,06	7,70	0,89	14,59	13,28	1.209,00	2.418,00
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	17/9/2004	21/6/2004	28,46	8,10	0,89	10,06	8,99	748,70	1.324,05
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	17/9/2004	21/6/2004	27,16	7,90	0,78	18,75	13,89	2.698,00	4.223,70
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	8,90	164,40	697,54
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	5,35	208,30	849,40
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	16/9/2004	21/6/2004	30,27	7,30	1,68	14,98	7,44	186,70	3.647,80
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	16/9/2004	21/6/2004	31,05	7,40	2,85	9,41	3,56	681,20	1.257,10
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	16/9/2004	21/6/2004	30,12	7,10	0,86	5,94	10,12	92,30	120,90
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	16/9/2004	21/6/2004	30,23	7,40	2,83	60,17	26,59	400,80	1.084,85
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	16/9/2004	21/6/2004	30,28	7,60	0,38	40,25	5,98	325,40	852,15
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	16/9/2004	21/6/2004	31,32	7,00	0,77	9,61	9,75	44,02	239,20
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	16/9/2004	21/6/2004	30,05	7,70	0,90	15,31	29,58	90,31	429,65
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	16/9/2004	21/6/2004	30,67	8,20	0,70	13,05	4,32	33,48	236,60

(continua)

TAB. A01-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	16/9/2004	21/6/2004	31,44	7,90	0,68	16,81	5,16	41,26	291,20
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	16/9/2004	21/6/2004	31,26	7,30	0,62	20,81	2,85	89,04	329,55
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	16/9/2004	21/6/2004	29,06	7,50	0,90	9,02	8,22	18,94	147,55
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	16/9/2004	21/6/2004	30,46	6,40	0,67	33,22	13,49	43,40	275,60
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	16/9/2004	21/6/2004	31,07	7,40	0,61	17,96	3,17	125,10	361,40
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	16/9/2004	21/6/2004	30,87	7,70	0,60	29,42	4,91	139,80	551,20
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	16/9/2004	21/6/2004	30,50	7,40	1,59	35,81	3,27	146,80	572,00
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	21/9/2004	21/6/2004	30,25	7,90	0,93	26,83	31,41	106,60	548,60
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	21/9/2004	21/6/2004	30,93	8,00	0,42	33,91	4,58	152,70	736,45
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	21/9/2004	21/6/2004	-	-	-	-	5,30	144,20	823,40
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	21/9/2004	21/6/2004	31,13	7,70	0,48	12,36	19,52	2.027,00	3.908,45
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	20/9/2004	21/6/2004	30,05	6,90	0,72	41,56	19,58	556,35	2.754,05
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	30,38	8,40	0,87	42,70	18,62	602,40	1.569,10
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	20/9/2004	21/6/2004	30,75	8,10	0,69	81,65	7,79	852,10	2.005,90
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	20/9/2004	21/6/2004	30,83	8,00	0,89	17,41	7,37	43,25	244,40
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	18/9/2004	21/6/2004	30,24	8,20	0,88	15,71	7,52	36,94	232,05
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	18/9/2004	21/6/2004	29,62	7,80	0,86	37,59	23,80	78,38	419,90
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	18/9/2004	21/6/2004	30,51	7,80	0,87	79,52	37,80	155,90	861,90
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	18/9/2004	21/6/2004	29,92	7,50	0,71	60,11	36,99	201,70	736,45
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/9/2004	21/6/2004	29,91	7,80	0,57	76,44	39,28	195,30	809,25
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/9/2004	21/6/2004	29,33	7,80	0,53	20,80	6,20	33,10	197,60
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/9/2004	21/6/2004	29,77	8,00	0,87	12,26	9,18	21,54	103,35
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	20/9/2004	21/6/2004	29,32	7,80	0,73	12,36	6,11	14,85	110,50
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	30,15	8,30	0,82	30,09	3,61	80,76	288,60
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	20/9/2004	21/6/2004	30,77	7,10	0,73	53,12	7,09	192,10	577,20
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	20/9/2004	21/6/2004	31,35	8,30	0,66	21,73	3,96	188,60	702,00
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	30,37	8,20	0,81	59,80	29,25	1.190,00	2.390,05
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	-	-	0,80	-	-	-	-
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	30,90	7,80	0,60	18,40	16,32	1.690,00	3.716,70
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	30,51	7,80	0,49	9,68	13,34	1.163,00	2.468,70
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	30,33	7,80	0,76	16,32	14,72	1.068,00	2.252,90
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	20/9/2004	21/6/2004	31,62	8,00	0,68	13,12	22,24	1.022,00	2.639,00
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	31,04	7,80	0,63	68,17	18,26	889,20	2.238,60
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	20/9/2004	21/6/2004	-	-	0,64	-	-	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	20/9/2004	21/6/2004	30,72	8,00	0,54	58,72	7,42	691,90	1.654,25
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	18/9/2004	21/6/2004	30,57	8,90	0,56	25,73	4,47	20,77	170,30
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	18/9/2004	21/6/2004	31,11	7,30	0,69	18,95	16,98	51,70	249,60
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/9/2004	21/6/2004	29,95	8,00	0,86	22,52	18,67	53,69	275,60
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	18/9/2004	21/6/2004	30,92	8,10	0,69	14,92	3,04	34,01	182,00
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	18/9/2004	21/6/2004	30,01	8,00	0,76	30,87	4,46	93,76	345,80
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	18/9/2004	21/6/2004	32,05	7,70	0,64	26,15	8,04	41,32	235,95
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(final)

TAB. A01-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	29/11/2004	13/12/2004	30,10	6,90	1,03	9,30	3,64	-	742,30
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	29/11/2004	13/12/2004	30,16	6,40	1,63	8,56	18,04	-	694,20
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	29/11/2004	13/12/2004	30,78	7,20	6,26	4,02	1,28	-	209,95
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	29/11/2004	13/12/2004	31,55	7,10	7,89	1,95	1,21	-	440,20
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	29/11/2004	13/12/2004	31,25	7,00	7,45	2,87	13,02	-	245,60
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	29/11/2004	13/12/2004	30,12	7,90	1,24	5,45	4,11	-	404,95
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	29/11/2004	13/12/2004	30,25	7,70	7,45	5,99	1,42	-	404,95
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	29/11/2004	13/12/2004	30,17	6,60	7,98	4,89	1,07	-	278,20
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	29/11/2004	13/12/2004	29,98	7,50	5,63	4,55	1,72	-	132,60
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	29/11/2004	13/12/2004	31,10	6,60	7,56	3,16	9,32	-	256,10
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	29/11/2004	13/12/2004	30,23	6,90	1,36	9,88	6,35	-	1.740,70
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1.964,10
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	29/11/2004	13/12/2004	30,12	6,50	1,54	11,98	5,11	-	1.594,45
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	29/11/2004	13/12/2004	30,55	6,60	1,87	9,53	8,67	-	845,65
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	29/11/2004	13/12/2004	30,45	6,60	1,73	8,68	8,78	-	945,75
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	29/11/2004	13/12/2004	30,56	6,90	7,54	5,49	5,43	-	365,30
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	29/11/2004	13/12/2004	30,46	6,30	1,79	12,68	6,68	-	1.881,75
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	29/11/2004	13/12/2004	30,00	7,70	1,12	6,69	1,82	-	488,80
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	29/11/2004	13/12/2004	30,79	7,10	1,01	6,54	7,06	-	358,15
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	9/12/2004	13/12/2004	30,10	6,70	5,32	7,25	4,00	-	445,25
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	8/12/2004	13/12/2004	30,12	6,60	5,78	13,23	18,35	-	1.516,45
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	7/12/2004	13/12/2004	30,20	7,10	4,56	14,98	28,78	-	1.171,30
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	9/12/2004	13/12/2004	30,87	7,20	6,41	8,23	5,30	-	599,95
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	9/12/2004	13/12/2004	30,51	7,00	3,40	6,78	5,12	-	443,95
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	8/12/2004	13/12/2004	30,11	6,00	5,12	3,21	2,36	-	55,25
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	8/12/2004	13/12/2004	30,22	6,20	4,53	3,21	2,55	-	50,70
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	8/12/2004	13/12/2004	30,42	6,10	5,63	3,35	3,02	-	50,70
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	8/12/2004	13/12/2004	30,41	6,20	5,32	3,02	2,62	-	46,80
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	8/12/2004	13/12/2004	29,32	5,30	4,55	7,12	12,03	-	326,30
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	8/12/2004	13/12/2004	31,02	6,00	4,34	10,03	27,65	-	705,90
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	8/12/2004	13/12/2004	31,52	6,10	3,98	8,34	23,65	-	505,05
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	8/12/2004	13/12/2004	29,34	6,80	7,52	6,30	54,12	-	1.400,10
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	8/12/2004	13/12/2004	29,65	6,60	7,55	12,68	29,54	-	1.381,25
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	8/12/2004	13/12/2004	29,85	6,50	7,02	17,84	48,85	-	2.004,60
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	8/12/2004	13/12/2004	29,87	6,60	4,22	10,32	7,23	-	929,50
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	9/12/2004	13/12/2004	30,31	6,40	3,85	12,10	38,98	-	1.290,90
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	9/12/2004	13/12/2004	29,98	6,30	6,55	13,21	9,24	-	1.320,15
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	9/12/2004	13/12/2004	29,65	6,40	7,89	13,24	10,23	-	1.341,60
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	9/12/2004	13/12/2004	31,78	7,20	7,85	11,98	9,65	-	917,80
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	7/12/2004	13/12/2004	29,85	6,20	4,66	13,24	26,31	-	1.597,05
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	7/12/2004	13/12/2004	31,02	7,50	6,75	9,03	23,42	-	295,75
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	7/12/2004	13/12/2004	31,13	6,00	4,23	5,84	19,87	-	440,70
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	7/12/2004	13/12/2004	30,35	6,30	4,57	11,26	14,05	-	1.197,30
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	6/12/2004	13/12/2004	29,61	6,40	3,21	10,75	63,35	-	540,80
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	6/12/2004	13/12/2004	28,98	6,60	6,85	8,24	51,12	-	599,30
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	6/12/2004	13/12/2004	28,65	6,10	3,24	7,02	16,32	-	293,15
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	9/12/2004	13/12/2004	29,11	6,90	4,01	6,78	5,32	-	431,60
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	6/12/2004	13/12/2004	30,89	6,40	2,03	8,47	10,23	-	438,10
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	8/12/2004	13/12/2004	29,33	5,50	6,54	9,12	29,10	-	442,65
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	8/12/2004	13/12/2004	29,84	6,60	1,98	9,00	18,02	-	547,30
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	7/12/2004	13/12/2004	31,75	7,30	3,22	24,21	62,79	-	2.265,90
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	9/12/2004	13/12/2004	29,34	6,30	3,31	11,42	65,82	-	1.090,70
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	9/12/2004	13/12/2004	28,78	6,80	7,54	8,25	25,51	-	665,60
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	9/12/2004	13/12/2004	29,26	6,90	4,89	8,00	22,31	-	611,65
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	9/12/2004	13/12/2004	30,21	5,80	4,21	6,62	19,00	-	527,80
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	8/12/2004	13/12/2004	29,10	7,00	6,32	6,33	34,55	-	417,95
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	6/12/2004	13/12/2004	29,03	6,30	2,99	13,65	10,24	-	2.161,25
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	6/12/2004	13/12/2004	29,65	5,60	3,05	5,25	3,65	-	139,75
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	9/12/2004	13/12/2004	29,04	6,40	6,42	10,57	3,34	-	1.334,45
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	9/12/2004	13/12/2004	29,03	6,50	3,98	8,01	8,54	-	787,80
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	6/12/2004	13/12/2004	30,74	6,00	3,54	8,13	64,48	-	735,80
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	6/12/2004	13/12/2004	31,86	5,90	5,35	3,90	15,24	-	153,40
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	6/12/2004	13/12/2004	29,35	6,40	3,69	6,32	6,24	-	332,80
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	7/12/2004	13/12/2004	29,42	6,80	5,98	4,35	18,57	-	234,65

(continua)

TAB. A01-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	7/12/2004	13/12/2004	30,65	7,10	4,35	8,29	18,87	-	835,25
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	7/12/2004	13/12/2004	29,96	6,60	3,69	5,32	42,16	-	446,55
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	7/12/2004	13/12/2004	30,12	6,10	3,02	6,21	4,32	-	527,15
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	9/12/2004	13/12/2004	29,68	7,00	7,34	5,32	3,65	-	316,55
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	7/12/2004	13/12/2004	30,12	6,10	6,32	3,54	8,78	-	133,25
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	6/12/2004	13/12/2004	29,28	6,00	4,88	2,86	1,86	-	100,10
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	9/12/2004	13/12/2004	30,14	5,50	2,54	5,56	25,84	-	209,95
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	6/12/2004	13/12/2004	29,34	6,60	6,34	16,58	11,25	-	2.739,75
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	7/12/2004	13/12/2004	29,13	6,00	3,21	5,84	7,05	-	403,65
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	7/12/2004	13/12/2004	30,46	6,60	4,00	12,04	9,51	-	772,85
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	9/12/2004	13/12/2004	30,03	7,30	7,27	6,24	14,47	-	600,60
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	9/12/2004	13/12/2004	30,32	7,10	6,25	5,61	4,26	-	345,80
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/12/2004	13/12/2004	29,98	7,70	7,23	12,40	15,82	-	1.781,65
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	2/12/2004	13/12/2004	29,84	6,70	6,21	16,35	19,68	-	3.185,65
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/12/2004	13/12/2004	29,87	7,90	5,98	9,82	15,25	-	1.281,80
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	2/12/2004	13/12/2004	29,68	7,40	6,23	15,42	7,53	-	1.097,20
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/12/2004	13/12/2004	29,89	7,30	6,84	21,30	52,32	-	4.621,50
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/12/2004	13/12/2004	29,39	7,20	5,32	15,23	25,64	-	3.638,70
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	2/12/2004	13/12/2004	29,97	7,20	7,32	13,52	43,68	-	1.921,40
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/12/2004	13/12/2004	29,84	6,60	7,42	10,23	9,21	-	1.212,25
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/12/2004	13/12/2004	29,88	7,20	6,32	15,01	32,26	-	2.295,80
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/12/2004	13/12/2004	30,11	6,70	5,32	10,65	31,25	-	1.307,15
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/12/2004	13/12/2004	30,11	6,50	7,54	18,94	25,72	-	3.608,80
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/12/2004	13/12/2004	30,65	6,10	6,25	11,57	18,69	-	1.388,40
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/12/2004	13/12/2004	29,58	6,80	6,75	16,28	20,06	-	3.156,40
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	2/12/2004	13/12/2004	30,21	7,00	1,03	10,88	13,18	-	1.155,05
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/12/2004	13/12/2004	29,35	7,00	6,98	14,21	35,24	-	2.759,90
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	2/12/2004	13/12/2004	28,98	8,00	6,21	13,65	32,10	-	3.829,15
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/12/2004	13/12/2004	30,12	6,80	1,02	19,84	27,89	-	5.522,40
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	2/12/2004	13/12/2004	30,22	6,80	1,01	13,24	20,64	-	2.341,30
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/12/2004	13/12/2004	30,51	7,10	7,87	11,28	10,42	-	1.323,40
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/12/2004	13/12/2004	30,03	6,80	7,05	18,59	23,58	-	4.345,25
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	11/12/2004	13/12/2004	29,85	6,30	6,32	6,12	7,65	-	228,15
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	11/12/2004	13/12/2004	29,65	6,30	5,12	11,03	8,84	-	557,05
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	11/12/2004	13/12/2004	30,10	6,40	4,62	10,05	3,23	-	612,95
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	11/12/2004	13/12/2004	30,59	5,30	5,31	6,31	22,30	-	377,65
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/12/2004	13/12/2004	29,98	6,10	3,16	5,64	4,10	-	287,30
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/12/2004	13/12/2004	30,64	6,60	6,13	5,18	2,01	-	169,65
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/12/2004	13/12/2004	29,84	6,20	4,56	6,34	2,03	-	221,65
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/12/2004	13/12/2004	30,08	6,00	7,65	9,23	2,26	-	206,05
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	10/12/2004	13/12/2004	29,85	5,40	4,65	11,20	9,18	-	360,75
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	10/12/2004	13/12/2004	30,54	6,60	3,65	8,21	25,32	-	404,30
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	11/12/2004	13/12/2004	30,21	6,20	6,13	8,54	28,86	-	807,95
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	10/12/2004	13/12/2004	31,20	6,20	6,64	6,54	6,95	-	93,60
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	10/12/2004	13/12/2004	31,25	6,10	5,65	6,32	6,54	-	404,95
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	11/12/2004	13/12/2004	30,21	5,70	7,33	6,03	15,02	-	250,25
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	11/12/2004	13/12/2004	30,25	7,00	6,34	4,84	2,13	-	273,00
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	11/12/2004	13/12/2004	30,52	6,80	7,66	5,24	1,98	-	296,40
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/12/2004	13/12/2004	29,87	7,10	6,32	6,54	3,02	-	244,40
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	10/12/2004	13/12/2004	31,51	5,10	6,31	15,28	44,85	-	591,50
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	10/12/2004	13/12/2004	30,06	6,40	6,54	12,62	3,89	-	730,60
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	10/12/2004	13/12/2004	30,21	6,10	4,65	8,54	12,42	-	455,00
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	11/12/2004	13/12/2004	31,25	6,30	7,65	6,21	5,24	-	211,90
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	11/12/2004	13/12/2004	31,05	7,20	6,31	4,32	4,35	-	156,65
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	11/12/2004	13/12/2004	30,06	6,30	6,32	4,18	2,86	-	165,75
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	3/12/2004	13/12/2004	29,98	6,50	1,05	18,25	14,24	-	3.500,25
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	3/12/2004	13/12/2004	29,65	6,30	7,53	9,41	3,56	-	1.038,70
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	3/12/2004	13/12/2004	29,86	6,00	7,32	3,23	10,03	-	100,75
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	3/12/2004	13/12/2004	30,05	7,30	1,12	11,23	53,76	-	1.056,25
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	3/12/2004	13/12/2004	30,21	6,90	6,23	10,54	5,90	-	851,50
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	3/12/2004	13/12/2004	30,04	6,20	7,52	3,88	9,75	-	228,80
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	3/12/2004	13/12/2004	30,06	6,70	1,03	3,95	36,62	-	364,65
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	3/12/2004	13/12/2004	30,12	7,20	7,20	6,87	9,84	-	213,20

(continua)

TAB. A01-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	3/12/2004	13/12/2004	30,54	7,10	7,43	12,46	10,11	-	250,90
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	3/12/2004	13/12/2004	30,58	6,50	7,68	5,01	5,62	-	287,30
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	3/12/2004	13/12/2004	29,68	6,70	7,36	4,12	15,28	-	178,75
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	3/12/2004	13/12/2004	29,99	5,50	6,32	4,68	21,57	-	213,85
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	3/12/2004	13/12/2004	30,88	6,80	7,49	5,80	7,54	-	380,90
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	3/12/2004	13/12/2004	30,54	7,10	7,55	6,99	6,27	-	547,30
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	3/12/2004	13/12/2004	30,29	7,70	1,18	7,41	3,07	-	560,95
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	4/12/2004	13/12/2004	30,12	7,80	7,57	7,83	60,02	-	295,10
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	4/12/2004	13/12/2004	30,23	8,00	6,33	9,35	11,32	-	687,05
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	4/12/2004	13/12/2004	30,98	7,10	6,32	18,73	32,14	-	3.641,95
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	30/11/2004	13/12/2004	30,12	6,80	6,45	11,52	19,08	-	2.534,35
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	30/11/2004	13/12/2004	30,25	7,70	6,32	7,65	33,84	-	1.666,60
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	30/11/2004	13/12/2004	30,54	6,40	6,21	11,87	13,54	-	1.986,40
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	30/11/2004	13/12/2004	30,25	7,30	7,02	4,32	12,05	-	215,80
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	30/11/2004	13/12/2004	30,36	7,50	6,64	4,98	10,54	-	232,05
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	30/11/2004	13/12/2004	30,98	7,20	6,32	4,68	41,65	-	403,65
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	30/11/2004	13/12/2004	30,54	6,50	6,65	9,65	72,65	-	741,65
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	30/11/2004	13/12/2004	30,02	6,80	6,32	7,78	72,54	-	735,80
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	30/11/2004	13/12/2004	30,95	6,70	6,98	7,50	61,03	-	618,80
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	30/11/2004	13/12/2004	29,98	7,00	6,32	5,68	11,85	-	198,25
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	30/11/2004	13/12/2004	29,88	7,10	6,69	4,32	13,54	-	102,05
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	30/11/2004	13/12/2004	29,65	6,30	7,65	3,25	7,45	-	85,80
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	30/11/2004	13/12/2004	29,78	6,60	6,42	5,98	4,87	-	171,60
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	30/11/2004	13/12/2004	30,34	6,70	6,89	8,03	16,05	-	599,95
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	30/11/2004	13/12/2004	30,65	7,40	7,84	5,32	4,35	-	621,40
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	30/11/2004	13/12/2004	30,48	6,70	7,02	18,02	58,84	-	1.959,75
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/12/2004	13/12/2004	30,84	6,60	6,32	18,42	39,89	-	3.677,70
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/12/2004	13/12/2004	30,53	7,10	5,54	2,68	42,26	-	2.353,65
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/12/2004	13/12/2004	30,65	6,70	6,33	19,57	33,54	-	2.028,65
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	1/12/2004	13/12/2004	30,78	6,60	6,54	12,56	41,65	-	2.338,70
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/12/2004	13/12/2004	30,84	6,90	5,23	11,24	39,21	-	2.226,25
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	1/12/2004	13/12/2004	30,54	7,20	5,58	9,54	10,08	-	1.861,60
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	1/12/2004	13/12/2004	30,13	7,10	5,87	12,35	8,57	-	168,35
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	1/12/2004	13/12/2004	30,08	7,20	7,03	3,68	22,85	-	180,05
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	1/12/2004	13/12/2004	29,86	7,20	6,35	3,94	18,95	-	139,10
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	1/12/2004	13/12/2004	30,96	7,20	6,54	3,64	3,21	-	148,20
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	1/12/2004	13/12/2004	30,22	7,00	7,82	12,65	6,75	-	315,90
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	1/12/2004	13/12/2004	31,58	7,00	6,56	3,85	18,65	-	200,85
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	13/12/2004	13/12/2004	29,78	6,70	4,32	3,45	1,12	-	85,80
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	13/12/2004	13/12/2004	30,12	6,60	6,32	5,56	8,24	-	396,50
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	13/12/2004	13/12/2004	30,58	6,60	4,65	15,92	10,89	-	2.353,65

(final)

TAB. A01-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	17/2/2005	5/3/2005	30,21	7,10	6,86	7,32	2,54	-	387,40
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	17/2/2005	5/3/2005	30,13	7,00	6,51	12,21	6,85	-	990,60
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	17/2/2005	5/3/2005	30,08	6,70	6,30	7,96	9,33	-	952,25
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	16/2/2005	5/3/2005	30,45	7,10	7,35	6,52	1,05	-	231,40
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	16/2/2005	5/3/2005	30,25	7,10	6,96	1,25	0,98	-	460,80
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	16/2/2005	5/3/2005	31,13	6,80	6,84	2,31	11,62	-	241,70
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	17/2/2005	5/3/2005	30,52	7,50	7,54	6,24	3,41	-	412,75
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	17/2/2005	5/3/2005	31,01	7,20	7,05	8,32	5,11	-	382,85
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	17/2/2005	5/3/2005	30,52	7,60	6,33	6,98	1,44	-	445,25
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	17/2/2005	5/3/2005	30,51	6,40	6,44	5,21	0,84	-	300,30
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	16/2/2005	5/3/2005	30,02	7,10	5,88	6,31	1,32	-	164,45
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	17/2/2005	5/3/2005	30,51	6,70	5,89	3,44	12,32	-	27,00
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	18/2/2005	5/3/2005	30,11	6,70	5,78	12,51	7,32	-	1.781,65
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	18/2/2005	5/3/2005	29,87	6,60	6,35	10,52	6,74	-	1.653,60
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	18/2/2005	5/3/2005	30,05	6,20	6,84	8,32	11,63	-	880,10
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	17/2/2005	5/3/2005	30,22	6,50	7,01	7,88	10,51	-	899,60
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	17/2/2005	5/3/2005	30,61	6,30	6,24	6,03	8,51	-	382,20
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	17/2/2005	5/3/2005	30,08	6,60	6,10	11,41	10,33	-	1.609,40
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	17/2/2005	5/3/2005	29,84	7,20	6,88	6,55	1,03	-	495,95
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	16/2/2005	5/3/2005	30,61	7,00	6,21	6,88	9,32	-	365,30
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	2/2/2005	5/3/2005	30,70	7,00	4,34	12,14	1,41	-	486,85
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	5/3/2005	5/3/2005	30,27	7,10	5,23	6,35	8,42	-	322,40
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	4/2/2005	5/3/2005	30,02	6,70	4,07	45,87	9,95	-	1.767,35
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	15/2/2005	5/3/2005	30,17	7,10	4,65	25,32	31,12	-	1.268,80
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	4/2/2005	5/3/2005	31,40	7,40	5,02	9,14	4,89	-	620,10
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	4/2/2005	5/3/2005	31,12	7,60	5,01	7,26	3,55	-	468,65
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	2/2/2005	5/3/2005	30,43	6,30	2,43	24,33	1,18	-	602,55
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	10/2/2005	5/3/2005	30,78	7,00	7,34	4,51	0,18	-	50,70
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	10/2/2005	5/3/2005	30,52	6,30	6,03	3,91	0,35	-	53,30
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	10/2/2005	5/3/2005	30,33	6,70	6,14	3,88	0,38	-	49,40
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	10/2/2005	5/3/2005	30,61	6,50	6,12	3,55	0,62	-	50,05
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	31/1/2005	5/3/2005	30,05	6,10	2,99	15,79	6,36	-	414,05
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	3/2/2005	5/3/2005	31,29	6,10	2,92	23,51	21,89	-	728,00
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	3/2/2005	5/3/2005	30,13	6,30	3,75	21,11	13,52	-	507,00
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	3/2/2005	5/3/2005	31,11	6,60	5,67	43,70	31,53	-	1.450,80
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	3/2/2005	5/3/2005	29,12	6,90	3,40	46,64	11,80	-	1.381,90
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	3/2/2005	5/3/2005	30,02	6,60	5,50	54,21	27,42	-	2.147,60
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	3/2/2005	5/3/2005	30,14	6,80	3,00	17,65	2,47	-	854,10
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	4/2/2005	5/3/2005	32,56	5,70	4,85	16,23	26,05	-	1.218,75
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	4/2/2005	5/3/2005	30,37	6,60	3,99	32,88	4,66	-	1.134,25
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	4/2/2005	5/3/2005	30,20	6,40	3,51	32,09	2,64	-	1.424,80
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	1/2/2005	5/3/2005	32,28	7,20	4,84	13,49	1,83	-	950,95
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	4/2/2005	5/3/2005	29,77	6,20	2,49	18,60	28,40	-	1.437,80
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	4/2/2005	5/3/2005	31,27	6,20	2,87	30,63	17,32	-	419,90
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	4/2/2005	5/3/2005	30,19	6,30	5,32	22,10	10,25	-	1.373,45
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	4/2/2005	5/3/2005	30,24	6,80	2,57	41,46	9,63	-	1.248,00
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	31/1/2005	5/3/2005	29,72	6,50	1,65	66,22	69,13	-	642,85
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	31/1/2005	5/3/2005	29,14	6,90	5,84	21,19	33,20	-	1.060,80
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	31/1/2005	5/3/2005	30,15	7,70	6,32	5,46	8,29	-	566,80
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	4/2/2005	5/3/2005	30,75	6,80	5,33	11,41	0,88	-	517,40
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	2/2/2005	5/3/2005	31,00	7,30	3,87	5,29	2,28	-	612,30
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	2/2/2005	5/3/2005	31,15	7,60	4,95	4,62	5,09	-	542,10
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	31/1/2005	5/3/2005	31,10	5,90	3,99	15,84	16,35	-	673,40
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	4/2/2005	5/3/2005	30,10	6,40	2,30	32,98	50,16	-	1.037,40
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	1/2/2005	5/3/2005	29,97	6,50	4,79	6,76	3,79	-	718,25
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	1/2/2005	5/3/2005	30,52	7,20	6,05	11,98	4,24	-	692,25
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	1/2/2005	5/3/2005	30,35	5,60	3,38	20,08	2,94	-	672,75
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	31/1/2005	5/3/2005	29,77	7,70	6,52	15,78	38,10	-	479,05
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	11/2/2005	5/3/2005	29,31	6,50	4,89	32,40	10,90	-	2.982,20
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	11/2/2005	5/3/2005	29,88	5,90	4,22	8,51	5,32	-	204,75
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	2/2/2005	5/3/2005	29,32	6,30	4,06	34,40	0,40	-	1.607,45
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	1/2/2005	5/3/2005	29,83	7,30	6,14	10,76	1,61	-	849,55
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	11/2/2005	5/3/2005	30,35	6,10	5,38	15,34	45,21	-	1.196,65
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	11/2/2005	5/3/2005	30,81	6,00	5,62	8,37	21,42	-	232,05
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	31/1/2005	5/3/2005	29,88	6,40	4,93	13,28	0,77	-	428,35
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(continua)

TAB. A01-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	10/2/2005	5/3/2005	29,90	7,40	6,71	19,46	26,45	-	891,15
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	10/2/2005	5/3/2005	29,84	6,50	4,31	6,78	43,84	-	527,80
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	10/2/2005	5/3/2005	30,14	7,00	4,45	7,13	8,55	-	583,05
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	4/2/2005	5/3/2005	30,94	7,00	5,06	7,04	0,24	-	339,95
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	4/2/2005	5/3/2005	30,60	6,90	4,69	4,97	0,42	-	209,30
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	11/2/2005	5/3/2005	29,86	6,10	4,75	3,48	2,57	-	154,70
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	11/2/2005	5/3/2005	30,15	5,50	3,28	7,34	29,68	-	239,20
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	11/2/2005	5/3/2005	30,04	6,70	6,66	15,20	9,62	-	2.626,00
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	11/2/2005	5/3/2005	30,11	5,90	4,28	9,61	13,44	-	414,05
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	11/2/2005	5/3/2005	30,25	6,60	4,11	11,89	12,47	-	786,50
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	2/2/2005	5/3/2005	30,95	7,20	5,90	8,90	2,57	-	654,55
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	2/2/2005	5/3/2005	31,26	7,40	5,75	6,31	0,53	-	356,85
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/3/2005	5/3/2005	30,64	7,60	6,91	11,24	12,42	-	1.882,40
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	2/3/2005	5/3/2005	32,97	6,90	7,33	21,44	8,60	-	3.365,70
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/3/2005	5/3/2005	29,91	7,10	6,35	22,10	28,37	-	1.532,05
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	2/3/2005	5/3/2005	30,12	8,00	6,85	65,32	8,23	-	1.095,25
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/3/2005	5/3/2005	32,12	7,90	6,70	30,75	57,61	-	4.941,95
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/3/2005	5/3/2005	31,18	7,00	5,97	18,22	22,13	-	3.826,55
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	2/3/2005	5/3/2005	32,02	7,40	5,31	18,79	9,34	-	2.158,65
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/3/2005	5/3/2005	31,07	6,90	5,73	11,35	7,82	-	1.580,15
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/3/2005	5/3/2005	31,73	6,90	6,30	34,29	35,23	-	2.673,45
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/3/2005	5/3/2005	30,87	6,80	5,32	15,27	32,61	-	1.646,45
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/3/2005	5/3/2005	32,27	6,80	5,69	42,14	14,06	-	3.947,45
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/3/2005	5/3/2005	31,07	6,10	5,78	10,43	29,89	-	1.675,70
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/3/2005	5/3/2005	31,14	7,10	5,97	10,98	23,55	-	1.450,15
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	2/3/2005	5/3/2005	30,81	7,10	5,85	12,35	22,48	-	1.906,45
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/3/2005	5/3/2005	31,08	7,10	7,14	19,52	34,64	-	4.797,65
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	2/3/2005	5/3/2005	30,71	7,10	5,21	57,63	38,02	-	4.245,15
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/3/2005	5/3/2005	30,15	7,30	5,93	26,05	31,32	-	5.241,60
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	2/3/2005	5/3/2005	31,89	7,20	6,63	21,24	15,97	-	2.317,25
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/3/2005	5/3/2005	30,87	7,20	6,88	12,77	11,58	-	1.403,35
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/3/2005	5/3/2005	31,36	7,20	6,20	11,17	19,97	-	4.855,50
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	16/2/2005	5/3/2005	31,22	7,50	5,36	7,60	9,40	-	789,75
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	26/1/2005	5/3/2005	31,25	5,80	6,65	10,38	11,83	-	466,70
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	27/1/2005	5/3/2005	31,67	6,00	5,38	10,89	0,82	-	657,15
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	26/1/2005	5/3/2005	32,69	5,60	6,12	8,04	1,71	-	332,80
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	25/1/2005	5/3/2005	32,06	5,70	5,32	4,54	3,52	-	334,75
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	26/1/2005	5/3/2005	30,16	6,60	6,77	42,21	4,27	-	1.034,80
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	26/1/2005	5/3/2005	29,82	6,40	6,35	25,40	2,39	-	748,80
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	26/1/2005	5/3/2005	30,23	6,30	6,37	19,16	6,02	-	807,30
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	16/2/2005	5/3/2005	30,37	6,10	6,04	8,64	28,75	-	388,70
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	25/1/2005	5/3/2005	30,32	6,50	6,02	7,23	2,74	-	273,65
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	25/1/2005	5/3/2005	30,23	5,90	6,06	8,19	4,72	-	379,60
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	25/1/2005	5/3/2005	30,01	5,20	7,08	11,58	3,90	-	371,15
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	26/1/2005	5/3/2005	30,34	5,40	5,86	16,12	2,25	-	745,55
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	26/1/2005	5/3/2005	30,97	6,50	6,55	8,60	4,90	-	765,05
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	27/1/2005	5/3/2005	31,17	5,30	6,43	27,02	0,92	-	1.701,05
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	26/1/2005	5/3/2005	31,72	5,30	6,43	27,02	4,24	-	183,30
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	26/1/2005	5/3/2005	31,71	6,10	6,84	9,78	2,81	-	836,55
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	28/1/2005	5/3/2005	30,43	5,80	5,87	7,81	0,75	-	386,75
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	28/1/2005	5/3/2005	30,41	6,80	7,04	24,75	0,78	-	881,40
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	28/1/2005	5/3/2005	30,85	6,90	7,24	10,12	0,68	-	1.177,80
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	28/1/2005	5/3/2005	30,56	6,90	7,26	22,81	0,77	-	895,70
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	28/1/2005	5/3/2005	30,47	6,80	7,55	9,13	0,56	-	839,80
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	25/1/2005	5/3/2005	30,21	7,00	6,25	8,95	3,62	-	315,25
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	27/1/2005	5/3/2005	30,02	7,00	7,09	12,56	8,93	-	590,85
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	27/1/2005	5/3/2005	30,89	5,40	5,40	39,68	56,32	-	1.030,25
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	27/1/2005	5/3/2005	30,70	6,30	5,38	44,91	0,32	-	1.421,55
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	27/1/2005	5/3/2005	30,14	5,90	5,98	14,22	3,42	-	938,60
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	16/2/2005	5/3/2005	30,72	6,20	6,98	8,25	5,24	-	219,70
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	16/2/2005	5/3/2005	30,54	6,90	7,46	6,23	4,35	-	166,40
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	27/1/2005	5/3/2005	29,86	7,40	6,61	3,89	2,63	-	325,65
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	3/3/2005	5/3/2005	32,10	7,30	6,32	4,15	6,31	-	944,45
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	19/2/2005	5/3/2005	30,35	6,60	7,03	15,28	18,37	-	3.329,95
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	19/2/2005	5/3/2005	30,02	6,30	6,38	8,74	4,21	-	1.008,80
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	18/2/2005	5/3/2005	-	-	-	-	-	-	-
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	19/2/2005	5/3/2005	30,12	7,20	7,35	9,65	52,31	-	1.030,90
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	19/2/2005	5/3/2005	29,75	6,90	6,62	10,35	6,32	-	836,55
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	18/2/2005	5/3/2005	30,10	6,30	6,98	4,86	11,03	-	235,30
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	18/2/2005	5/3/2005	30,32	6,60	7,21	4,01	38,24	-	367,90
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	18/2/2005	5/3/2005	30,21	7,20	6,32	5,58	11,24	-	215,80

(continua)

TAB. A01-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	18/2/2005	5/3/2005	30,25	7,10	7,02	9,88	12,30	-	252,20
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	18/2/2005	5/3/2005	30,40	6,50	7,12	6,32	7,88	-	293,15
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	18/2/2005	5/3/2005	29,84	6,60	6,89	4,55	18,24	-	184,60
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	18/2/2005	5/3/2005	30,20	5,70	6,74	4,47	18,67	-	228,15
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	18/2/2005	5/3/2005	30,41	6,80	6,53	5,32	8,47	-	373,75
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	18/2/2005	5/3/2005	30,21	7,10	7,04	7,30	6,84	-	535,60
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	19/2/2005	5/3/2005	30,04	7,60	6,98	6,84	2,56	-	553,15
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	3/3/2005	5/3/2005	31,12	7,60	5,24	24,31	32,51	-	718,90
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	3/3/2005	5/3/2005	30,98	7,10	5,54	7,54	15,94	-	655,20
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	3/3/2005	5/3/2005	32,40	7,20	6,35	3,10	6,90	-	982,80
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	3/3/2005	5/3/2005	31,31	7,00	3,55	14,49	17,66	-	4.492,15
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	3/3/2005	5/3/2005	31,18	6,80	5,32	22,45	29,31	-	3.790,80
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	1/3/2005	5/3/2005	30,75	7,00	5,25	20,93	12,89	-	2.768,35
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	31,07	7,40	5,18	12,33	32,12	-	1.604,20
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	1/3/2005	5/3/2005	30,47	7,10	4,70	10,53	7,19	-	2.001,35
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	1/3/2005	5/3/2005	30,98	7,50	7,82	4,40	3,60	-	237,90
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	1/3/2005	5/3/2005	30,17	7,50	7,91	11,74	5,11	-	247,65
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	1/3/2005	5/3/2005	30,33	7,20	7,76	19,45	21,88	-	420,55
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	1/3/2005	5/3/2005	30,79	6,80	7,68	13,76	67,47	-	861,90
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	1/3/2005	5/3/2005	30,09	6,70	5,15	8,25	49,14	-	661,05
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	31,52	6,70	5,35	11,25	53,64	-	820,95
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	30,04	7,80	6,86	5,27	2,07	-	118,95
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	1/3/2005	5/3/2005	29,78	7,10	6,19	3,88	4,70	-	178,10
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	28/2/2005	5/3/2005	29,84	6,90	5,84	7,62	2,31	-	267,80
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	28/2/2005	5/3/2005	30,11	6,70	5,95	8,87	12,45	-	621,40
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	28/2/2005	5/3/2005	31,01	7,70	5,99	3,70	4,01	-	734,50
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	30,59	7,40	6,76	37,06	69,01	-	2.376,40
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	30,62	7,20	3,16	12,04	87,28	-	2.573,35
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	28/2/2005	5/3/2005	31,03	6,90	4,98	9,53	22,18	-	3.751,80
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	28/2/2005	5/3/2005	30,39	7,10	6,31	32,42	23,84	-	2.249,65
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	28/2/2005	5/3/2005	30,17	7,00	5,30	11,92	66,42	-	2.655,90
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	28/2/2005	5/3/2005	30,85	7,00	5,33	15,43	38,62	-	2.386,15
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	28/2/2005	5/3/2005	29,81	7,20	5,47	15,38	5,40	-	1.702,35
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	1/3/2005	5/3/2005	31,96	8,70	6,53	3,62	6,42	-	183,95
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	1/3/2005	5/3/2005	30,72	7,30	6,28	7,08	9,77	-	231,40
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	30,70	7,20	7,67	8,34	12,80	-	281,45
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	1/3/2005	5/3/2005	30,82	7,40	6,94	9,16	0,98	-	334,75
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	1/3/2005	5/3/2005	30,52	7,60	5,68	24,35	12,51	-	228,80
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	3/3/2005	5/3/2005	30,60	7,30	7,20	6,10	8,35	-	639,60
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	14/2/2005	5/3/2005	30,13	5,60	4,87	20,31	1,58	-	55,25
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	14/2/2005	5/3/2005	30,19	6,10	6,15	8,37	15,24	-	178,10
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	14/2/2005	5/3/2005	30,01	6,60	4,22	3,02	0,94	-	105,30
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	14/2/2005	5/3/2005	29,98	6,70	4,21	3,12	0,85	-	94,25
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	14/2/2005	5/3/2005	30,05	5,90	6,12	18,57	9,46	-	146,25
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	14/2/2005	5/3/2005	30,47	6,50	5,64	13,54	22,43	-	527,80
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	14/2/2005	5/3/2005	30,20	6,20	4,30	7,60	12,20	-	1.387,10
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	14/2/2005	5/3/2005	30,54	6,80	4,69	10,32	42,17	-	599,95
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	15/2/2005	5/3/2005	30,18	6,40	4,42	8,35	12,57	-	469,30
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	15/2/2005	5/3/2005	30,51	6,40	4,87	12,58	16,37	-	2.485,60

(final)

TAB. A01-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	20/4/2005	26/4/2005	30,12	7,20	3,57	6,84	1,05	-	386,10
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	20/4/2005	26/4/2005	30,11	6,90	3,32	9,26	3,64	-	859,30
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	20/4/2005	26/4/2005	30,15	6,70	4,52	6,78	8,95	-	910,65
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	20/4/2005	26/4/2005	31,36	7,50	4,06	2,61	0,66	-	263,25
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	20/4/2005	26/4/2005	30,56	7,20	4,25	1,12	0,22	-	480,10
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	20/4/2005	26/4/2005	30,68	6,90	3,69	1,87	6,31	-	229,35
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	20/4/2005	26/4/2005	31,02	7,40	4,03	3,36	1,42	-	414,70
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	20/4/2005	26/4/2005	31,16	7,30	3,87	6,78	4,21	-	374,40
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	20/4/2005	26/4/2005	30,63	7,60	3,36	3,64	0,98	-	447,20
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	20/4/2005	26/4/2005	30,33	6,40	4,05	2,84	0,98	-	302,25
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	20/4/2005	26/4/2005	30,14	7,00	5,78	6,54	1,05	-	173,55
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	20/4/2005	26/4/2005	31,34	6,20	3,14	2,93	0,41	-	1.085,50
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	20/4/2005	26/4/2005	30,11	6,60	3,58	2,98	8,48	-	269,75
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	20/4/2005	26/4/2005	30,04	6,50	4,28	9,67	6,54	-	1.744,60
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1.840,70
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	20/4/2005	26/4/2005	29,99	6,50	3,62	7,04	3,61	-	1.596,40
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	20/4/2005	26/4/2005	30,51	6,30	4,08	8,64	10,58	-	867,10
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	20/4/2005	26/4/2005	30,41	6,50	4,22	8,06	6,34	-	848,90
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	20/4/2005	26/4/2005	30,04	6,30	3,54	7,28	7,51	-	361,40
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	20/4/2005	26/4/2005	30,68	6,60	3,87	9,78	8,46	-	1.474,20
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	20/4/2005	26/4/2005	30,01	7,20	3,99	7,08	0,84	-	488,80
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	20/4/2005	26/4/2005	30,15	6,90	3,65	5,56	8,58	-	377,65
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	14/4/2005	26/4/2005	32,09	7,20	4,63	2,93	0,95	-	891,80
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	14/4/2005	26/4/2005	30,32	7,10	4,69	6,33	9,62	-	258,70
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	15/4/2005	26/4/2005	28,18	6,60	3,20	12,37	3,22	-	1.838,20
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	12/4/2005	26/4/2005	30,21	7,00	4,26	18,25	28,51	-	1.192,75
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	11/4/2005	26/4/2005	31,29	7,30	5,02	2,88	1,02	-	677,95
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	11/4/2005	26/4/2005	30,59	7,50	3,58	3,58	1,24	-	501,80
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	14/4/2005	26/4/2005	30,69	6,50	3,32	18,69	3,26	-	369,20
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	14/4/2005	26/4/2005	30,01	5,90	4,85	2,57	0,84	-	46,80
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	14/4/2005	26/4/2005	29,95	6,00	4,12	2,37	0,65	-	46,15
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	14/4/2005	26/4/2005	29,99	5,90	4,12	2,65	0,96	-	44,20
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	14/4/2005	26/4/2005	29,94	5,80	5,13	2,84	0,93	-	44,85
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	11/4/2005	26/4/2005	30,12	6,10	3,21	11,98	2,35	-	427,70
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	15/4/2005	26/4/2005	31,29	5,90	2,50	12,57	10,10	-	814,45
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	15/4/2005	26/4/2005	30,30	6,10	2,52	12,15	8,06	-	547,30
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	15/4/2005	26/4/2005	30,88	7,20	2,90	32,16	20,08	-	1.611,35
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	15/4/2005	26/4/2005	29,68	6,90	3,32	36,52	8,94	-	1.392,30
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	15/4/2005	26/4/2005	29,05	6,40	3,20	32,51	9,65	-	1.621,10
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	15/4/2005	26/4/2005	29,98	6,70	3,51	7,89	3,35	-	924,30
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	15/4/2005	26/4/2005	31,52	6,20	3,24	14,67	21,69	-	1.089,40
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	14/4/2005	26/4/2005	29,92	6,40	3,45	24,48	2,23	-	1.469,65
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	14/4/2005	26/4/2005	29,89	6,40	3,51	21,24	1,28	-	1.546,35
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	11/4/2005	26/4/2005	29,96	7,30	5,57	3,88	0,62	-	921,05
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	15/4/2005	26/4/2005	30,25	6,20	4,33	18,62	21,34	-	1.270,10
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	15/4/2005	26/4/2005	31,15	6,00	2,41	22,31	7,12	-	665,60
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	15/4/2005	26/4/2005	29,34	7,00	5,65	13,26	6,98	-	410,15
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	15/4/2005	26/4/2005	29,98	6,70	2,18	36,21	8,54	-	967,20
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	11/4/2005	26/4/2005	29,45	6,20	2,52	22,50	54,98	-	1.086,15
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	11/4/2005	26/4/2005	30,06	6,70	4,58	14,23	38,74	-	685,10
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	11/4/2005	26/4/2005	30,13	6,80	3,26	11,52	10,31	-	387,40
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	12/4/2005	26/4/2005	30,91	7,00	5,26	4,09	3,10	-	539,50
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	14/4/2005	26/4/2005	30,56	7,20	3,15	6,32	1,85	-	341,25
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	14/4/2005	26/4/2005	30,92	7,50	4,12	5,62	2,89	-	302,25
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	11/4/2005	26/4/2005	29,91	6,80	2,38	8,61	2,35	-	458,25
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	11/4/2005	26/4/2005	31,02	5,90	3,65	18,51	15,32	-	545,35
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	11/4/2005	26/4/2005	29,22	6,70	3,41	24,31	32,16	-	627,25
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	12/4/2005	26/4/2005	31,24	7,20	3,52	18,62	62,31	-	3.081,65
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	15/4/2005	26/4/2005	29,14	6,60	5,19	23,74	42,07	-	1.136,85
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	15/4/2005	26/4/2005	29,03	6,40	5,18	2,99	1,03	-	549,90
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	15/4/2005	26/4/2005	30,43	7,10	5,33	8,62	1,54	-	716,95
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	16/4/2005	26/4/2005	29,56	6,50	3,88	21,14	8,96	-	2.739,75
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	12/4/2005	26/4/2005	30,06	6,00	4,15	6,58	3,22	-	210,60
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	16/4/2005	26/4/2005	29,45	6,20	3,10	12,48	1,26	-	1.211,60
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	15/4/2005	26/4/2005	30,14	7,10	3,22	8,56	1,88	-	796,25
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	12/4/2005	26/4/2005	29,84	6,30	3,87	13,72	21,78	-	1.017,90
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	12/4/2005	26/4/2005	30,53	6,10	4,85	7,96	20,16	-	239,20
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	16/4/2005	26/4/2005	29,78	6,50	4,42	9,31	18,57	-	267,15

(continua)

TAB. A01-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	16/4/2005	26/4/2005	30,08	7,70	5,32	13,52	9,10	-	896,35
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	14/4/2005	26/4/2005	29,74	6,60	4,42	8,25	31,62	-	536,25
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	12/4/2005	26/4/2005	30,05	7,00	4,22	7,11	9,62	-	592,80
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	12/4/2005	26/4/2005	30,26	7,00	4,41	3,68	1,04	-	371,80
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	12/4/2005	26/4/2005	30,41	6,70	4,05	3,53	3,07	-	276,25
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	12/4/2005	26/4/2005	29,92	5,60	4,20	3,68	1,55	-	147,55
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	16/4/2005	26/4/2005	29,39	6,50	5,67	3,53	14,72	-	228,15
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	12/4/2005	26/4/2005	29,52	6,50	5,32	8,93	8,17	-	2.921,10
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	12/4/2005	26/4/2005	29,85	6,90	5,61	3,92	10,33	-	497,25
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	12/4/2005	26/4/2005	29,95	6,30	5,63	8,27	10,07	-	844,35
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	14/4/2005	26/4/2005	31,85	7,20	5,95	6,87	2,05	-	709,15
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	14/4/2005	26/4/2005	31,15	6,80	5,33	4,86	0,56	-	465,40
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	23/4/2005	26/4/2005	30,52	7,60	4,62	10,54	8,69	-	1.827,15
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	23/4/2005	26/4/2005	30,68	6,90	5,03	18,94	7,73	-	3.294,85
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	23/4/2005	26/4/2005	30,05	7,10	5,62	19,64	26,38	-	1.533,35
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	23/4/2005	26/4/2005	30,16	8,00	4,26	59,86	7,84	-	1.078,35
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	23/4/2005	26/4/2005	30,52	7,90	5,38	28,97	52,63	-	4.915,30
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	23/4/2005	26/4/2005	30,72	6,90	2,96	4,52	0,89	-	3.855,15
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	23/4/2005	26/4/2005	31,06	7,50	3,62	16,85	4,78	-	2.027,35
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	23/4/2005	26/4/2005	31,54	6,90	3,87	9,78	8,04	-	1.519,70
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	23/4/2005	26/4/2005	31,68	6,90	5,11	32,63	37,41	-	2.649,40
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	23/4/2005	26/4/2005	31,06	6,80	3,87	11,23	28,34	-	1.604,20
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	23/4/2005	26/4/2005	31,61	6,80	3,98	38,79	11,43	-	3.876,60
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	23/4/2005	26/4/2005	30,54	6,10	4,88	8,62	25,31	-	1.502,80
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	23/4/2005	26/4/2005	30,68	7,20	3,28	9,67	21,58	-	1.324,05
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	23/4/2005	26/4/2005	30,63	7,10	3,77	13,41	18,55	-	1.667,90
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	23/4/2005	26/4/2005	30,84	7,10	5,22	26,94	28,75	-	4.602,00
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	23/4/2005	26/4/2005	30,14	7,10	3,54	49,38	36,27	-	4.052,75
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	23/4/2005	26/4/2005	30,56	7,30	4,68	25,13	29,11	-	5.198,70
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	23/4/2005	26/4/2005	30,62	7,20	3,85	19,64	7,88	-	2.201,55
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	23/4/2005	26/4/2005	30,12	7,20	5,48	8,67	9,53	-	1.324,70
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	23/4/2005	26/4/2005	30,67	7,10	3,80	7,56	20,04	-	4.622,15
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	19/4/2005	26/4/2005	31,45	7,20	3,97	3,80	0,58	-	273,65
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	19/4/2005	26/4/2005	31,17	6,80	2,54	3,47	0,77	-	412,75
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	20/4/2005	26/4/2005	32,35	6,00	4,32	6,25	0,77	-	300,95
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	20/4/2005	26/4/2005	32,27	7,60	3,85	2,17	0,25	-	197,60
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	19/4/2005	26/4/2005	30,21	6,30	3,62	21,14	3,22	-	861,25
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	19/4/2005	26/4/2005	29,95	6,20	3,84	16,54	0,68	-	618,80
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	19/4/2005	26/4/2005	30,88	6,30	4,31	9,35	5,41	-	640,90
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	20/4/2005	26/4/2005	30,15	6,10	4,17	7,75	16,25	-	339,95
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	7/4/2005	26/4/2005	30,31	5,50	5,32	23,21	1,25	-	204,75
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	7/4/2005	26/4/2005	30,18	6,20	6,02	4,35	0,89	-	182,00
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	7/4/2005	26/4/2005	30,13	5,70	6,06	5,25	1,89	-	222,95
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	7/4/2005	26/4/2005	29,87	8,00	2,74	1,84	0,11	-	209,95
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	8/4/2005	26/4/2005	29,67	5,10	3,11	13,60	0,17	-	415,35
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	8/4/2005	26/4/2005	30,97	6,50	3,55	7,89	3,32	-	390,65
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	8/4/2005	26/4/2005	31,05	5,10	4,32	16,32	1,02	-	1.723,80
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	8/4/2005	26/4/2005	31,61	5,20	3,46	18,25	3,32	-	150,80
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	8/4/2005	26/4/2005	30,34	6,00	3,47	2,85	2,31	-	447,85
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	13/4/2005	26/4/2005	30,51	5,60	3,77	2,82	1,32	-	221,00
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	13/4/2005	26/4/2005	30,34	6,30	3,32	13,20	1,21	-	482,30
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	13/4/2005	26/4/2005	31,61	6,70	4,17	8,61	1,05	-	618,80
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	13/4/2005	26/4/2005	30,40	6,50	2,82	3,26	0,31	-	497,25
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	13/4/2005	26/4/2005	30,50	6,50	2,96	3,30	1,22	-	432,25
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	7/4/2005	26/4/2005	30,05	7,00	5,21	6,32	2,86	-	295,75
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	19/4/2005	26/4/2005	29,95	6,70	4,56	4,38	0,22	-	350,35
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	7/4/2005	26/4/2005	31,11	5,40	2,62	22,90	26,31	-	654,55
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	13/4/2005	26/4/2005	30,90	7,00	2,84	13,72	0,12	-	772,85
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	8/4/2005	26/4/2005	30,30	6,20	3,55	8,42	2,22	-	508,30
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	8/4/2005	26/4/2005	29,15	6,30	3,56	3,26	2,31	-	467,35
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	20/4/2005	26/4/2005	31,02	6,80	3,28	4,98	2,77	-	171,60
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	8/4/2005	26/4/2005	29,52	6,50	2,45	2,80	0,94	-	201,50
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	25/4/2005	26/4/2005	29,86	6,40	3,08	3,19	0,88	-	3.775,20
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	25/4/2005	26/4/2005	30,21	6,40	3,54	6,98	2,51	-	999,05
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	25/4/2005	26/4/2005	30,62	6,10	3,17	2,81	0,97	-	161,85
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	25/4/2005	26/4/2005	29,98	7,20	4,06	8,65	38,54	-	1.012,05
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	25/4/2005	26/4/2005	30,04	6,90	3,74	9,87	7,48	-	847,60
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	25/4/2005	26/4/2005	30,07	6,30	5,49	5,41	9,21	-	230,75
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	25/4/2005	26/4/2005	30,54	6,60	7,22	5,04	29,64	-	360,10
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	25/4/2005	26/4/2005	30,43	7,20	6,59	3,49	7,84	-	211,90

(continua)

TAB. A01-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	25/4/2005	26/4/2005	30,55	7,10	5,54	8,56	9,47	-	239,85
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	25/4/2005	26/4/2005	30,17	6,50	3,97	5,84	8,94	-	300,30
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	25/4/2005	26/4/2005	30,06	6,60	4,58	3,98	16,75	-	191,10
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	25/4/2005	26/4/2005	30,11	5,90	5,48	2,44	17,87	-	236,60
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	25/4/2005	26/4/2005	30,16	6,70	3,65	5,84	7,88	-	356,20
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	25/4/2005	26/4/2005	30,14	7,00	3,68	8,59	9,55	-	527,15
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	25/4/2005	26/4/2005	30,47	7,60	3,84	7,02	1,33	-	560,30
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	25/4/2005	26/4/2005	30,22	7,10	3,56	6,84	34,78	-	446,55
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	26/4/2005	26/4/2005	30,49	7,60	3,27	22,69	28,97	-	657,15
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	26/4/2005	26/4/2005	30,12	7,20	4,55	6,37	11,84	-	641,55
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	26/4/2005	26/4/2005	31,14	6,90	2,48	3,64	0,94	-	1.253,85
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	26/4/2005	26/4/2005	31,04	7,10	3,84	11,68	18,04	-	4.376,45
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	26/4/2005	26/4/2005	31,06	6,90	4,57	20,16	30,02	-	3.773,90
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	22/4/2005	26/4/2005	30,15	7,00	3,52	11,35	8,64	-	2.676,05
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,85	7,40	4,26	8,69	28,54	-	1.567,15
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	22/4/2005	26/4/2005	30,14	7,10	4,25	9,85	3,16	-	1.946,10
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	22/4/2005	26/4/2005	30,54	7,40	4,68	2,11	1,68	-	21,00
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	22/4/2005	26/4/2005	30,06	7,50	3,69	10,32	3,64	-	233,35
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	22/4/2005	26/4/2005	30,24	7,20	3,86	16,84	19,46	-	410,80
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	22/4/2005	26/4/2005	30,49	6,90	4,88	9,89	56,37	-	863,20
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	22/4/2005	26/4/2005	30,16	6,70	3,22	9,68	46,37	-	653,25
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,46	6,70	4,39	10,31	48,69	-	735,80
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,24	7,70	3,95	16,54	3,97	-	202,15
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,26	7,80	4,69	3,87	1,16	-	122,20
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	22/4/2005	26/4/2005	30,06	7,10	3,98	4,69	2,74	-	172,25
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,36	7,60	3,76	2,99	0,24	-	300,30
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	22/4/2005	26/4/2005	30,04	6,80	4,98	9,05	10,84	-	583,70
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	22/4/2005	26/4/2005	30,63	7,70	4,23	4,87	2,54	-	668,20
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,19	7,50	3,85	28,74	57,36	-	2.321,15
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,56	7,20	3,28	11,34	68,95	-	2.477,15
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,85	6,80	3,57	4,81	19,67	-	3.566,55
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,42	7,70	4,86	28,67	11,94	-	2.397,20
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,18	7,10	4,87	28,95	19,76	-	2.186,60
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	22/4/2005	26/4/2005	30,16	7,10	3,89	10,43	57,63	-	25,91
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,72	7,00	3,68	14,27	32,64	-	2.337,40
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	22/4/2005	26/4/2005	30,04	7,20	3,64	16,88	3,29	-	1.694,55
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	22/4/2005	26/4/2005	30,84	8,80	4,33	3,11	7,84	-	178,10
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	22/4/2005	26/4/2005	30,42	7,30	4,84	6,58	8,72	-	221,65
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,51	7,20	4,27	9,04	10,27	-	267,80
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	22/4/2005	26/4/2005	30,17	8,10	3,67	11,33	2,68	-	173,55
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	22/4/2005	26/4/2005	30,73	7,40	3,95	4,38	0,87	-	323,70
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	22/4/2005	26/4/2005	30,26	7,60	3,84	18,57	9,62	-	226,85
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	18/4/2005	26/4/2005	30,02	5,60	4,03	11,32	0,89	-	50,70
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	18/4/2005	26/4/2005	30,52	6,10	3,46	6,98	9,84	-	176,15
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	18/4/2005	26/4/2005	30,26	6,60	3,68	1,99	0,96	-	87,75
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	18/4/2005	26/4/2005	30,01	6,70	4,02	1,51	0,65	-	85,80
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	18/4/2005	26/4/2005	30,04	6,00	3,67	11,84	7,76	-	139,10
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	18/4/2005	26/4/2005	30,54	6,50	4,87	6,48	16,59	-	51,00
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	18/4/2005	26/4/2005	31,06	5,70	3,84	12,64	0,99	-	45,50
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	18/4/2005	26/4/2005	30,06	5,30	4,04	22,67	32,84	-	536,90
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	18/4/2005	26/4/2005	30,62	6,80	3,96	8,74	34,48	-	581,75
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	18/4/2005	26/4/2005	30,21	6,30	3,35	6,28	8,61	-	475,80
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	18/4/2005	26/4/2005	30,22	6,40	3,31	8,65	11,42	-	2.356,25

(final)

TAB. A01-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo da RMF

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
A0008	Aquiraz	MA4-AQU	40,00	31/5/2005	9/6/2005	30,23	7,20	3,65	6,59	2,34	-	363,35
A0062	Aquiraz	MA2-AQU	40,00	31/5/2005	9/6/2005	30,05	6,90	3,11	8,78	4,65	-	858,65
A0068	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	31/5/2005	9/6/2005	30,01	6,60	4,21	6,54	9,21	-	842,40
A0070	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	31/5/2005	9/6/2005	30,95	7,50	3,02	2,31	1,35	-	267,80
A0088	Aquiraz	MA3-AQU	40,00	31/5/2005	9/6/2005	30,54	7,20	3,24	2,31	1,25	-	460,80
A0090	Aquiraz	MA3-AQU	47,00	31/5/2005	9/6/2005	30,66	6,90	3,02	2,04	6,98	-	209,20
A0133	Aquiraz	MA4-AQU	65,00	31/5/2005	9/6/2005	30,12	7,50	4,11	3,05	6,56	-	408,85
A0134	Aquiraz	MA4-AQU	44,00	31/5/2005	9/6/2005	30,66	7,30	3,56	6,85	5,32	-	342,55
A0145	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	31/5/2005	9/6/2005	30,52	7,60	3,21	3,51	2,35	-	438,10
A0146	Aquiraz	MA4-AQU	50,00	31/5/2005	9/6/2005	30,41	6,20	3,68	2,54	6,31	-	269,75
A0171	Aquiraz	MA4-AQU	60,00	31/5/2005	9/6/2005	30,14	7,00	4,23	6,25	2,36	-	170,95
A0247	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	31/5/2005	9/6/2005	30,96	6,20	3,02	2,54	2,62	-	977,60
A0309	Aquiraz	MA2-AQU	60,00	31/5/2005	9/6/2005	30,51	6,60	3,65	2,54	9,25	-	273,65
A0315	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	31/5/2005	9/6/2005	30,06	6,40	3,25	8,52	6,32	-	1.484,60
A0402	Aquiraz	MA3-AQU	63,00	-	-	-	-	-	-	-	-	1.704,20
AQU/CE/052	Aquiraz	MA1-AQU	60,00	31/5/2005	9/6/2005	30,05	6,50	3,62	4,25	4,21	-	1.539,85
AQU/CE/059	Aquiraz	MA1-AQU	53,00	31/5/2005	9/6/2005	30,66	6,30	2,05	6,98	11,25	-	755,95
AQU/CE/094	Aquiraz	MA2-AQU	42,00	31/5/2005	9/6/2005	30,21	6,50	2,77	8,52	7,51	-	826,15
AQU/CE/100	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	31/5/2005	9/6/2005	30,22	6,30	3,11	4,56	5,62	-	339,95
AQU/CE/105	Aquiraz	MA2-AQU	50,00	31/5/2005	9/6/2005	30,15	6,50	3,25	9,54	6,32	-	1.276,60
AQU/CE/170	Aquiraz	MA4-AQU	70,00	31/5/2005	9/6/2005	30,63	7,10	3,65	7,46	1,23	-	447,85
AQU/CE/204	Aquiraz	MA3-AQU	60,00	31/5/2005	9/6/2005	30,21	6,80	3,22	5,86	8,54	-	368,55
CA0001	Caucaia	MA4-CAUC	30,00	23/5/2005	9/6/2005	30,98	7,20	4,65	2,65	1,65	-	820,95
CA0164	Caucaia	MA5-CAUC	7,00	25/5/2005	9/6/2005	30,64	7,00	4,25	5,23	8,65	-	250,90
CA0213	Caucaia	MA1-CAUC	34,00	23/5/2005	9/6/2005	29,84	6,60	2,31	14,23	3,20	-	1.777,75
CA0236	Caucaia	MA2-CAUC	60,00	23/5/2005	9/6/2005	30,24	7,10	4,21	19,25	27,56	-	1.145,30
CA0241	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	19/5/2005	9/6/2005	30,66	7,30	4,32	3,21	1,22	-	716,95
CA0330	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	19/5/2005	9/6/2005	30,47	7,30	2,63	2,65	1,02	-	462,80
CA0400	Caucaia	MA4-CAUC	8,00	25/5/2005	9/6/2005	30,22	6,50	3,21	17,25	5,64	-	360,10
CA0417	Caucaia	MA5-CAUC	19,00	24/5/2005	9/6/2005	30,87	5,90	3,65	2,14	3,02	-	52,65
CA0418	Caucaia	MA5-CAUC	19,44	24/5/2005	9/6/2005	29,84	6,00	3,65	2,63	2,01	-	47,45
CA0419	Caucaia	MA5-CAUC	19,47	24/5/2005	9/6/2005	30,85	5,90	3,69	3,21	3,26	-	46,15
CA0421	Caucaia	MA5-CAUC	19,57	24/5/2005	9/6/2005	30,04	6,00	5,21	2,63	2,51	-	48,10
CA0508	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	19/5/2005	9/6/2005	30,00	6,10	4,02	12,30	2,15	-	425,75
CA0525	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	25/5/2005	9/6/2005	30,14	6,00	2,36	11,24	11,02	-	740,35
CA0527	Caucaia	MA1-CAUC	36,00	25/5/2005	9/6/2005	30,57	6,10	2,14	10,25	8,54	-	495,30
CA0533	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	25/5/2005	9/6/2005	30,46	7,20	2,04	34,23	21,63	-	1.484,60
CA0534	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	25/5/2005	9/6/2005	30,08	6,90	2,96	32,11	8,46	-	1.323,40
CA0536	Caucaia	MA1-CAUC	20,00	25/5/2005	9/6/2005	29,84	6,40	3,21	30,21	9,62	-	1.534,65
CA0541	Caucaia	MA1-CAUC	35,00	25/5/2005	9/6/2005	29,46	6,80	2,65	6,83	5,23	-	923,65
CA0548	Caucaia	MA1-CAUC	28,00	27/5/2005	9/6/2005	30,65	6,20	3,56	15,26	23,62	-	1.019,85
CA0556	Caucaia	MA1-CAUC	32,00	24/5/2005	9/6/2005	30,06	6,40	3,66	23,01	3,21	-	1.456,65
CA0557	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	24/5/2005	9/6/2005	30,07	6,40	3,42	21,03	2,56	-	1.556,75
CA0560	Caucaia	MA1-CAUC	33,00	19/5/2005	9/6/2005	30,07	7,30	4,65	3,24	1,35	-	861,90
CA0582	Caucaia	MA1-CAUC	37,00	27/5/2005	9/6/2005	29,86	6,20	4,21	17,51	22,30	-	1.210,95
CA0584	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	27/5/2005	9/6/2005	30,76	6,00	2,32	24,02	7,56	-	640,90
CA0596	Caucaia	MA1-CAUC	30,00	25/5/2005	9/6/2005	29,88	6,90	4,36	12,22	5,24	-	407,55
CA0622	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	25/5/2005	9/6/2005	30,04	6,70	2,65	35,62	5,69	-	799,50
CA0683	Caucaia	MA3-CAUC	28,00	19/5/2005	9/6/2005	30,09	6,10	2,16	21,30	53,26	-	934,70
CA0706	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	19/5/2005	9/6/2005	30,11	6,20	3,59	12,03	37,45	-	647,40
CA0751	Caucaia	MA3-CAUC	25,00	19/5/2005	9/6/2005	30,04	6,90	3,12	10,22	12,02	-	365,30
CA0823	Caucaia	MA1-CAUC	60,00	21/5/2005	9/6/2005	30,71	6,90	4,32	3,56	3,21	-	534,30
CA1012	Caucaia	MA4-CAUC	10,00	25/5/2005	9/6/2005	31,59	7,40	3,20	7,45	2,63	-	345,80
CA1014	Caucaia	MA4-CAUC	7,00	25/5/2005	9/6/2005	31,44	7,50	3,98	4,56	3,26	-	300,30
CA1032	Caucaia	MA3-CAUC	60,00	20/5/2005	9/6/2005	29,84	6,70	2,36	8,22	2,65	-	462,15
CAC/CE/017	Caucaia	MA1-CAUC	41,00	20/5/2005	9/6/2005	30,69	6,00	3,41	17,65	16,23	-	547,30
CAC/CE/021	Caucaia	MA3-CAUC	44,00	20/5/2005	9/6/2005	31,25	6,70	3,22	25,10	33,62	-	594,10
CAC/CE/051	Caucaia	MA3-CAUC	40,00	20/5/2005	9/6/2005	30,26	7,10	3,26	17,52	65,35	-	2.753,40
CAC/CE/080	Caucaia	MA2-CAUC	68,00	27/5/2005	9/6/2005	30,65	6,60	4,56	22,31	42,01	-	1.064,70
CAC/CE/083	Caucaia	MA1-CAUC	26,00	27/5/2005	9/6/2005	29,54	6,40	4,20	3,26	2,36	-	536,90
CAC/CE/150	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	27/5/2005	9/6/2005	30,54	7,10	4,36	8,15	3,24	-	674,05
CAC/CE/223	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	27/5/2005	9/6/2005	30,59	5,60	2,63	19,24	6,32	-	646,10
CAC/CE/228	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAC/CE/232	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	27/5/2005	9/6/2005	29,84	6,40	3,54	20,14	7,51	-	2.578,55
CAC/CE/234	Caucaia	MA5-CAUC	55,00	20/5/2005	9/6/2005	30,24	6,00	3,63	6,51	5,64	-	213,85
CAC/CE/269	Caucaia	MA1-CAUC	100,00	27/5/2005	9/6/2005	30,51	6,20	1,32	11,12	3,26	-	1.153,10
CAC/CE/309	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	27/5/2005	9/6/2005	30,15	7,20	2,34	6,89	2,63	-	737,10
CAC/CE/326	Caucaia	MA5-CAUC	26,00	21/5/2005	9/6/2005	30,29	6,20	3,62	14,23	23,51	-	886,60
CAC/CE/381	Caucaia	MA5-CAUC	50,00	21/5/2005	9/6/2005	31,58	6,20	3,51	6,32	19,62	-	235,30
CAC/CE/407	Caucaia	MA3-CAUC	46,00	20/5/2005	9/6/2005	30,56	6,40	4,02	12,32	1,54	-	421,20
CAC/CE/417	Caucaia	MA1-CAUC	27,00	28/5/2005	9/6/2005	30,05	6,60	4,26	10,21	19,63	-	261,95

(continua)

TAB. A01-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
CAC/CE/421	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	28/5/2005	9/6/2005	30,29	7,80	5,32	10,32	10,32	-	895,05
CAC/CE/425	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	25/5/2005	9/6/2005	30,95	6,20	4,26	6,23	32,62	-	538,85
CAC/CE/434	Caucaia	MA1-CAUC	70,00	21/5/2005	9/6/2005	31,24	7,00	4,03	5,98	10,24	-	563,55
CAC/CE/441	Caucaia	MA1-CAUC	50,00	23/5/2005	9/6/2005	30,54	6,90	3,86	5,42	2,36	-	341,90
CAC/CE/442	Caucaia	MA1-CAUC	45,00	23/5/2005	9/6/2005	30,18	6,70	3,69	2,65	6,21	-	265,85
CAC/CE/486	Caucaia	MA5-CAUC	60,00	23/5/2005	9/6/2005	29,74	5,70	3,48	3,65	3,54	-	152,75
CAC/CE/496	Caucaia	MA5-CAUC	40,00	28/5/2005	9/6/2005	29,54	6,50	4,69	3,21	15,23	-	223,60
CAC/CE/499	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	23/5/2005	9/6/2005	30,05	6,50	4,58	7,54	8,75	-	2.702,05
CAC/CE/502	Caucaia	MA5-CAUC	30,00	23/5/2005	9/6/2005	30,58	6,80	3,65	4,26	11,23	-	465,40
CAC/CE/521	Caucaia	MA5-CAUC	32,00	23/5/2005	9/6/2005	29,87	6,30	2,68	3,65	12,30	-	769,60
CAC/CE/631	Caucaia	MA4-CAUC	40,00	24/5/2005	9/6/2005	30,56	7,30	3,85	5,69	3,52	-	641,55
CAC/CE/641	Caucaia	MA1-CAUC	40,00	24/5/2005	9/6/2005	30,98	6,80	4,48	3,84	1,54	-	459,55
CH011	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	1/6/2005	9/6/2005	30,55	7,70	3,52	8,52	4,58	-	1.791,40
CH012	Chorozinho	MA1-CHO	84,00	1/6/2005	9/6/2005	30,26	6,90	2,63	19,21	8,51	-	3.229,20
CH015	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	1/6/2005	9/6/2005	30,87	7,20	3,26	20,14	26,14	-	1.472,90
CH028	Chorozinho	MA1-CHO	72,00	1/6/2005	9/6/2005	30,46	8,00	3,24	55,23	5,04	-	1.645,15
CH029	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	1/6/2005	9/6/2005	30,61	7,90	2,54	32,62	50,14	-	4.812,60
CH030	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/6/2005	9/6/2005	30,51	6,80	3,65	5,23	1,25	-	3.662,10
CH031	Chorozinho	MA1-CHO	76,00	1/6/2005	9/6/2005	30,24	7,40	2,63	15,23	5,36	-	1.985,75
CH032	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	1/6/2005	9/6/2005	30,69	6,90	3,26	6,24	6,24	-	1.399,45
CH033	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	1/6/2005	9/6/2005	30,21	6,90	3,85	32,01	34,26	-	2.577,25
CHO/CE/012	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	1/6/2005	9/6/2005	30,94	6,70	3,65	12,36	24,56	-	1.532,70
CHO/CE/013	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	1/6/2005	9/6/2005	30,55	6,60	3,56	34,26	12,32	-	3.638,05
CHO/CE/014	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	1/6/2005	9/6/2005	30,92	6,10	3,54	8,51	26,31	-	1.450,15
CHO/CE/015	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/6/2005	9/6/2005	30,21	7,20	4,35	4,25	20,14	-	1.292,20
CHO/CE/023	Chorozinho	MA1-CHO	40,00	2/6/2005	9/6/2005	30,51	7,20	3,63	15,20	18,05	-	1.600,95
CHO/CE/024	Chorozinho	MA1-CHO	52,00	2/6/2005	9/6/2005	30,15	7,40	4,52	24,31	31,20	-	4.539,60
CHO/CE/025	Chorozinho	MA1-CHO	56,00	2/6/2005	9/6/2005	30,42	7,00	2,65	51,32	33,06	-	4.000,10
CHO/CE/026	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/6/2005	9/6/2005	30,25	7,30	3,56	24,36	35,06	-	6.413,55
CHO/CE/027	Chorozinho	MA1-CHO	61,00	2/6/2005	9/6/2005	29,98	7,10	3,25	21,03	9,21	-	2.117,70
CHO/CE/029	Chorozinho	MA1-CHO	50,00	2/6/2005	9/6/2005	30,05	7,10	4,85	8,65	10,25	-	1.264,25
CHO/CE/030	Chorozinho	MA1-CHO	60,00	2/6/2005	9/6/2005	30,14	7,20	4,58	8,21	22,35	-	4.606,55
EUS/CE/191	Eusébio	MA1-EUS	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F00372	Fortaleza	MA1-FOR	57,00	17/5/2005	9/6/2005	30,61	7,20	3,65	3,56	1,62	-	278,85
F01251	Fortaleza	MA4-FOR	40,00	18/5/2005	9/6/2005	30,47	6,80	3,21	4,56	2,30	-	410,15
F02475	Fortaleza	MA5-FOR	78,00	17/5/2005	9/6/2005	30,84	6,00	4,33	5,63	2,10	-	302,90
F03966	Fortaleza	MA8-FOR	21,00	18/5/2005	9/6/2005	31,54	7,60	2,65	5,21	3,25	-	202,15
F04518	Fortaleza	MA3-FOR	50,00	18/5/2005	9/6/2005	30,25	6,30	3,12	22,03	2,35	-	865,15
F04519	Fortaleza	MA3-FOR	42,00	18/5/2005	9/6/2005	30,97	6,30	3,58	15,65	3,62	-	599,30
F04556	Fortaleza	MA3-FOR	40,00	14/5/2005	9/6/2005	30,58	6,20	4,12	8,56	3,62	-	605,15
F04672	Fortaleza	MA7-FOR	56,00	18/5/2005	9/6/2005	30,06	6,10	4,23	6,95	17,25	-	326,95
F05028	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/5/2005	9/6/2005	30,12	5,70	4,36	21,30	2,36	-	202,15
F05029	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/5/2005	9/6/2005	31,05	6,10	5,26	3,65	1,25	-	183,30
F05030	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/5/2005	9/6/2005	30,22	5,70	5,65	5,36	1,25	-	219,70
F05031	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/5/2005	9/6/2005	30,12	7,80	2,32	3,52	2,15	-	215,15
F05143	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	11/5/2005	9/6/2005	30,04	5,00	3,56	15,00	0,23	-	412,75
F05206	Fortaleza	MA2-FOR	17,30	12/5/2005	9/6/2005	29,98	6,50	3,41	6,95	3,20	-	397,80
F05392	Fortaleza	MA4-FOR	50,00	18/5/2005	9/6/2005	30,26	5,10	4,11	16,32	1,02	-	1.717,95
F05411	Fortaleza	MA1-FOR	60,00	12/5/2005	9/6/2005	31,11	5,20	3,62	21,03	3,62	-	153,40
F05420	Fortaleza	MA6-FOR	49,10	16/5/2005	9/6/2005	30,25	5,90	3,12	3,62	1,35	-	444,60
F05760	Fortaleza	MA6-FOR	40,00	13/5/2005	9/6/2005	30,55	5,70	3,65	4,62	1,54	-	235,30
F05761	Fortaleza	MA6-FOR	120,00	13/5/2005	9/6/2005	30,41	6,20	3,41	11,20	1,44	-	464,75
F05762	Fortaleza	MA6-FOR	35,00	13/5/2005	9/6/2005	30,59	6,70	4,12	6,95	2,62	-	625,95
F05763	Fortaleza	MA6-FOR	30,00	13/5/2005	9/6/2005	29,87	6,50	2,86	2,54	4,21	-	495,30
F05765	Fortaleza	MA6-FOR	75,00	13/5/2005	9/6/2005	30,14	6,40	3,21	3,56	3,21	-	406,25
F06232	Fortaleza	MA1-FOR	50,00	10/5/2005	9/6/2005	29,58	7,00	4,20	8,51	2,41	-	283,40
F06233	Fortaleza	MA2-FOR	44,00	18/5/2005	9/6/2005	30,77	6,90	4,32	5,32	3,22	-	344,50
F06242	Fortaleza	MA1-FOR	34,00	12/5/2005	9/6/2005	30,74	5,40	2,41	19,54	25,32	-	638,95
F06274	Fortaleza	MA5-FOR	80,00	11/5/2005	9/6/2005	31,44	7,00	3,10	15,62	3,20	-	690,30
F06277	Fortaleza	MA5-FOR	60,00	11/5/2005	9/6/2005	30,26	6,40	3,62	7,56	2,30	-	495,95
F06519	Fortaleza	MA6-FOR	60,00	16/5/2005	9/6/2005	30,11	6,40	3,12	4,65	2,10	-	469,30
F06551	Fortaleza	MA7-FOR	45,00	18/5/2005	9/6/2005	29,55	6,90	3,63	2,56	2,05	-	170,95
F06702	Fortaleza	MA6-FOR	52,00	16/5/2005	9/6/2005	30,06	6,50	2,55	3,68	1,25	-	210,60
G065	Guaiúba	MA1-GUA	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H001	Horizonte	MA1-HOR	60,00	7/6/2005	9/6/2005	30,45	6,40	3,00	3,26	1,02	-	3.697,20
H004	Horizonte	MA1-HOR	52,00	6/6/2005	9/6/2005	30,23	6,30	3,12	6,53	3,62	-	861,25
H016	Horizonte	MA1-HOR	35,00	6/6/2005	9/6/2005	30,33	6,10	3,11	2,31	1,23	-	159,90
H029	Horizonte	MA1-HOR	54,00	6/6/2005	9/6/2005	30,03	7,20	3,58	8,42	36,21	-	972,40
H057	Horizonte	MA1-HOR	55,00	6/6/2005	9/6/2005	30,26	6,90	3,54	8,62	8,62	-	783,90
H064	Horizonte	MA1-HOR	6,00	6/6/2005	9/6/2005	30,61	6,40	4,26	6,32	6,84	-	202,80
H076	Horizonte	MA1-HOR	60,00	6/6/2005	9/6/2005	30,21	6,70	3,65	3,47	30,21	-	343,20
H080	Horizonte	MA1-HOR	40,00	6/6/2005	9/6/2005	30,33	7,10	2,56	3,21	9,62	-	199,55

(continua)

TAB. A01-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo da RMF (continuação)

Nº de Ordem	Município	Micro-Área Estratégica	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
H082	Horizonte	MA1-HOR	40,00	6/6/2005	9/6/2005	30,66	7,10	3,65	8,45	5,68	-	235,30
H083	Horizonte	MA1-HOR	60,00	7/6/2005	9/6/2005	30,54	6,50	3,89	6,32	8,45	-	278,85
H086	Horizonte	MA1-HOR	60,00	7/6/2005	9/6/2005	30,63	6,60	3,25	3,12	17,56	-	197,60
H088	Horizonte	MA1-HOR	60,00	7/6/2005	9/6/2005	30,03	5,90	2,65	2,14	15,62	-	202,15
H097	Horizonte	MA1-HOR	61,00	7/6/2005	9/6/2005	30,08	6,70	1,25	6,23	6,95	-	338,65
H099	Horizonte	MA1-HOR	50,00	7/6/2005	9/6/2005	30,90	7,00	1,87	8,42	8,65	-	510,90
H125	Horizonte	MA1-HOR	36,00	7/6/2005	9/6/2005	30,35	7,60	2,84	7,21	2,65	-	497,90
ITG/CE/051	Itaitinga	MA1-ITA	56,00	7/6/2005	9/6/2005	30,13	7,00	3,24	7,12	35,61	-	438,10
MC001	Maracanaú	MA1-MARAC	123,00	9/6/2005	9/6/2005	30,26	7,50	3,65	23,62	29,62	-	640,90
MC002	Maracanaú	MA1-MARAC	100,00	9/6/2005	9/6/2005	30,23	7,20	3,67	6,85	13,02	-	561,60
MC100	Maracanaú	MA1-MARAC	54,00	9/6/2005	9/6/2005	30,88	7,00	2,89	3,95	2,04	-	1.196,65
MAN/CE/047	Maranguape	MA2-MARAN	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG027	Maranguape	MA1-MARAN	80,00	9/6/2005	9/6/2005	31,01	7,00	2,68	15,32	21,03	-	4.054,05
MG130	Maranguape	MA1-MARAN	50,00	9/6/2005	9/6/2005	30,98	6,80	3,54	21,22	29,84	-	3.701,10
PAC/CE/023	Pacajus	MA1-PACAJ	41,00	3/6/2005	9/6/2005	30,06	7,00	2,65	8,52	9,24	-	2.642,90
PAC/CE/026	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	3/6/2005	9/6/2005	30,52	7,30	3,15	8,42	30,23	-	1.484,60
PAC/CE/027	Pacajus	MA1-PACAJ	46,00	3/6/2005	9/6/2005	30,25	7,10	3,65	9,21	4,56	-	1.688,70
PAC/CE/059	Pacajus	MA2-PACAJ	63,00	3/6/2005	9/6/2005	30,85	7,40	3,25	2,65	2,31	-	202,80
PAC/CE/066	Pacajus	MA2-PACAJ	64,00	3/6/2005	9/6/2005	30,94	7,40	3,24	8,23	3,01	-	226,20
PAC/CE/072	Pacajus	MA2-PACAJ	78,00	3/6/2005	9/6/2005	30,15	7,10	3,21	15,68	20,52	-	393,25
PAC/CE/106	Pacajus	MA2-PACAJ	52,00	3/6/2005	9/6/2005	30,54	6,90	2,53	10,20	55,32	-	735,80
PAC/CE/124	Pacajus	MA2-PACAJ	66,00	3/6/2005	9/6/2005	30,05	6,70	2,68	10,11	42,36	-	633,10
PAC/CE/133	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	3/6/2005	9/6/2005	30,20	6,60	3,51	8,15	46,23	-	664,30
PJ011	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	3/6/2005	9/6/2005	30,11	7,70	3,26	18,56	3,62	-	200,20
PJ013	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	3/6/2005	9/6/2005	30,04	7,70	2,56	3,25	1,25	-	126,10
PJ019	Pacajus	MA2-PACAJ	84,00	3/6/2005	9/6/2005	30,41	7,00	2,54	4,21	2,04	-	165,75
PJ032	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	6/6/2005	9/6/2005	32,02	7,60	4,11	6,51	2,41	-	293,15
PJ056	Pacajus	MA1-PACAJ	36,00	3/6/2005	9/6/2005	30,06	6,80	3,62	5,65	11,25	-	546,65
PJ057	Pacajus	MA1-PACAJ	32,00	3/6/2005	9/6/2005	30,20	7,70	3,25	6,32	2,63	-	599,95
PJ066	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	30,10	7,60	1,52	24,35	51,23	-	2.123,55
PJ067	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	30,11	7,20	2,41	21,36	62,32	-	2.267,20
PJ069	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	30,24	6,80	2,65	5,21	20,03	-	3.358,55
PJ070	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	30,84	7,80	2,89	27,56	10,22	-	2.140,45
PJ072	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	30,95	7,00	3,25	26,32	18,52	-	2.005,25
PJ073	Pacajus	MA1-PACAJ	48,00	4/6/2005	9/6/2005	30,46	7,00	2,54	10,24	52,04	-	2.332,85
PJ074	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	31,61	7,10	2,56	12,35	23,62	-	2.142,40
PJ075	Pacajus	MA1-PACAJ	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PJ078	Pacajus	MA1-PACAJ	27,00	4/6/2005	9/6/2005	31,25	7,10	3,21	17,25	2,34	-	1.545,05
PJ120	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	4/6/2005	9/6/2005	31,20	8,00	3,25	6,21	8,56	-	192,40
PJ127	Pacajus	MA2-PACAJ	70,00	4/6/2005	9/6/2005	30,24	7,20	3,51	3,56	7,65	-	202,15
PJ128	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	4/6/2005	9/6/2005	30,23	7,20	3,26	10,25	11,45	-	252,85
PJ131	Pacajus	MA2-PACAJ	103,00	6/6/2005	9/6/2005	30,45	7,90	3,22	9,65	2,15	-	166,40
PJ146	Pacajus	MA2-PACAJ	40,00	6/6/2005	9/6/2005	30,67	7,30	2,65	5,14	2,36	-	315,25
PJ147	Pacajus	MA2-PACAJ	60,00	6/6/2005	9/6/2005	30,92	7,50	2,68	19,35	9,51	-	211,90
PAT/CE/005	Pacatuba	MA1-PACAT	60,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG014	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	30/5/2005	9/6/2005	30,45	5,70	3,85	8,32	2,31	-	54,60
SG081	S. G. Amarante	MA1-SGA	22,00	30/5/2005	9/6/2005	30,45	6,20	3,98	7,58	6,85	-	180,05
SG148	S. G. Amarante	MA1-SGA	17,40	30/5/2005	9/6/2005	30,06	6,60	3,41	2,30	1,24	-	90,35
SG150	S. G. Amarante	MA1-SGA	16,00	30/5/2005	9/6/2005	30,11	6,70	3,56	2,01	3,26	-	87,75
SG153	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	30/5/2005	9/6/2005	30,47	6,20	3,24	8,01	6,95	-	137,15
SG156	S. G. Amarante	MA1-SGA	15,00	30/5/2005	9/6/2005	30,54	6,60	2,65	5,48	18,56	-	488,15
SG191	S. G. Amarante	MA2-SGA	66,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SG214	S. G. Amarante	MA1-SGA	8,00	30/5/2005	9/6/2005	30,98	5,70	2,41	10,26	3,26	-	46,80
SG217	S. G. Amarante	MA1-SGA	9,00	30/5/2005	9/6/2005	30,05	5,30	3,15	20,15	31,64	-	495,95
SG268	S. G. Amarante	MA1-SGA	36,00	30/5/2005	9/6/2005	29,35	6,70	3,26	8,52	36,12	-	546,65
SGA/CE/037	S. G. Amarante	MA3-SGA	66,00	30/5/2005	9/6/2005	30,28	6,30	3,21	4,56	14,25	-	464,10
SGA/CE/084	S. G. Amarante	MA3-SGA	60,00	30/5/2005	9/6/2005	30,54	6,40	3,12	6,98	9,62	-	2.176,20

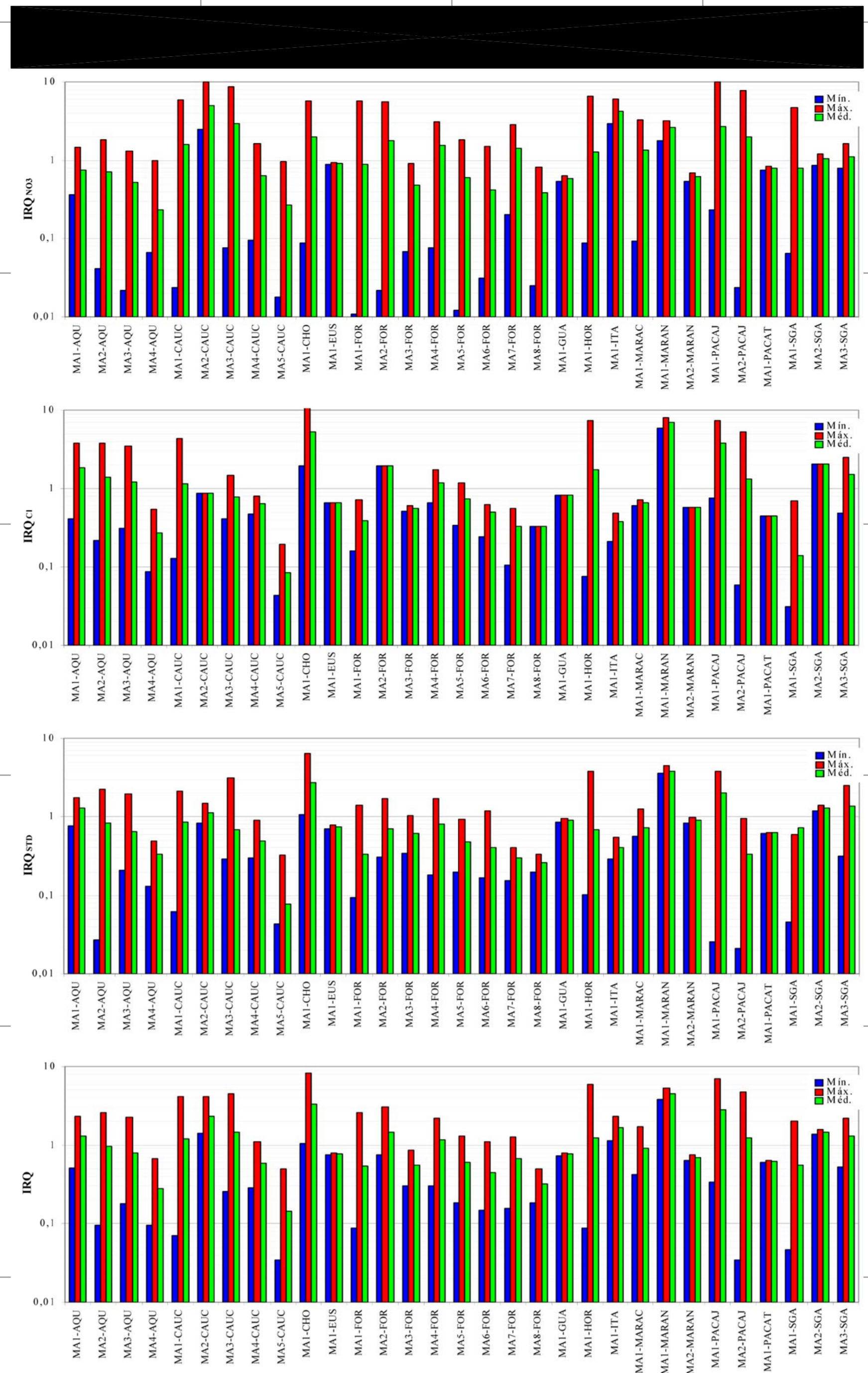
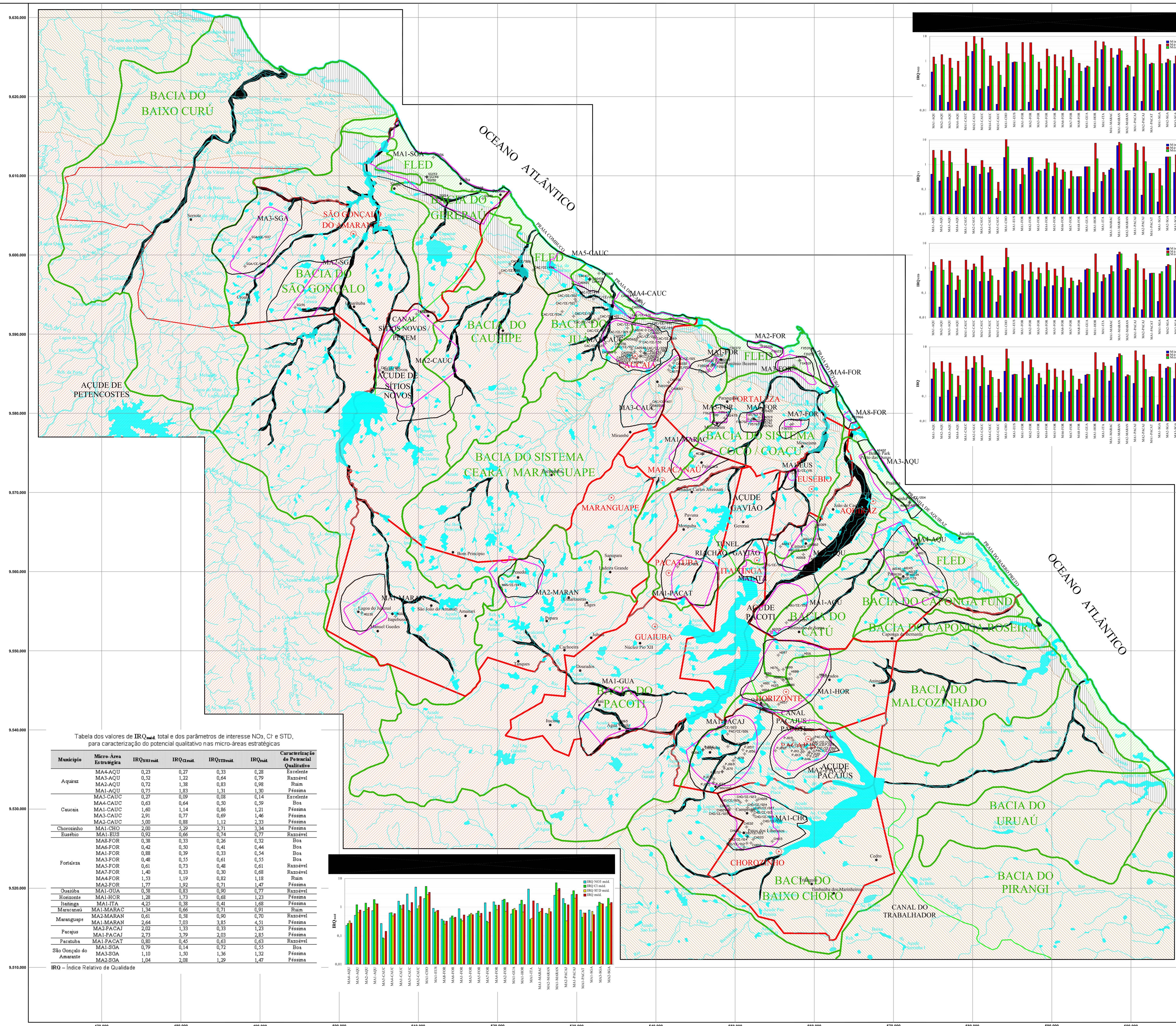
(final)

ANEXO II

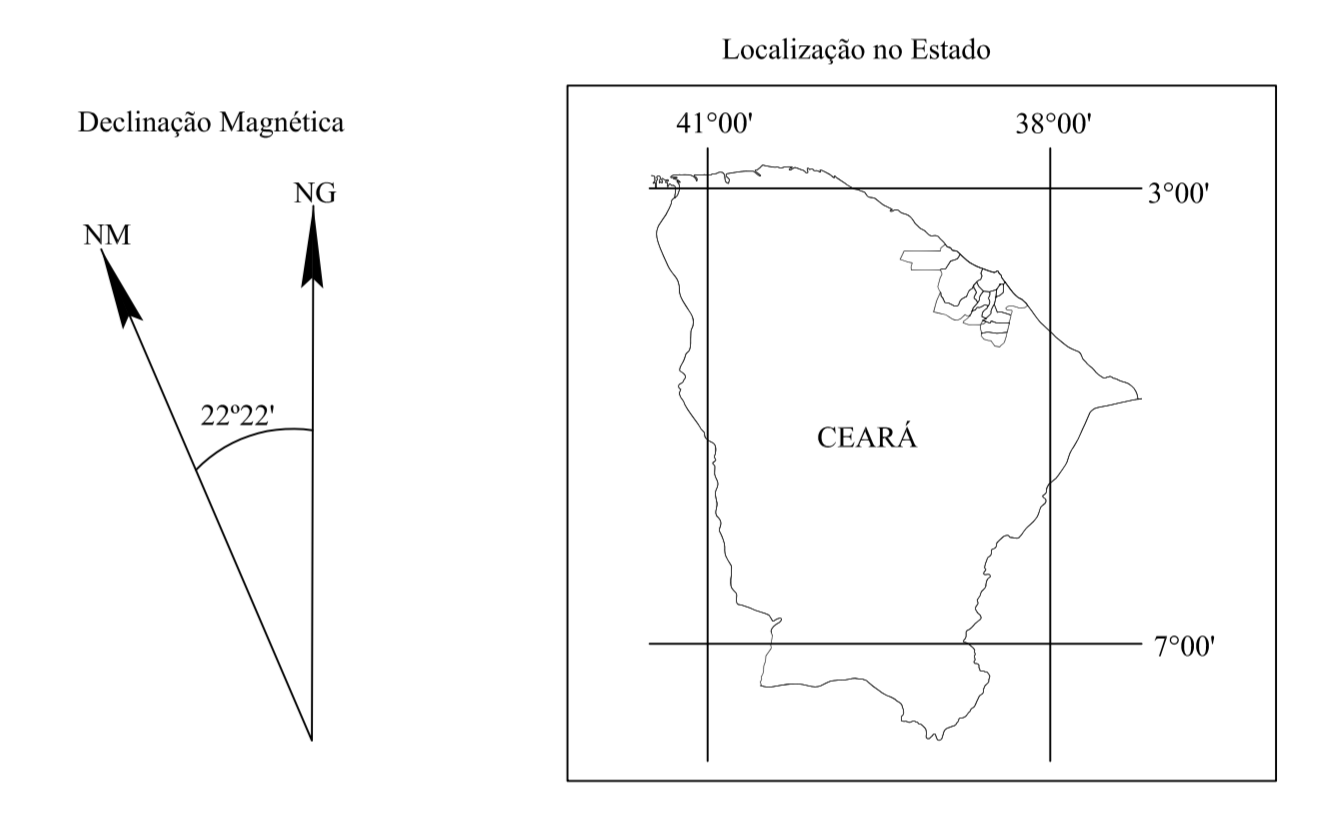
MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA RMF

DE-A02-01 – Mapa de caracterização do potencial qualitativo das micro-áreas estratégicas da RMF.

DE-A02-02 – Mapa de caracterização do potencial quantitativo das micro-áreas estratégicas da RMF.



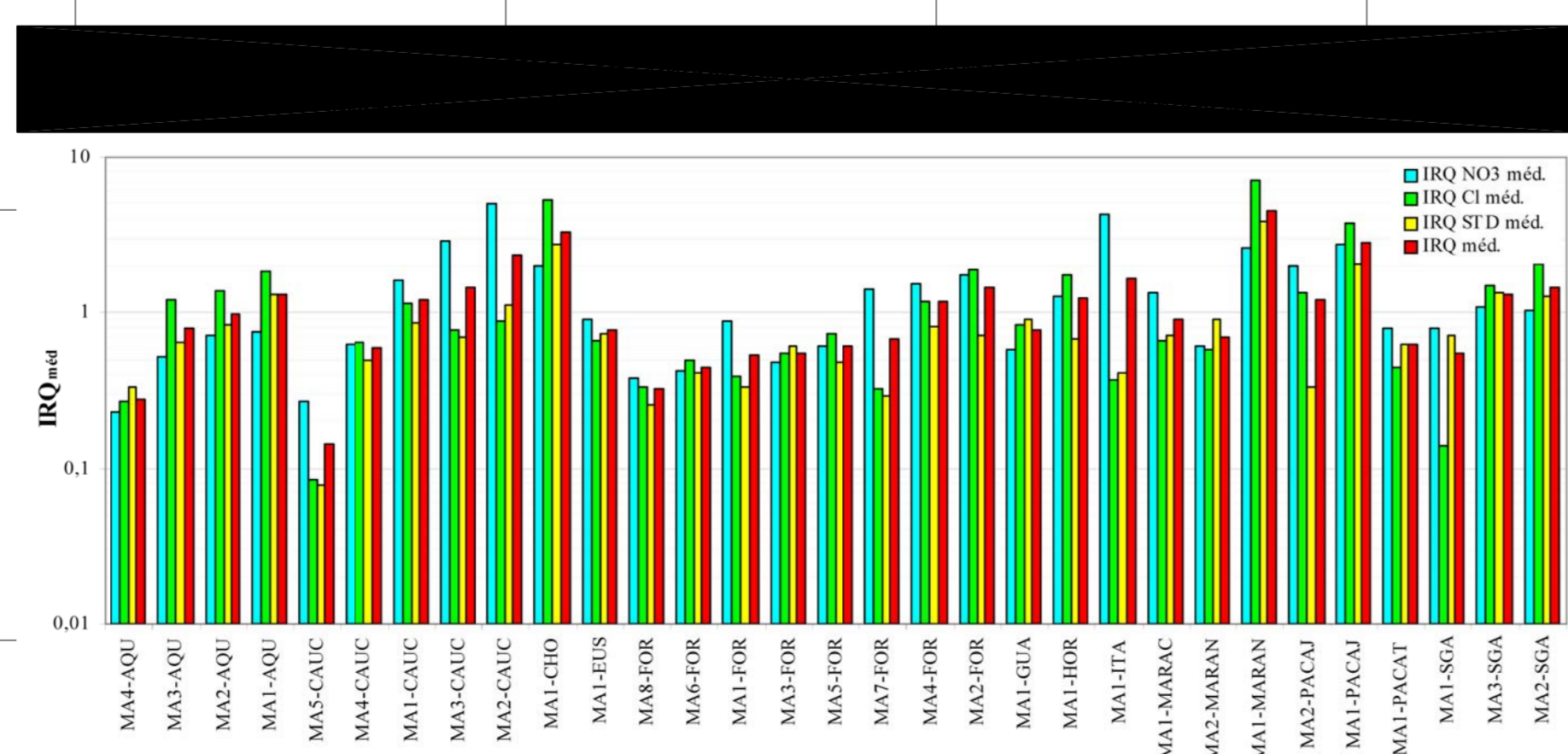
- COLUNA HIDROESTRATÉGICA:**
- Unidade Flúvio-Aluvionar
 - Unidade Dunas
 - Unidade Paleodunas
 - Unidade Barreiras
 - Unidade Cristalino
- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**
- Limites municipais
 - Sedes municipais
 - Sedes distritais
 - Limites entre bacias hidrográficas
 - Rede de drenagem
 - Lagoas/Açudes
 - Canais/túneis de interligação e adução
 - Limite de costa litorânea
- CONVENÇÕES HIDROEOLÓGICAS:**
- Limites das micro-áreas estratégicas (definição preliminar)
 - Limites das micro-áreas estratégicas (redefinição)
 - Pontos de monitoramento qualitativo
 - Varição dos valores (mínimo, máximo e médio) de IRQ total e de IRQ dos parâmetros de interesse NO₃, Cl e STD
 - Varição dos valores médios de IRQ total e dos parâmetros de interesse para caracterização do potencial qualitativo nas micro-áreas estratégicas
- | Faixa de Variação | Qualidade para Consumo |
|-------------------|------------------------|
| 0,0 < IRQ < 0,3 | Excelente |
| 0,3 < IRQ < 0,6 | Bom |
| 0,6 < IRQ < 0,9 | Razoável |
| 0,9 < IRQ < 1,2 | Ruim |
| IRQ > 1,2 | Péssima |
- IRQ = Índice Relativo de Qualidade



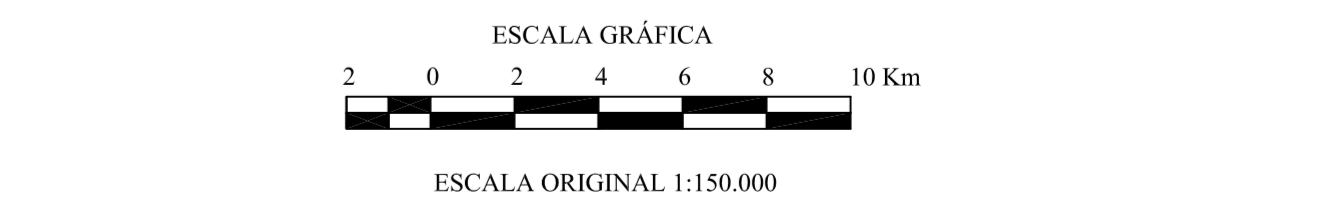
DATUM: SAD-69
 PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 39° W.G."
 ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE.
 DECLINAÇÃO MAGNÉTICA DO CENTRO DA FOLHA EM 2000: 23°36'W.
 CRESCER 5' ANUALMENTE.

Tabela dos valores de IRQ_{total} e dos parâmetros de interesse NO₃, Cl e STD, para caracterização do potencial qualitativo nas micro-áreas estratégicas

Município	Micro-Área Estratégica	IRQ _{NO3} méd.	IRQ _{Cl} méd.	IRQ _{STD} méd.	IRQ _{total} méd.	Caracterização do Potencial Qualitativo
Aquiraz	MA4-AQU	0,23	0,28	0,33	0,28	Excelente
	MA3-AQU	0,52	1,22	0,64	0,79	Razoável
	MA2-AQU	0,72	1,38	0,83	0,98	Ruim
	MA1-AQU	0,75	1,83	1,31	1,30	Péssima
Caucaia	MA5-CAUC	0,27	0,09	0,08	0,14	Excelente
	MA4-CAUC	0,63	0,64	0,50	0,59	Bom
	MA1-CAUC	1,60	1,14	0,86	1,21	Péssima
	MA3-CAUC	2,91	0,77	0,69	1,46	Péssima
Chorozinho	MA2-CAUC	5,00	0,88	1,12	2,33	Péssima
	MA1-CHO	2,00	2,29	2,71	3,34	Péssima
Eusebio	MA1-EUS	0,92	0,66	0,74	0,77	Razoável
	MA8-FOR	0,38	0,33	0,26	0,32	Bom
Fortaleza	MA6-FOR	0,42	0,50	0,41	0,44	Bom
	MA1-FOR	0,38	0,39	0,33	0,34	Bom
	MA3-FOR	0,48	0,55	0,61	0,55	Bom
	MA5-FOR	0,61	0,73	0,48	0,61	Razoável
	MA7-FOR	1,40	0,33	0,30	0,68	Razoável
	MA4-FOR	1,53	1,19	0,82	1,18	Ruim
Guaiuba	MA2-FOR	1,77	1,92	0,71	1,47	Péssima
	MA1-GUA	0,58	0,83	0,90	0,77	Razoável
Horizonte	MA1-HOR	1,28	1,73	0,68	1,23	Péssima
	MA1-ITA	4,25	0,38	0,41	1,68	Péssima
Maracanaú	MA1-MARAS	1,34	0,66	0,71	0,91	Ruim
	MA2-MARAN	0,61	0,58	0,90	0,70	Razoável
Maranguape	MA1-MARAN	2,64	7,03	3,85	4,51	Péssima
	MA2-PACAJ	2,02	1,33	0,33	1,23	Péssima
Pacajus	MA1-PACAJ	2,73	3,79	2,03	2,85	Péssima
	MA1-PAFAT	0,80	0,45	0,63	0,63	Razoável
São Gonçalo do Amarante	MA1-SGA	0,79	0,14	0,72	0,55	Bom
	MA3-SGA	1,10	1,50	1,36	1,32	Péssima
	MA2-SGA	1,04	2,08	1,29	1,47	Péssima



Mapa com base nas folhas: FORTALEZA(684), AQUIRAZ(685), BATURITÉ(751), BEBERIBÉ(752), levantado, desenhado e impresso pela DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO BRASIL - Fotografias aéreas de 1968 do SACS. Apoio básico e apoio suplementar em 1969. Restituição fotogramétrica executada em aparelho de 2a. ordem em 1972. Contrato entre a DSG e a SUDENE. Atualizada pela Divisão de Geografia e Cartografia - DGC/PLANCE em 1998, através do Projeto Arquivo Gráfico Municipal-AGM (Convênio IPLANCE/IBGE) utilizando-se de reambulamento em campo e restituição com GPS GARMIN 45, PATHFINDER BASIC PLUS II. Base Cartográfica em meio digital disponível nos formatos: DXF e DWG



Base: Adaptado de IPLANCE (1997).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
- ESCOLA DE ENGENHARIA -

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SMARH

TESE DE DOUTORAMENTO - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MEIO AMBIENTE - LÍNEA DE PESQUISA EM HIDROLOGIA AMBIENTAL

GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO

AUTOR: RINALDO AFRÂNIO FERREDES
 TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL QUALITATIVO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS MICRO-ÁREAS ESTRATÉGICAS DA RMF
 ORIENTADOR: PROF. CELSO DE OLIVEIRA LOUREIRO, PL.D.
 NÚMERO: Mapa DE-A02-01 ANEXO II
 DATA: NOVEMBRO/2005

INSTITUIÇÕES: FAPEMIG, Goldex Assessoria

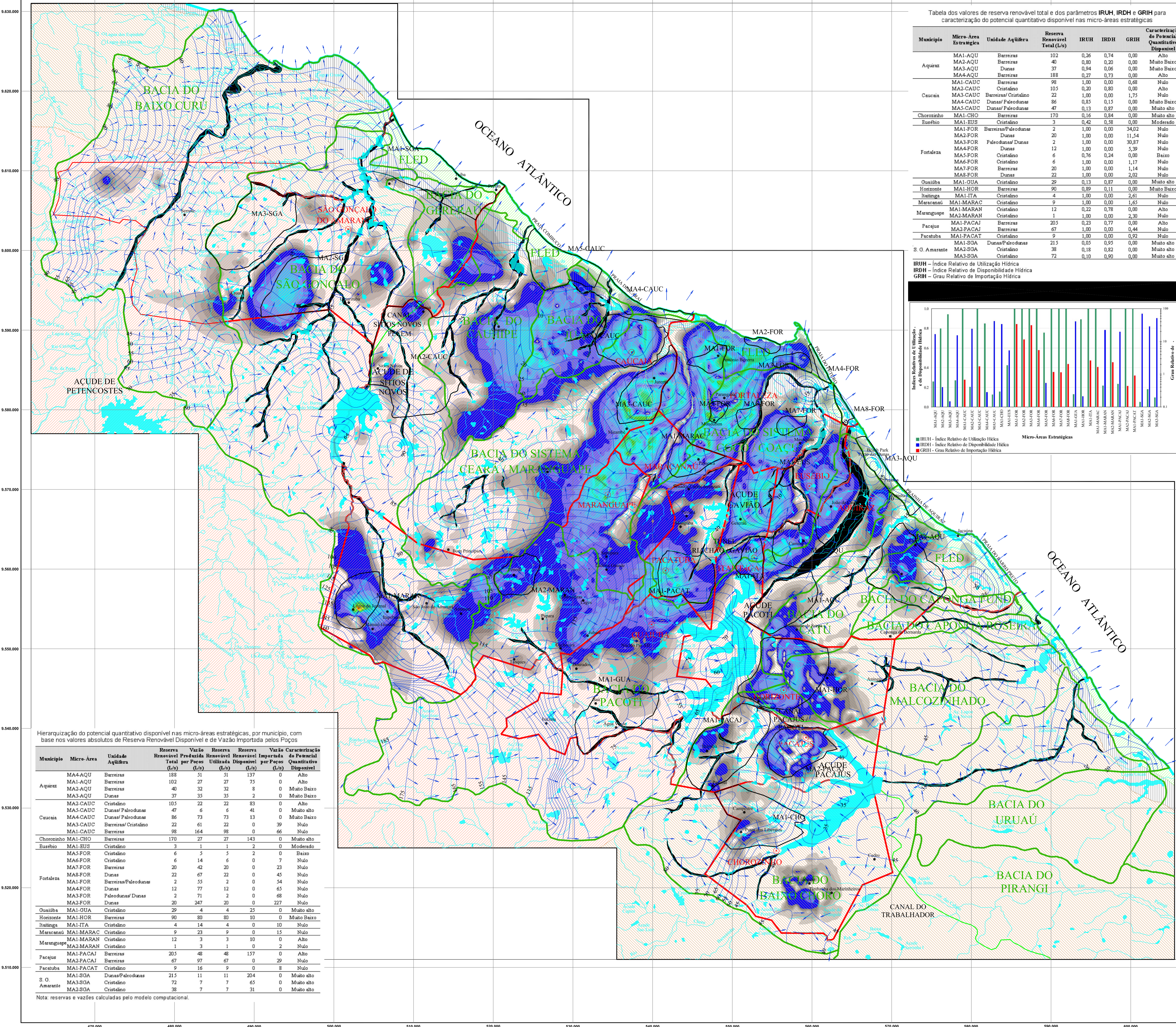
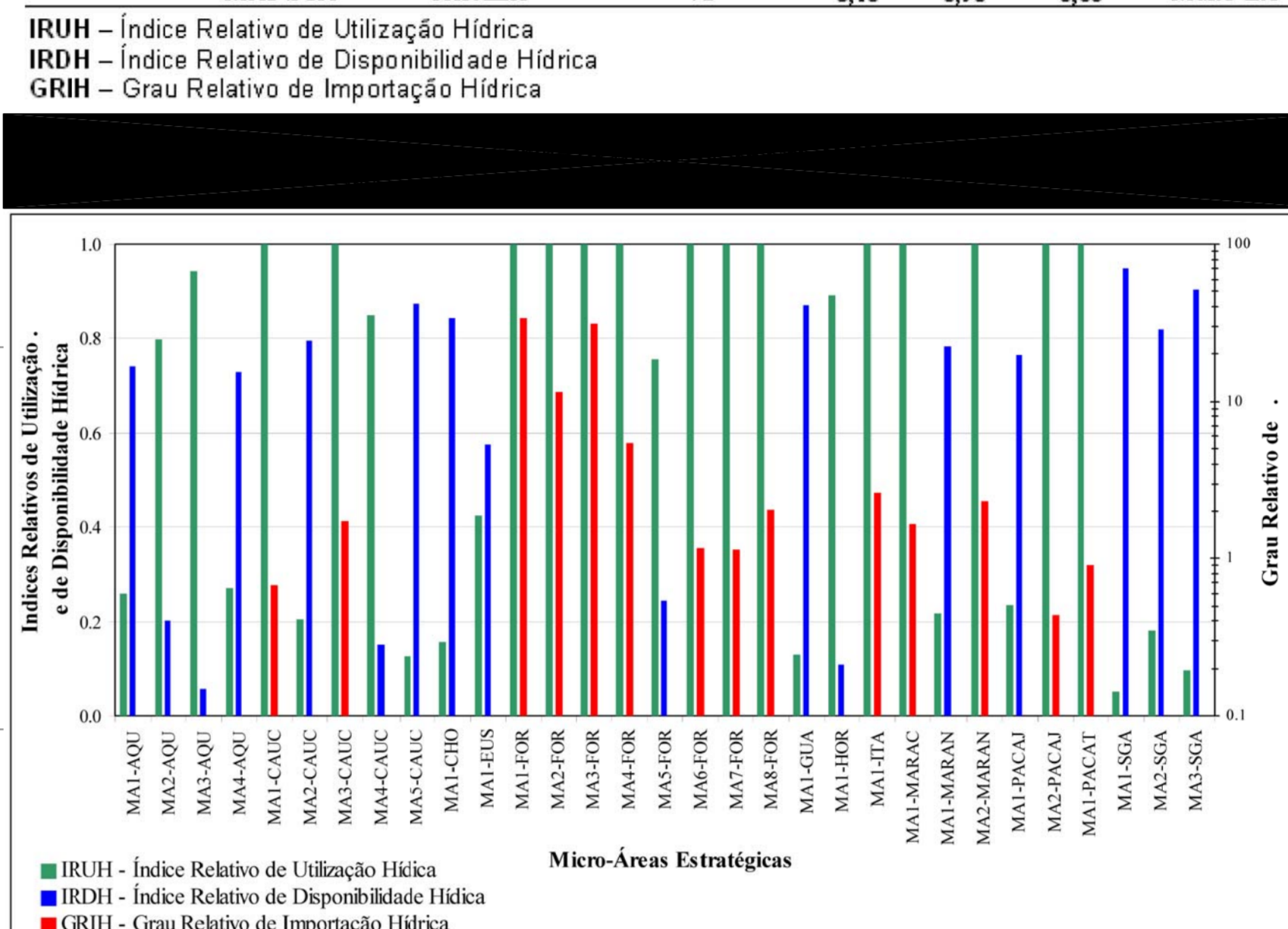


Tabela dos valores de reserva renovável total e dos parâmetros IRUH, IRDH e GRIH para caracterização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas

Município	Micro-Área Estratégica	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	IRUH	IRDH	GRIH	Caracterização do Potencial Quantitativo Disponível
Aquiraz	MA1-AQU	Barreiras	102	0,26	0,74	0,00	Alto
	MA2-AQU	Barreiras	40	0,80	0,20	0,00	Muito Baixo
	MA3-AQU	Dunas	37	0,94	0,06	0,00	Muito Baixo
	MA4-AQU	Barreiras	188	0,27	0,73	0,00	Alto
Caucaia	MA1-CAUC	Barreiras	98	1,00	0,00	0,68	Nulo
	MA2-CAUC	Cristalino	105	0,20	0,80	0,00	Alto
	MA3-CAUC	Barreiras/Cristalino	22	1,00	0,00	1,75	Nulo
	MA4-CAUC	Dunas/Paleodunas	86	0,85	0,15	0,00	Muito Baixo
	MA5-CAUC	Dunas/Paleodunas	47	0,13	0,87	0,00	Muito alto
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	0,16	0,84	0,00	Muito alto
Eusebio	MA1-EUS	Cristalino	3	0,42	0,58	0,00	Moderado
	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	1,00	0,00	34,02	Nulo
	MA2-FOR	Dunas	20	1,00	0,00	11,54	Nulo
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	1,00	0,00	30,87	Nulo
Fortaleza	MA4-FOR	Dunas	12	1,00	0,00	5,39	Nulo
	MA5-FOR	Cristalino	6	0,76	0,24	0,00	Baixo
	MA6-FOR	Cristalino	6	1,00	0,00	1,17	Nulo
	MA7-FOR	Barreiras	20	1,00	0,00	1,14	Nulo
	MA8-FOR	Dunas	22	1,00	0,00	2,02	Nulo
Quariró	MA1-QUA	Cristalino	29	0,13	0,87	0,00	Muito alto
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	0,89	0,11	0,00	Muito Baixo
Itatinga	MA1-ITA	Cristalino	4	1,00	0,00	2,61	Nulo
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	1,00	0,00	1,65	Nulo
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	0,22	0,78	0,00	Alto
	MA2-MARAN	Cristalino	1	1,00	0,00	2,30	Nulo
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	0,23	0,77	0,00	Alto
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	1,00	0,00	0,44	Nulo
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	1,00	0,00	0,92	Nulo
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	0,05	0,95	0,00	Muito alto
	MA2-SGA	Cristalino	38	0,18	0,82	0,00	Muito alto
	MA3-SGA	Cristalino	72	0,10	0,90	0,00	Muito alto



COLUNA HIDROESTRATÉGICA:

- Unidade Flúvio-Aluvionar
- Unidade Dunas
- Unidade Paleodunas
- Unidade Barreiras
- Unidade Cristalino

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:

- Limites municipais
- Sedes municipais
- Sedes distritais
- Limites entre bacias hidrográficas
- Rede de drenagem
- Lagoas/Açudes
- Canais/túneis de interligação e adução
- Limite de costa litorânea

CONVENÇÕES HIDROGEOLÓGICAS:

- Limites das micro-áreas estratégicas (redefinição)
- Linhas Equipotenciais
- Vetores direcionais de Fluxo

Escala de cores do rebaixamento (em metros)

0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------

Caracterização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas

Faixa de Variação	Potencial Quantitativo
0,0 < IRUH ≤ 0,2	Muito Baixo
0,2 < IRUH ≤ 0,4	Baixo
0,4 < IRUH ≤ 0,6	Moderado
0,6 < IRUH ≤ 0,8	Alto
0,8 < IRUH ≤ 1,0	Muito Alto

Variação dos valores de IRUH, IRDH e GRIH para caracterização do potencial quantitativo nas micro-áreas estratégicas

IRUH - Índice Relativo de Utilização Hídrica
IRDH - Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica
GRIH - Grau Relativo de Importação Hídrica

Declinação Magnética

Localização no Estado

DATUM: SAD-69

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 39° W GR."

ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM, RESPECTIVAMENTE.

DECLINAÇÃO MAGNÉTICA DO CENTRO DA FOLHA EM 2000: 23°36' W.

CRESCER 5' ANUALMENTE.

Hierarquização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas, por município, com base nos valores absolutos de Reserva Renovável Disponível e de Vazão Importada pelos Poços

Município	Micro-Área	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total (L/s)	Vazão Produzida por Poços (L/s)	Reserva Renovável Utilizada (L/s)	Reserva Renovável Disponível (L/s)	Vazão Importada por Poços (L/s)	Caracterização do Potencial Quantitativo Disponível
Aquiraz	MA4-AQU	Barreiras	188	51	51	137	0	Alto
	MA1-AQU	Barreiras	102	27	27	75	0	Alto
	MA2-AQU	Barreiras	40	32	32	8	0	Muito Baixo
	MA3-AQU	Dunas	37	35	35	2	0	Muito Baixo
Caucaia	MA2-CAUC	Cristalino	105	22	22	83	0	Alto
	MA5-CAUC	Dunas/Paleodunas	47	6	6	41	0	Muito alto
	MA4-CAUC	Dunas/Paleodunas	86	73	73	13	0	Muito Baixo
	MA3-CAUC	Barreiras/ Cristalino	22	61	22	0	39	Nulo
	MA1-CAUC	Barreiras	98	164	98	0	66	Nulo
Chorozinho	MA1-CHO	Barreiras	170	27	27	143	0	Muito alto
Eusebio	MA1-EUS	Cristalino	3	1	1	2	0	Moderado
	MA3-FOR	Cristalino	6	5	5	2	0	Baixo
	MA6-FOR	Cristalino	6	14	6	0	7	Nulo
	MA7-FOR	Barreiras	20	42	20	0	23	Nulo
Fortaleza	MA8-FOR	Dunas	22	67	22	0	45	Nulo
	MA1-FOR	Barreiras/Paleodunas	2	55	2	0	54	Nulo
	MA4-FOR	Dunas	12	77	12	0	65	Nulo
	MA3-FOR	Paleodunas/ Dunas	2	71	2	0	68	Nulo
	MA2-FOR	Dunas	20	247	20	0	227	Nulo
Quariró	MA1-QUA	Cristalino	29	4	4	25	0	Muito alto
Horizonte	MA1-HOR	Barreiras	90	80	80	10	0	Muito Baixo
Itatinga	MA1-ITA	Cristalino	4	14	4	0	10	Nulo
Maracanaú	MA1-MARAC	Cristalino	9	23	9	0	15	Nulo
Maranguape	MA1-MARAN	Cristalino	12	3	3	10	0	Alto
	MA2-MARAN	Cristalino	1	3	1	0	2	Nulo
Pacajus	MA1-PACAJ	Barreiras	205	48	48	157	0	Alto
	MA2-PACAJ	Barreiras	67	97	67	0	29	Nulo
Pacatuba	MA1-PACAT	Cristalino	9	16	9	0	8	Nulo
S. G. Amarante	MA1-SGA	Dunas/Paleodunas	215	11	11	204	0	Muito alto
	MA3-SGA	Cristalino	72	7	7	65	0	Muito alto
	MA2-SGA	Cristalino	38	7	7	31	0	Muito alto

Nota: reservas e vazões calculadas pelo modelo computacional.

Mapa com base nas folhas: FORTALEZA(684), AQUIRAZ(685), BATURITÉ(751), BEBERIBÉ(752), levantada, desenhada e impressa pela DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO BRASIL - Fotogrametria aérea de 1968 do SACS. Apoio básico e apoio suplementar em 1969. Restituição fotogramétrica executada em aparelho de 2a. ordem em 1972. Contrato entre a DSG e a SUDENE. Atualizada pela Divisão de Geografia e Cartografia - DGC/PLANCE em 1998, através do Projeto Arquivo Gráfico Municipal-AGM (Convênio PLANCE/IBGE) utilizando-se de reambulamento em campo e restituição com GPS GARMIN 45, PATHFINDER BASIC PLUS II. Base Cartográfica em meio digital disponível nos formatos: DXF e DWG

ESCALA GRÁFICA

ESCALA ORIGINAL 1:150.000

Base: Adaptado de PLANCE (1997).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
- ESCOLA DE ENGENHARIA -

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SMARH

TIPO DE DOUTORAMENTO - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MEIO AMBIENTE - LÍNEA DE PESQUISA EM HIDROLOGIA AMBIENTAL

GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO

AUTOR: RINALDO AFRÂNIO FERREDES

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL QUANTITATIVO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS MICRO-ÁREAS ESTRATÉGICAS DA RMF

ORIENTADOR: PROF. CELSO DE OLIVEIRA LOUREIRO, Ph.D.

NUMERAÇÃO: Mapa DE-A02-02 ANEXO II

DATA: NOVEMBRO/2005

FAPEMIG

Associação

ANEXO III

CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS E DOS DADOS DE MONITORAMENTO QUALITATIVO NA ÁREA DO GCJ

TAB. A03-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo na área do **GCJ**.

TAB. A03-1 – Caracterização geral dos pontos de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº de Ordem	Nº do Ponto	Município	UTM-E (m)	UTM-N (m)	Cota (m)	Prof. (m)	Litotipo Associado
01	0007	Juazeiro do Norte	464.945	9.199.246	400,0	154,8	R. Batateira
02	0009	Juazeiro do Norte	465.604	9.199.939	400,0	82,8	R. Batateira
03	0013	Juazeiro do Norte	466.240	9.201.253	408,1	140,0	R. Batateira
04	0014	Juazeiro do Norte	469.573	9.202.595	400,0	210,0	R. Batateira
05	0015	Juazeiro do Norte	470.273	9.202.509	400,0	150,0	R. Batateira
06	0017	Juazeiro do Norte	462.740	9.199.001	476,3	105,0	R. Batateira
07	0018	Juazeiro do Norte	462.740	9.199.002	440,0	90,0	R. Batateira
08	0031	Crato	456.045	9.200.102	440,0	92,3	R. Batateira
09	0033	Crato	455.916	9.198.954	480,4	95,0	R. Batateira
10	0037	Crato	455.205	9.199.615	440,3	109,5	R. Batateira
11	0041	Crato	454.313	9.201.544	439,9	107,7	R. Batateira
12	0046	Crato	452.429	9.201.565	503,5	118,0	R. Batateira
13	0051	Barbalha	467.138	9.192.832	399,9	163,2	R. Batateira
14	0056	Crato	458.522	9.200.482	480,8	138,0	R. Batateira
15	0059	Juazeiro do Norte	465.135	9.199.094	400,0	76,0	R. Batateira
16	0073	Juazeiro do Norte	464.606	9.199.831	456,2	65,0	R. Batateira
17	0144	Barbalha	467.944	9.195.645	412,0	60,0	R. Batateira
18	0168	Barbalha	465.186	9.194.201	440,0	80,0	R. Batateira
19	0210	Juazeiro do Norte	461.409	9.201.122	414,4	60,0	R. Batateira
20	0242	Crato	458.328	9.201.756	400,0	60,0	R. Batateira
21	0297	Barbalha	462.184	9.196.819	440,0	100,0	R. Batateira
22	0425	Barbalha	463.093	9.190.865	439,8	48,0	R. Batateira
23	0472	Barbalha	461.289	9.190.674	439,9	105,0	R. Batateira
24	0481	Barbalha	465.133	9.193.516	426,0	88,0	R. Batateira
25	0485	Barbalha	459.918	9.193.069	479,6	95,0	R. Batateira
26	0488	Barbalha	463.119	9.190.867	440,0	100,0	R. Batateira
27	0516	Juazeiro do Norte	469.307	9.200.679	400,0	34,0	R. Batateira
28	0561	Crato	452.119	9.199.591	520,0	150,0	R. Batateira
29	0562	Crato	459.475	9.208.023	440,0	72,0	Mauriti
30	0565	Crato	454.795	9.208.614	447,0	64,0	Missão Velha
31	0616	Barbalha	460.488	9.192.857	479,6	76,0	R. Batateira
32	0618	Crato	456.210	9.201.676	429,7	30,0	R. Batateira
33	0631	Crato	456.965	9.209.409	440,0	80,0	Mauriti
34	0642	Crato	458.256	9.213.396	422,4	35,0	Mauriti
35	0648	Crato	454.832	9.205.611	480,6	60,0	R. Batateira
36	0662	Crato	456.843	9.202.641	400,1	80,0	R. Batateira
37	0664	Crato	451.466	9.202.283	481,4	134,0	R. Batateira
38	0668	Barbalha	452.459	9.175.072	880,0	76,0	Exu
39	0678	Crato	452.502	9.197.805	587,0	50,0	R. Batateira
40	0687	Crato	450.074	9.203.366	652,4	102,0	Santana
41	0689	Crato	458.203	9.194.749	574,5	120,0	R. Batateira
42	0708	Crato	448.431	9.202.012	777,0	50,0	Arajara
43	0720	Barbalha	464.311	9.194.894	440,0	121,0	R. Batateira
44	0723	Barbalha	468.897	9.192.401	440,0	80,0	R. Batateira
45	0737	Juazeiro do Norte	465.382	9.202.592	512,9	72,0	R. Batateira
46	0738	Juazeiro do Norte	465.315	9.202.519	512,9	85,0	R. Batateira
47	0745	Crato	457.934	9.198.170	480,0	116,0	R. Batateira
48	0751	Crato	455.295	9.213.134	439,7	104,0	Mauriti
49	0773	Juazeiro do Norte	473.637	9.209.034	360,0	30,0	Cristalino
50	0775	Juazeiro do Norte	470.955	9.207.010	367,9	92,0	Missão Velha
51	0782	Juazeiro do Norte	471.030	9.199.751	399,9	55,0	R. Batateira
52	0798	Juazeiro do Norte	462.147	9.210.625	400,0	77,0	Mauriti
53	0808	Crato	454.463	9.197.181	523,4	50,0	R. Batateira
54	0821	Crato	455.539	9.200.533	440,0	46,0	R. Batateira
55	0833	Crato	450.558	9.199.414	477,9	129,7	Missão Velha
56	0834	Juazeiro do Norte	474.007	9.206.101	400,0	72,0	Mauriti
57	1442	Crato	444.049	9.204.505	890,0	178,0	Exú
58	F-30	Crato	450.902	9.195.658	890,0	0,0	Arajara
59	F-52A	Barbalha	454.417	9.189.426	890,0	0,0	Arajara
60	F-52B	Barbalha	454.417	9.189.426	960,0	0,0	Arajara

TAB. A03-2 – Dados da primeira campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	29/10/03	29/10/03	29,97	6,51	0,29	4,55	2,09	17,90	169,65
0009	J. do Norte	82,80	29/10/03	29/10/03	30,16	5,78	0,10	10,87	0,93	19,60	97,50
0013	J. do Norte	140,00	29/10/03	29/10/03	30,26	6,20	0,10	11,26	6,34	38,40	254,80
0014	J. do Norte	210,00	17/10/03	29/10/03	32,95	7,20	0,10	2,91	1,22	18,00	390,00
0015	J. do Norte	150,00	17/10/03	29/10/03	31,62	7,57	0,16	2,58	0,87	12,30	167,70
0017	J. do Norte	105,00	18/10/03	29/10/03	32,34	6,34	0,54	1,89	1,33	11,40	53,30
0018	J. do Norte	90,00	17/10/03	29/10/03	26,68	6,59	0,44	15,80	4,40	15,50	156,65
0031	Crato	92,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0033	Crato	95,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0037	Crato	109,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0041	Crato	107,70	17/10/03	29/10/03	28,07	7,00	0,43	4,33	3,83	28,60	157,95
0046	Crato	118,00	29/10/03	29/10/03	28,16	5,63	0,36	5,98	1,24	8,20	111,80
0051	Barbalha	163,20	28/10/03	29/10/03	28,88	6,55	0,76	8,16	1,04	44,00	137,80
0056	Crato	138,00	16/10/03	29/10/03	27,92	6,35	0,48	9,09	0,88	19,60	92,30
0059	J. do Norte	76,00	29/10/03	29/10/03	30,05	6,16	0,37	4,01	0,95	17,20	87,10
0073	J. do Norte	65,00	17/10/03	29/10/03	30,58	5,63	0,61	2,18	3,92	34,30	84,50
0144	Barbalha	60,00	28/10/03	29/10/03	31,13	6,05	0,63	2,96	2,76	17,90	35,75
0168	Barbalha	80,00	28/10/03	29/10/03	29,54	5,52	0,65	2,70	1,37	40,00	26,65
0210	J. do Norte	60,00	17/10/03	29/10/03	29,76	6,05	0,35	2,70	5,54	-	92,95
0242	Crato	60,00	17/10/03	29/10/03	29,16	6,29	0,16	4,88	10,10	32,70	240,50
0297	Barbalha	100,00	28/10/03	29/10/03	29,52	5,60	0,10	4,83	1,54	22,00	61,75
0425	Barbalha	48,00	28/10/03	29/10/03	28,18	6,34	0,27	10,18	2,01	15,50	142,35
0472	Barbalha	105,00	28/10/03	29/10/03	27,83	5,67	0,26	9,96	2,29	26,20	80,60
0481	Barbalha	88,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0485	Barbalha	95,00	28/10/03	29/10/03	28,25	6,22	0,67	4,51	8,94	22,00	120,25
0488	Barbalha	100,00	28/10/03	29/10/03	28,39	6,06	0,30	3,80	4,91	20,40	64,35
0516	J. do Norte	34,00	18/10/03	29/10/03	29,93	5,64	0,10	3,75	25,00	21,00	215,80
0561	Crato	150,00	29/10/03	29/10/03	29,50	6,27	0,10	4,88	1,10	18,70	79,30
0562	Crato	72,00	16/10/03	29/10/03	31,72	6,37	0,61	7,25	3,56	21,20	115,70
0565	Crato	64,00	17/10/03	29/10/03	27,41	5,89	0,44	5,02	12,10	-	165,10
0616	Barbalha	76,00	28/10/03	29/10/03	28,03	5,64	0,66	2,62	4,35	18,70	59,80
0618	Crato	30,00	16/10/03	29/10/03	27,74	6,87	0,20	3,53	0,59	22,00	109,20
0631	Crato	80,00	17/10/03	29/10/03	28,54	5,88	0,43	4,25	2,64	31,80	110,50
0642	Crato	35,00	16/10/03	29/10/03	28,95	6,25	0,10	10,58	1,98	-	435,50
0648	Crato	60,00	17/10/03	29/10/03	27,91	6,18	0,24	6,83	2,76	83,30	363,35
0662	Crato	80,00	17/10/03	29/10/03	28,42	6,30	0,33	2,86	5,73	26,00	128,70
0664	Crato	134,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0668	Barbalha	76,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0678	Crato	50,00	16/10/03	29/10/03	27,20	6,87	0,94	16,40	3,59	31,80	451,10
0687	Crato	102,00	15/10/03	29/10/03	28,70	6,70	0,50	16,64	1,51	72,70	1.196,65
0689	Crato	120,00	15/10/03	29/10/03	29,00	6,92	0,39	9,86	4,05	72,70	611,65
0708	Crato	50,00	15/10/03	29/10/03	26,43	6,16	0,53	10,26	0,91	20,40	322,40
0720	Barbalha	121,00	28/10/03	29/10/03	29,57	5,60	0,14	5,37	0,60	21,20	24,05
0723	Barbalha	80,00	28/10/03	29/10/03	28,41	7,02	0,47	3,93	3,96	-	146,25
0737	J. do Norte	72,00	18/10/03	29/10/03	29,60	5,25	0,10	7,33	56,18	-	338,65
0738	J. do Norte	85,00	18/10/03	29/10/03	29,72	4,71	0,10	8,97	52,32	101,00	570,05
0745	Crato	116,00	16/10/03	29/10/03	29,20	6,56	0,38	3,88	0,99	12,30	182,00
0751	Crato	104,00	16/10/03	29/10/03	29,21	6,57	-	9,00	2,78	26,10	101,40
0773	J. do Norte	30,00	20/10/03	29/10/03	30,54	6,77	0,17	2,86	21,45	107,80	648,05
0775	J. do Norte	92,00	20/10/03	29/10/03	30,14	7,04	0,10	3,84	2,03	22,00	190,45
0782	J. do Norte	55,00	18/10/03	29/10/03	30,44	6,77	0,16	2,16	0,93	64,50	118,30
0798	J. do Norte	77,00	20/10/03	29/10/03	31,45	6,06	0,21	3,28	2,89	31,00	133,90
0808	Crato	50,00	16/10/03	29/10/03	27,64	6,06	0,55	11,93	1,24	38,40	185,25
0821	Crato	46,00	29/10/03	29/10/03	28,26	5,54	0,50	6,62	19,50	17,20	168,35
0833	Crato	129,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0834	J. do Norte	72,00	20/10/03	29/10/03	30,40	7,68	0,24	4,60	3,68	190,00	865,80
1442	Crato	178,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-30	Crato	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52A	Barbalha	0,00	28/10/03	29/10/03	25,18	5,09	0,10	3,42	0,11	13,00	13,00
F-52B	Barbalha	0,00	28/10/03	29/10/03	25,01	5,01	0,10	12,12	0,14	16,30	14,95

TAB. A03-3 – Dados da segunda campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	08/12/03	09/12/03	30,27	6,46	-	2,72	1,63	19,00	168,35
0009	J. do Norte	82,80	08/12/03	09/12/03	33,11	5,93	-	2,92	0,80	24,00	96,20
0013	J. do Norte	140,00	08/12/03	09/12/03	30,11	6,22	-	2,88	7,30	39,00	251,55
0014	J. do Norte	210,00	08/12/03	09/12/03	33,00	7,20	-	3,30	1,32	17,00	393,90
0015	J. do Norte	150,00	08/12/03	09/12/03	33,59	7,35	-	2,57	0,94	20,00	282,10
0017	J. do Norte	105,00	07/12/03	09/12/03	29,66	5,74	-	3,55	0,73	27,00	35,10
0018	J. do Norte	90,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0031	Crato	92,30	06/12/03	09/12/03	28,38	6,43	-	4,02	8,75	37,00	167,05
0033	Crato	95,00	06/12/03	09/12/03	27,18	6,62	-	3,69	2,91	39,00	79,95
0037	Crato	109,50	06/12/03	09/12/03	28,29	5,90	-	4,33	16,43	69,00	271,05
0041	Crato	107,70	04/12/03	09/12/03	28,50	6,85	-	2,41	4,17	29,00	157,95
0046	Crato	118,00	04/12/03	09/12/03	27,95	6,14	-	2,40	1,59	28,00	112,45
0051	Barbalha	163,20	07/12/03	09/12/03	27,79	6,67	-	6,13	0,80	36,00	137,80
0056	Crato	138,00	09/12/03	09/12/03	28,66	6,30	-	2,27	1,13	29,00	85,80
0059	J. do Norte	76,00	08/12/03	09/12/03	30,32	6,31	-	2,07	0,94	23,00	65,00
0073	J. do Norte	65,00	07/12/03	09/12/03	30,86	5,86	-	2,87	1,10	32,00	62,40
0144	Barbalha	60,00	07/12/03	09/12/03	28,91	6,54	-	2,73	1,84	18,00	70,20
0168	Barbalha	80,00	07/12/03	09/12/03	29,40	5,42	-	2,36	0,72	26,00	42,90
0210	J. do Norte	60,00	09/12/03	09/12/03	29,61	5,27	-	4,24	3,89	23,00	41,60
0242	Crato	60,00	09/12/03	09/12/03	29,44	6,21	-	3,70	6,87	35,00	212,55
0297	Barbalha	100,00	07/12/03	09/12/03	28,84	5,56	-	2,60	1,09	24,00	61,10
0425	Barbalha	48,00	06/12/03	09/12/03	27,54	6,14	-	3,45	1,67	49,00	78,65
0472	Barbalha	105,00	06/12/03	09/12/03	31,33	5,65	-	2,80	1,37	25,00	88,40
0481	Barbalha	88,00	06/12/03	09/12/03	27,90	5,67	-	2,06	0,65	26,00	60,45
0485	Barbalha	95,00	06/12/03	09/12/03	28,24	5,51	-	1,96	2,50	17,00	31,85
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	08/12/03	09/12/03	29,95	5,29	-	3,95	24,36	19,00	329,55
0561	Crato	150,00	09/12/03	09/12/03	29,30	6,35	-	2,88	1,02	19,00	150,80
0562	Crato	72,00	04/12/03	09/12/03	33,98	6,25	-	2,69	3,01	27,00	122,85
0565	Crato	64,00	04/12/03	09/12/03	33,51	5,71	-	3,38	12,09	60,00	198,25
0616	Barbalha	76,00	04/12/03	09/12/03	28,50	6,21	-	2,50	6,59	21,00	121,55
0618	Crato	30,00	04/12/03	09/12/03	28,06	6,33	-	2,29	1,39	40,00	139,10
0631	Crato	80,00	04/12/03	09/12/03	29,90	5,56	-	3,09	5,10	51,00	171,60
0642	Crato	35,00	04/12/03	09/12/03	29,41	6,42	-	3,11	4,07	46,00	208,65
0648	Crato	60,00	04/12/03	09/12/03	29,20	6,44	-	4,46	3,87	83,00	188,50
0662	Crato	80,00	04/12/03	09/12/03	28,96	6,24	-	2,23	6,24	30,00	143,65
0664	Crato	134,00	04/12/03	09/12/03	29,14	6,60	-	1,75	2,91	28,00	167,70
0668	Barbalha	76,00	05/12/03	09/12/03	27,14	5,88	-	1,03	0,26	33,00	22,10
0678	Crato	50,00	06/12/03	09/12/03	27,31	6,80	-	6,45	3,39	42,00	451,10
0687	Crato	102,00	04/12/03	09/12/03	27,20	6,76	-	7,00	1,57	85,00	1.660,10
0689	Crato	120,00	06/12/03	09/12/03	29,56	6,96	-	4,98	3,13	82,00	611,65
0708	Crato	50,00	04/12/03	09/12/03	26,66	6,34	-	5,93	0,87	25,00	412,10
0720	Barbalha	121,00	06/12/03	09/12/03	31,17	5,33	-	1,97	0,58	14,00	47,45
0723	Barbalha	80,00	06/12/03	09/12/03	27,80	7,00	-	3,61	3,84	25,00	146,90
0737	J. do Norte	72,00	09/12/03	09/12/03	29,94	5,15	-	7,95	56,00	106,00	551,20
0738	J. do Norte	85,00	09/12/03	09/12/03	29,62	4,90	-	9,40	51,59	116,00	555,75
0745	Crato	116,00	06/12/03	09/12/03	29,04	6,53	-	3,05	0,94	23,00	94,25
0751	Crato	104,00	04/12/03	09/12/03	29,46	6,28	-	2,23	5,16	25,00	100,10
0773	J. do Norte	30,00	08/12/03	09/12/03	31,75	6,67	-	4,44	24,06	154,00	739,05
0775	J. do Norte	92,00	08/12/03	09/12/03	31,25	7,05	-	3,61	1,69	35,00	363,35
0782	J. do Norte	55,00	08/12/03	09/12/03	29,91	6,95	-	2,82	0,72	27,00	228,80
0798	J. do Norte	77,00	04/12/03	09/12/03	30,64	6,05	-	2,89	4,89	38,00	128,70
0808	Crato	50,00	06/12/03	09/12/03	28,65	6,04	-	3,71	1,00	46,00	180,05
0821	Crato	46,00	04/12/03	09/12/03	28,72	5,60	-	3,23	31,00	67,00	299,65
0833	Crato	129,70	06/12/03	09/12/03	32,63	5,94	-	3,36	5,53	33,00	121,55
0834	J. do Norte	72,00	08/12/03	09/12/03	30,65	7,65	-	3,99	6,00	178,00	881,40
1442	Crato	178,00	09/12/03	09/12/03	25,91	5,83	-	1,11	0,23	12,00	21,45
F-30	Crato	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52A	Barbalha	0,00	06/12/03	09/12/03	25,58	5,43	-	1,64	0,10	12,00	13,00
F-52B	Barbalha	0,00	06/12/03	09/12/03	24,00	5,17	-	1,37	0,10	12,00	16,25

TAB. A03-4 – Dados da terceira campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	14/01/04	20/01/04	29,69	6,66	0,48	1,94	2,20	13,00	165,10
0009	J. do Norte	82,80	14/01/04	20/01/04	29,37	6,05	0,29	2,31	1,14	19,10	90,35
0013	J. do Norte	140,00	14/01/04	20/01/04	29,69	6,41	0,32	3,12	12,35	46,00	252,85
0014	J. do Norte	210,00	16/01/04	20/01/04	33,01	7,71	0,10	2,27	1,00	27,70	394,55
0015	J. do Norte	150,00	16/01/04	20/01/04	31,73	7,50	0,10	2,28	0,52	20,80	273,65
0017	J. do Norte	105,00	16/01/04	20/01/04	29,69	6,00	0,10	2,58	0,98	21,70	46,15
0018	J. do Norte	90,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0031	Crato	92,30	15/01/04	20/01/04	28,45	6,49	0,10	2,60	8,26	34,00	194,35
0033	Crato	95,00	19/01/04	20/01/04	26,59	6,22	0,35	3,94	3,64	30,30	150,15
0037	Crato	109,50	15/01/04	20/01/04	28,38	6,31	0,10	2,20	16,64	63,20	251,55
0041	Crato	107,70	14/01/04	20/01/04	27,78	6,41	1,90	2,35	4,33	30,10	152,10
0046	Crato	118,00	14/01/04	20/01/04	27,73	6,03	1,50	4,01	1,02	29,00	112,45
0051	Barbalha	163,20	17/01/04	20/01/04	27,39	6,91	0,10	2,68	0,63	41,60	247,65
0056	Crato	138,00	16/01/04	20/01/04	28,08	6,17	0,10	2,71	0,89	24,30	90,35
0059	J. do Norte	76,00	14/01/04	20/01/04	29,15	6,33	0,31	2,09	0,81	19,10	83,20
0073	J. do Norte	65,00	16/01/04	20/01/04	33,25	6,19	0,10	1,94	1,91	-	27,30
0144	Barbalha	60,00	17/01/04	20/01/04	26,60	6,36	0,10	2,03	1,56	17,30	65,00
0168	Barbalha	80,00	17/01/04	20/01/04	29,00	5,48	0,10	2,30	1,13	19,90	42,90
0210	J. do Norte	60,00	14/01/04	20/01/04	28,89	6,30	0,10	3,15	4,68	27,00	42,90
0242	Crato	60,00	14/01/04	20/01/04	28,69	6,38	0,84	6,12	6,20	33,00	209,30
0297	Barbalha	100,00	14/01/04	20/01/04	29,25	6,20	0,10	2,24	1,00	24,30	59,15
0425	Barbalha	48,00	20/01/04	20/01/04	27,49	6,27	0,10	3,82	3,73	28,60	143,65
0472	Barbalha	105,00	17/01/04	20/01/04	27,64	5,66	0,10	3,17	2,20	23,40	156,65
0481	Barbalha	88,00	17/01/04	20/01/04	27,42	5,53	0,10	2,16	0,38	26,00	57,20
0485	Barbalha	95,00	19/01/04	20/01/04	28,25	6,52	0,10	2,88	9,38	20,80	121,55
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	16/01/04	20/01/04	29,94	5,65	0,44	4,04	34,19	70,20	343,20
0561	Crato	150,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0562	Crato	72,00	15/01/04	20/01/04	29,02	6,33	2,23	2,28	2,27	26,00	55,90
0565	Crato	64,00	15/01/04	20/01/04	28,76	5,72	0,10	5,13	11,00	60,60	161,85
0616	Barbalha	76,00	19/01/04	20/01/04	27,43	5,95	0,10	2,24	3,53	70,20	58,50
0618	Crato	30,00	14/01/04	20/01/04	27,14	6,40	2,31	1,81	0,59	48,00	87,75
0631	Crato	80,00	15/01/04	20/01/04	28,62	5,48	0,10	2,57	4,34	70,20	170,30
0642	Crato	35,00	15/01/04	20/01/04	28,78	6,28	0,10	3,27	4,54	49,20	534,30
0648	Crato	60,00	15/01/04	20/01/04	29,38	6,14	0,10	4,54	2,54	90,10	384,80
0662	Crato	80,00	14/01/04	20/01/04	28,66	6,27	0,10	1,53	5,13	30,30	137,80
0664	Crato	134,00	14/01/04	20/01/04	26,47	6,40	1,46	4,16	0,56	23,00	197,60
0668	Barbalha	76,00	20/01/04	20/01/04	26,46	5,12	0,10	1,70	0,47	19,90	20,80
0678	Crato	50,00	14/01/04	20/01/04	26,99	6,83	1,50	3,38	2,32	28,60	443,30
0687	Crato	102,00	19/01/04	20/01/04	25,22	6,60	0,10	5,27	1,21	84,90	1.484,60
0689	Crato	120,00	19/01/04	20/01/04	27,94	6,98	0,10	5,24	5,51	123,00	798,85
0708	Crato	50,00	14/01/04	20/01/04	25,87	5,89	1,31	5,90	0,85	22,50	317,85
0720	Barbalha	121,00	17/01/04	20/01/04	26,80	5,35	0,10	3,37	0,72	25,10	42,90
0723	Barbalha	80,00	17/01/04	20/01/04	27,70	6,64	0,10	2,66	4,12	25,10	143,65
0737	J. do Norte	72,00	16/01/04	20/01/04	30,15	5,30	0,10	6,29	62,00	108,30	541,45
0738	J. do Norte	85,00	16/01/04	20/01/04	29,80	5,24	0,10	5,69	57,85	173,00	563,55
0745	Crato	116,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0751	Crato	104,00	15/01/04	20/01/04	28,27	6,30	0,20	2,44	2,57	35,00	97,50
0773	J. do Norte	30,00	16/01/04	20/01/04	30,19	6,61	0,10	3,90	44,88	25,10	941,20
0775	J. do Norte	92,00	16/01/04	20/01/04	30,41	7,52	0,10	2,60	1,33	32,00	375,05
0782	J. do Norte	55,00	16/01/04	20/01/04	30,38	7,08	0,10	1,80	0,62	30,30	232,70
0798	J. do Norte	77,00	15/01/04	20/01/04	31,22	6,01	0,10	2,85	3,79	35,00	130,00
0808	Crato	50,00	19/01/04	20/01/04	28,22	6,01	0,10	4,29	1,13	44,20	179,40
0821	Crato	46,00	14/01/04	20/01/04	28,00	5,92	1,60	5,06	29,59	57,20	297,70
0833	Crato	129,70	15/01/04	20/01/04	28,58	5,81	0,10	2,18	6,59	43,30	111,80
0834	J. do Norte	72,00	16/01/04	20/01/04	30,69	7,74	0,10	5,43	3,27	212,20	885,30
1442	Crato	178,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-30	Crato	0,00	20/01/04	20/01/04	24,74	5,81	0,10	0,88	0,24	13,90	7,80
F-52A	Barbalha	0,00	17/01/04	20/01/04	25,11	5,49	0,10	1,95	0,21	19,10	13,65
F-52B	Barbalha	0,00	17/01/04	20/01/04	25,10	5,02	0,10	2,14	0,20	19,10	15,60

TAB. A03-5 – Dados da quarta campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	05/03/04	10/03/04	29,89	6,56	0,75	2,54	8,23	14,59	164,45
0009	J. do Norte	82,80	05/03/04	10/03/04	29,33	6,18	0,75	2,65	6,16	18,15	91,00
0013	J. do Norte	140,00	05/03/04	10/03/04	29,54	6,39	1,00	3,97	34,59	40,27	251,55
0014	J. do Norte	210,00	05/03/04	10/03/04	27,60	7,57	0,38	2,10	1,06	7,85	240,50
0015	J. do Norte	150,00	05/03/04	10/03/04	32,77	7,15	0,50	3,19	1,05	17,91	393,90
0017	J. do Norte	105,00	05/03/04	10/03/04	29,68	5,97	0,13	1,50	2,76	9,95	45,50
0018	J. do Norte	90,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0031	Crato	92,30	04/03/04	10/03/04	27,80	6,47	1,88	2,17	11,48	28,90	192,40
0033	Crato	95,00	04/03/04	10/03/04	26,87	6,87	0,13	2,42	4,87	28,10	148,20
0037	Crato	109,50	04/03/04	10/03/04	28,17	6,45	0,13	2,59	24,19	58,21	243,10
0041	Crato	107,70	04/03/04	10/03/04	28,03	6,94	2,25	1,90	5,04	19,65	156,00
0046	Crato	118,00	04/03/04	10/03/04	27,98	6,02	1,00	2,46	1,51	21,55	113,10
0051	Barbalha	163,20	06/03/04	10/03/04	27,85	7,03	0,13	1,90	1,90	28,84	147,55
0056	Crato	138,00	04/03/04	10/03/04	27,94	6,75	0,13	1,56	1,34	17,22	89,70
0059	J. do Norte	76,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0073	J. do Norte	65,00	05/03/04	10/03/04	32,33	6,11	0,13	2,14	3,85	6,41	42,90
0144	Barbalha	60,00	04/03/04	10/03/04	29,23	6,46	0,13	1,95	3,29	11,03	38,35
0168	Barbalha	80,00	05/03/04	10/03/04	29,31	5,93	0,13	2,08	1,90	11,02	34,45
0210	J. do Norte	60,00	05/03/04	10/03/04	29,20	5,74	0,13	2,71	6,50	41,80	128,05
0242	Crato	60,00	04/03/04	10/03/04	26,16	6,49	0,13	2,66	11,00	36,45	189,80
0297	Barbalha	100,00	05/03/04	10/03/04	28,74	6,97	0,13	1,33	9,45	8,88	61,10
0425	Barbalha	48,00	09/03/04	10/03/04	29,02	5,95	0,25	3,47	2,43	30,22	120,25
0472	Barbalha	105,00	09/03/04	10/03/04	27,85	6,06	0,63	2,45	1,93	18,00	161,85
0481	Barbalha	88,00	06/03/04	10/03/04	27,30	5,80	0,13	2,01	0,70	20,37	58,50
0485	Barbalha	95,00	09/03/04	10/03/04	28,82	7,36	0,50	2,19	14,75	17,22	102,05
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	05/03/04	10/03/04	29,28	6,17	0,63	5,18	73,55	89,14	367,25
0561	Crato	150,00	09/03/04	10/03/04	28,05	5,45	0,75	1,72	1,30	24,39	69,55
0562	Crato	72,00	08/03/04	10/03/04	27,05	6,35	0,50	2,54	4,45	21,02	97,50
0565	Crato	64,00	08/03/04	10/03/04	28,33	5,89	0,63	3,14	15,16	64,21	187,85
0616	Barbalha	76,00	05/03/04	10/03/04	29,28	6,17	0,63	5,18	3,55	89,14	42,25
0618	Crato	30,00	04/03/04	10/03/04	28,38	6,99	0,13	1,66	1,09	13,08	84,50
0631	Crato	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0642	Crato	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0648	Crato	60,00	08/03/04	10/03/04	27,30	6,09	0,75	3,17	2,29	31,94	181,35
0662	Crato	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0664	Crato	134,00	04/03/04	10/03/04	27,14	6,81	0,75	1,80	0,81	27,02	184,60
0668	Barbalha	76,00	04/03/04	10/03/04	26,25	5,96	0,13	2,48	0,69	7,44	21,45
0678	Crato	50,00	04/03/04	10/03/04	28,13	6,94	1,25	2,66	0,29	36,95	481,00
0687	Crato	102,00	04/03/04	10/03/04	26,50	6,70	5,38	5,45	1,57	95,57	1.535,95
0689	Crato	120,00	09/03/04	10/03/04	28,40	7,05	0,13	2,69	6,27	91,19	605,15
0708	Crato	50,00	04/03/04	10/03/04	25,41	6,24	5,63	4,50	1,88	15,82	350,35
0720	Barbalha	121,00	06/03/04	10/03/04	26,33	5,56	0,13	2,40	0,93	8,72	41,60
0723	Barbalha	80,00	09/03/04	10/03/04	28,16	6,90	0,13	2,16	7,97	21,84	282,75
0737	J. do Norte	72,00	05/03/04	10/03/04	29,59	5,25	1,38	7,29	127,80	111,10	555,10
0738	J. do Norte	85,00	04/03/04	10/03/04	28,81	5,13	2,50	9,23	140,00	136,60	646,75
0745	Crato	116,00	09/03/04	10/03/04	28,86	5,86	0,13	3,71	5,60	55,14	152,75
0751	Crato	104,00	08/03/04	10/03/04	27,85	6,01	0,50	3,24	5,39	28,71	100,10
0773	J. do Norte	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0775	J. do Norte	92,00	10/03/04	10/03/04	28,96	7,12	0,13	3,74	3,47	21,67	365,95
0782	J. do Norte	55,00	05/03/04	10/03/04	29,60	6,96	0,50	2,29	6,75	13,58	228,80
0798	J. do Norte	77,00	08/03/04	10/03/04	31,27	6,03	0,38	3,26	5,73	30,79	127,40
0808	Crato	50,00	04/03/04	10/03/04	27,75	6,34	0,88	2,09	3,54	10,36	119,60
0821	Crato	46,00	05/03/04	10/03/04	27,82	5,07	2,50	4,75	9,66	60,93	161,20
0833	Crato	129,70	04/03/04	10/03/04	28,28	5,86	1,88	2,48	8,96	26,94	110,50
0834	J. do Norte	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1442	Crato	178,00	04/03/04	10/03/04	25,32	5,63	0,13	1,85	0,29	4,54	21,45
F-30	Crato	0,00	08/03/04	10/03/04	25,28	5,95	0,38	0,52	0,69	3,77	6,50
F-52A	Barbalha	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52B	Barbalha	0,00	09/03/04	10/03/04	25,30	5,37	0,75	0,90	0,42	5,96	9,75

TAB. A03-6 – Dados da quinta campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	14/05/04	17/05/04	29,65	5,33	0,37	7,25	5,19	12,34	179,40
0009	J. do Norte	82,80	14/05/04	17/05/04	29,81	5,23	0,43	6,21	2,43	14,81	92,30
0013	J. do Norte	140,00	14/05/04	17/05/04	29,92	5,38	0,52	6,39	10,60	33,14	270,40
0014	J. do Norte	210,00	14/05/04	17/05/04	32,58	5,61	0,33	8,90	3,22	15,44	432,90
0015	J. do Norte	150,00	14/05/04	17/05/04	29,02	5,52	0,40	6,83	2,79	5,83	282,75
0017	J. do Norte	105,00	14/05/04	17/05/04	29,81	5,17	0,71	5,14	2,24	8,31	49,40
0018	J. do Norte	90,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0031	Crato	92,30	12/05/04	17/05/04	27,93	6,42	0,32	9,08	9,97	24,12	211,25
0033	Crato	95,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0037	Crato	109,50	13/05/04	17/05/04	28,40	5,79	0,37	11,65	26,77	51,62	273,00
0041	Crato	107,70	13/05/04	17/05/04	29,04	6,07	0,75	8,73	4,47	14,40	174,20
0046	Crato	118,00	12/05/04	17/05/04	28,20	6,27	0,35	9,33	1,66	16,48	124,80
0051	Barbalha	163,20	15/05/04	17/05/04	27,81	5,99	0,69	5,01	2,74	24,74	277,55
0056	Crato	138,00	13/05/04	17/05/04	28,10	6,15	0,43	5,52	1,36	12,47	101,40
0059	J. do Norte	76,00	14/05/04	17/05/04	28,89	5,26	0,59	5,44	1,96	7,58	74,75
0073	J. do Norte	65,00	14/05/04	17/05/04	30,01	4,97	0,61	8,09	1,48	8,37	39,00
0144	Barbalha	60,00	15/05/04	17/05/04	29,10	6,78	0,44	5,54	3,18	9,33	72,15
0168	Barbalha	80,00	15/05/04	17/05/04	29,08	5,58	0,61	4,05	1,94	9,15	45,50
0210	J. do Norte	60,00	17/05/04	17/05/04	29,08	5,03	0,62	5,99	4,22	29,70	62,40
0242	Crato	60,00	13/05/04	17/05/04	29,23	6,20	0,28	7,98	9,57	30,75	248,95
0297	Barbalha	100,00	14/05/04	17/05/04	28,72	4,97	0,76	6,53	3,64	13,59	72,15
0425	Barbalha	48,00	15/05/04	17/05/04	27,72	5,90	0,35	6,96	3,41	8,48	131,30
0472	Barbalha	105,00	15/05/04	17/05/04	28,34	5,91	0,43	6,99	2,37	17,67	105,95
0481	Barbalha	88,00	14/05/04	17/05/04	28,22	5,78	0,58	5,85	1,07	17,49	68,90
0485	Barbalha	95,00	14/05/04	17/05/04	28,28	5,11	0,64	6,53	7,20	11,56	67,60
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0561	Crato	150,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0562	Crato	72,00	13/05/04	17/05/04	25,83	6,16	0,70	6,23	3,55	16,36	114,40
0565	Crato	64,00	13/05/04	17/05/04	28,13	6,51	0,85	10,80	10,66	59,00	206,05
0616	Barbalha	76,00	14/05/04	17/05/04	27,31	4,96	0,64	7,95	3,79	5,65	61,10
0618	Crato	30,00	13/05/04	17/05/04	27,24	6,12	0,48	7,89	1,19	10,81	93,60
0631	Crato	80,00	13/05/04	17/05/04	28,85	6,11	0,69	7,13	4,12	47,97	152,10
0642	Crato	35,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0648	Crato	60,00	12/05/04	17/05/04	27,25	6,54	0,57	11,92	2,97	34,19	224,90
0662	Crato	80,00	13/05/04	17/05/04	28,39	6,14	0,53	7,84	5,29	22,65	138,45
0664	Crato	134,00	12/05/04	17/05/04	28,75	6,32	0,47	7,06	2,22	17,50	165,10
0668	Barbalha	76,00	17/05/04	17/05/04	26,38	5,97	0,53	4,40	1,11	10,43	22,10
0678	Crato	50,00	15/05/04	17/05/04	27,55	6,16	0,63	6,25	1,48	34,33	464,10
0687	Crato	102,00	12/05/04	17/05/04	24,74	6,26	0,54	13,67	3,78	82,59	1.596,40
0689	Crato	120,00	13/05/04	17/05/04	28,22	6,08	0,59	9,90	5,41	85,12	598,65
0708	Crato	50,00	12/05/04	17/05/04	25,12	6,24	0,48	11,39	2,39	15,63	299,65
0720	Barbalha	121,00	14/05/04	17/05/04	28,44	4,95	0,33	5,41	0,67	6,09	50,70
0723	Barbalha	80,00	15/05/04	17/05/04	28,12	5,53	0,69	7,48	7,89	16,64	308,10
0737	J. do Norte	72,00	14/05/04	17/05/04	29,77	5,23	0,58	15,21	67,65	108,40	547,95
0738	J. do Norte	85,00	14/05/04	17/05/04	29,18	5,03	0,62	12,50	76,48	141,80	386,75
0745	Crato	116,00	13/05/04	17/05/04	28,61	5,81	0,56	8,30	1,82	8,01	97,50
0751	Crato	104,00	12/05/04	17/05/04	27,87	6,64	0,72	7,33	4,29	26,64	111,15
0773	J. do Norte	30,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0775	J. do Norte	92,00	14/05/04	17/05/04	27,73	5,50	0,54	8,71	6,26	21,55	390,00
0782	J. do Norte	55,00	14/05/04	17/05/04	30,04	5,41	0,35	7,38	1,87	11,56	251,55
0798	J. do Norte	77,00	13/05/04	17/05/04	30,14	6,13	0,58	7,46	4,94	22,63	135,20
0808	Crato	50,00	13/05/04	17/05/04	29,90	5,91	0,71	8,25	2,17	22,63	140,40
0821	Crato	46,00	12/05/04	17/05/04	28,47	6,32	0,67	14,67	31,34	59,25	292,50
0833	Crato	129,70	12/05/04	17/05/04	26,33	6,33	0,54	6,64	3,71	19,57	104,00
0834	J. do Norte	72,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1442	Crato	178,00	17/05/04	17/05/04	25,62	4,93	0,65	2,57	0,22	5,34	7,80
F-30	Crato	0,00	17/05/04	17/05/04	25,72	5,00	0,75	0,75	0,85	3,13	7,80
F-52A	Barbalha	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52B	Barbalha	0,00	15/05/04	17/05/04	25,78	5,71	0,67	3,74	0,80	5,05	18,20

TAB. A03-7 – Dados da sexta campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	16/07/04	20/07/04	29,55	7,72	0,42	9,59	0,99	15,26	93,60
0009	J. do Norte	82,80	16/07/04	20/07/04	29,33	7,24	0,51	14,25	0,62	25,52	95,55
0013	J. do Norte	140,00	16/07/04	20/07/04	29,51	6,89	0,53	42,05	7,12	53,19	135,20
0014	J. do Norte	210,00	19/07/04	20/07/04	32,41	10,21	0,43	64,24	0,77	31,86	432,90
0015	J. do Norte	150,00	19/07/04	20/07/04	30,14	9,58	0,38	21,72	0,56	13,39	300,95
0017	J. do Norte	105,00	16/07/04	20/07/04	29,28	6,74	0,62	11,42	0,27	10,38	26,65
0018	J. do Norte	90,00	16/07/04	20/07/04	29,25	7,01	0,62	12,85	0,39	11,51	39,00
0031	Crato	92,30	16/07/04	20/07/04	27,60	7,30	0,30	44,31	3,58	34,65	107,25
0033	Crato	95,00	17/07/04	20/07/04	26,97	7,25	0,63	26,74	1,51	26,35	118,30
0037	Crato	109,50	17/07/04	20/07/04	27,83	6,62	0,42	29,81	8,68	58,52	260,00
0041	Crato	107,70	16/07/04	20/07/04	28,05	8,30	0,66	22,19	1,10	22,40	85,15
0046	Crato	118,00	16/07/04	20/07/04	27,77	6,90	0,36	32,69	0,26	22,95	68,90
0051	Barbalha	163,20	17/07/04	20/07/04	27,06	8,63	0,71	16,87	7,05	25,75	156,00
0056	Crato	138,00	19/07/04	20/07/04	27,25	7,70	0,36	21,54	2,11	40,70	104,65
0059	J. do Norte	76,00	16/07/04	20/07/04	29,29	6,96	0,39	12,76	0,22	15,02	86,45
0073	J. do Norte	65,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0144	Barbalha	60,00	17/07/04	20/07/04	29,39	6,78	0,60	17,70	0,45	12,67	72,80
0168	Barbalha	80,00	17/07/04	20/07/04	29,38	5,65	0,49	17,50	0,20	12,34	39,65
0210	J. do Norte	60,00	16/07/04	20/07/04	29,29	6,77	0,62	21,87	0,93	16,72	74,10
0242	Crato	60,00	16/07/04	20/07/04	29,15	7,14	0,30	29,19	2,62	37,22	130,00
0297	Barbalha	100,00	16/07/04	20/07/04	28,48	8,05	0,78	5,42	0,72	10,25	66,95
0425	Barbalha	48,00	17/07/04	20/07/04	28,42	7,02	0,53	27,14	0,88	37,32	79,95
0472	Barbalha	105,00	17/07/04	20/07/04	27,29	6,75	0,61	33,19	1,39	20,48	118,95
0481	Barbalha	88,00	17/07/04	20/07/04	27,98	5,93	0,43	24,25	0,20	20,50	65,00
0485	Barbalha	95,00	17/07/04	20/07/04	28,00	6,82	0,57	39,00	2,70	15,75	74,75
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	19/07/04	20/07/04	29,20	9,48	0,66	74,20	17,20	90,25	407,55
0561	Crato	150,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0562	Crato	72,00	20/07/04	20/07/04	27,30	7,12	0,66	24,43	0,75	23,60	117,00
0565	Crato	64,00	18/07/04	20/07/04	28,00	6,06	0,85	10,80	2,06	59,00	216,45
0616	Barbalha	76,00	17/07/04	20/07/04	27,10	6,09	0,66	22,68	1,12	12,32	65,00
0618	Crato	30,00	16/07/04	20/07/04	28,25	8,18	0,62	20,61	0,58	35,34	96,85
0631	Crato	80,00	19/07/04	20/07/04	28,70	6,67	0,81	55,62	0,48	49,37	164,45
0642	Crato	35,00	19/07/04	20/07/04	28,10	7,00	0,59	11,29	0,56	238,40	669,50
0648	Crato	60,00	19/07/04	20/07/04	25,08	7,81	0,83	23,62	0,59	48,52	289,90
0662	Crato	80,00	20/07/04	20/07/04	28,17	7,60	0,61	20,65	1,77	33,28	152,75
0664	Crato	134,00	16/07/04	20/07/04	27,75	7,54	0,63	27,61	0,43	25,60	97,50
0668	Barbalha	76,00	20/07/04	20/07/04	26,47	5,21	0,58	21,17	0,20	8,29	21,45
0678	Crato	50,00	20/07/04	20/07/04	27,36	6,73	0,72	12,80	0,20	31,57	502,45
0687	Crato	102,00	16/07/04	20/07/04	26,05	7,58	0,46	12,66	0,20	60,83	1.805,05
0689	Crato	120,00	17/07/04	20/07/04	27,99	8,61	0,60	32,30	1,68	99,44	345,15
0708	Crato	50,00	16/07/04	20/07/04	26,01	7,41	0,41	7,78	0,20	16,17	317,20
0720	Barbalha	121,00	17/07/04	20/07/04	27,76	5,71	0,34	37,56	0,20	10,49	48,10
0723	Barbalha	80,00	17/07/04	20/07/04	28,43	6,52	0,37	38,08	1,48	18,28	313,30
0737	J. do Norte	72,00	16/07/04	20/07/04	29,48	5,65	0,68	58,80	35,37	121,60	596,70
0738	J. do Norte	85,00	16/07/04	20/07/04	28,73	4,73	0,63	41,40	34,25	147,20	367,25
0745	Crato	116,00	17/07/04	20/07/04	28,15	7,71	0,51	22,64	0,31	10,00	101,40
0751	Crato	104,00	19/07/04	20/07/04	27,92	6,27	0,76	42,03	0,80	33,15	114,40
0773	J. do Norte	30,00	18/07/04	20/07/04	28,94	8,23	0,55	12,59	25,51	326,50	1.153,10
0775	J. do Norte	92,00	19/07/04	20/07/04	27,86	9,87	0,61	69,84	1,80	36,15	390,65
0782	J. do Norte	55,00	19/07/04	20/07/04	29,56	9,08	0,53	16,21	0,52	22,24	132,60
0798	J. do Norte	77,00	19/07/04	20/07/04	25,51	6,25	0,61	40,95	1,84	62,41	129,35
0808	Crato	50,00	17/07/04	20/07/04	27,73	8,44	0,43	12,13	3,46	9,93	132,60
0821	Crato	46,00	16/07/04	20/07/04	27,84	6,50	0,65	70,64	13,72	78,97	157,30
0833	Crato	129,70	16/07/04	20/07/04	27,87	6,70	0,44	24,45	0,65	26,29	52,65
0834	J. do Norte	72,00	19/07/04	20/07/04	29,67	10,58	0,45	25,46	3,73	364,30	955,50
1442	Crato	178,00	20/07/04	20/07/04	25,42	5,16	0,72	2,43	0,20	4,70	14,95
F-30	Crato	0,00	20/07/04	20/07/04	24,43	5,43	0,79	0,96	0,20	4,74	8,45
F-52A	Barbalha	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52B	Barbalha	0,00	17/07/04	20/07/04	25,14	5,80	0,66	7,13	0,29	6,44	18,20

TAB. A03-8 – Dados da sétima campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	24/09/04	27/09/04	29,62	6,48	0,72	4,12	1,52	6,26	105,30
0009	J. do Norte	82,80	24/09/04	27/09/04	29,67	6,16	0,50	7,55	1,49	8,75	96,20
0013	J. do Norte	140,00	24/09/04	27/09/04	30,02	6,24	0,56	12,08	9,27	29,62	151,45
0014	J. do Norte	210,00	24/09/04	27/09/04	32,56	8,26	0,32	9,22	2,72	11,64	399,75
0015	J. do Norte	150,00	24/09/04	27/09/04	29,42	8,12	0,38	5,38	1,76	3,76	254,80
0017	J. do Norte	105,00	24/09/04	27/09/04	29,38	5,72	0,76	5,52	1,08	4,35	24,70
0018	J. do Norte	90,00	24/09/04	27/09/04	29,43	5,28	0,61	9,03	0,92	4,76	68,25
0031	Crato	92,30	23/09/04	27/09/04	28,07	8,10	0,37	6,99	5,97	14,02	135,85
0033	Crato	95,00	25/09/04	27/09/04	26,98	7,30	0,70	3,77	3,01	23,62	79,30
0037	Crato	109,50	27/09/04	27/09/04	28,43	4,98	0,47	5,38	7,47	43,77	233,35
0041	Crato	107,70	23/09/04	27/09/04	27,98	8,15	0,83	6,95	2,40	6,57	151,45
0046	Crato	118,00	23/09/04	27/09/04	28,47	8,34	0,59	15,00	0,81	6,97	115,05
0051	Barbalha	163,20	27/09/04	27/09/04	27,72	7,89	0,78	1,77	2,06	19,26	255,45
0056	Crato	138,00	24/09/04	27/09/04	27,91	7,49	0,57	3,95	1,50	7,70	74,75
0059	J. do Norte	76,00	24/09/04	27/09/04	29,74	6,20	0,65	6,32	0,89	5,92	81,25
0073	J. do Norte	65,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0144	Barbalha	60,00	25/09/04	27/09/04	30,00	5,12	0,43	5,96	1,26	5,38	36,40
0168	Barbalha	80,00	25/09/04	27/09/04	29,27	4,45	0,64	5,84	1,05	6,80	35,10
0210	J. do Norte	60,00	25/09/04	27/09/04	29,82	5,42	0,69	7,96	2,77	18,51	109,20
0242	Crato	60,00	25/09/04	27/09/04	29,20	6,21	0,24	6,97	5,95	25,27	230,10
0297	Barbalha	100,00	24/09/04	27/09/04	29,97	6,74	0,72	4,49	1,58	7,65	57,20
0425	Barbalha	48,00	25/09/04	27/09/04	28,82	5,63	0,65	7,50	1,80	23,22	98,80
0472	Barbalha	105,00	27/09/04	27/09/04	27,92	4,25	0,62	7,77	0,90	11,56	154,70
0481	Barbalha	88,00	25/09/04	27/09/04	27,33	4,33	0,53	6,95	0,42	11,79	31,85
0485	Barbalha	95,00	25/09/04	27/09/04	28,55	5,53	0,61	5,66	5,09	5,89	115,70
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0561	Crato	150,00	23/09/04	27/09/04	29,97	8,03	0,71	7,19	1,08	4,18	130,00
0562	Crato	72,00	23/09/04	27/09/04	33,58	7,84	0,70	8,32	2,60	8,04	130,00
0565	Crato	64,00	23/09/04	27/09/04	28,67	7,77	0,81	13,94	6,35	36,49	154,70
0616	Barbalha	76,00	25/09/04	27/09/04	28,09	4,51	0,72	7,97	2,83	5,86	52,65
0618	Crato	30,00	23/09/04	27/09/04	27,67	8,27	0,62	6,43	0,85	10,00	112,45
0631	Crato	80,00	23/09/04	27/09/04	28,90	7,67	0,76	12,81	2,39	24,52	137,15
0642	Crato	35,00	23/09/04	27/09/04	29,04	8,00	0,57	10,71	2,06	37,48	546,00
0648	Crato	60,00	23/09/04	27/09/04	28,60	8,00	0,52	16,06	2,52	31,34	330,85
0662	Crato	80,00	23/09/04	27/09/04	28,43	8,12	0,66	9,33	4,29	12,67	113,75
0664	Crato	134,00	23/09/04	27/09/04	27,96	8,16	0,62	9,25	1,51	8,17	85,15
0668	Barbalha	76,00	27/09/04	27/09/04	26,37	5,25	0,60	6,59	0,40	29,75	16,25
0678	Crato	50,00	27/09/04	27/09/04	27,91	6,43	0,77	5,57	4,53	51,14	460,20
0687	Crato	102,00	23/09/04	27/09/04	25,32	8,43	0,41	13,60	0,98	50,50	1.328,60
0689	Crato	120,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0708	Crato	50,00	23/09/04	27/09/04	26,39	8,54	0,77	8,36	0,52	6,38	317,20
0720	Barbalha	121,00	25/09/04	27/09/04	28,12	4,88	0,69	6,18	0,93	5,44	39,00
0723	Barbalha	80,00	27/09/04	27/09/04	28,29	6,12	0,45	4,81	2,98	29,80	277,55
0737	J. do Norte	72,00	24/09/04	27/09/04	29,85	5,45	0,71	19,42	43,54	148,70	403,00
0738	J. do Norte	85,00	24/09/04	27/09/04	29,48	4,53	0,60	13,00	37,08	132,90	374,40
0745	Crato	116,00	25/09/04	27/09/04	28,46	6,53	0,40	4,79	1,11	7,25	90,35
0751	Crato	104,00	23/09/04	27/09/04	29,01	8,17	0,86	7,62	2,51	12,69	54,60
0773	J. do Norte	30,00	24/09/04	27/09/04	27,27	7,96	1,07	11,28	33,81	316,70	1.082,90
0775	J. do Norte	92,00	24/09/04	27/09/04	29,89	8,07	0,52	8,70	2,66	10,96	382,20
0782	J. do Norte	55,00	24/09/04	27/09/04	29,97	7,81	0,62	5,01	1,44	8,23	185,90
0798	J. do Norte	77,00	23/09/04	27/09/04	30,29	7,75	0,65	11,68	3,53	14,42	126,75
0808	Crato	50,00	27/09/04	27/09/04	27,81	5,04	0,48	4,25	1,95	7,75	113,10
0821	Crato	46,00	27/09/04	27/09/04	28,17	3,09	0,73	19,12	17,33	98,58	293,80
0833	Crato	129,70	27/09/04	27/09/04	28,09	3,54	0,50	9,17	3,63	55,38	98,80
0834	J. do Norte	72,00	24/09/04	27/09/04	30,12	8,56	0,63	17,24	8,76	302,50	875,55
1442	Crato	178,00	23/09/04	27/09/04	25,16	8,23	0,82	5,44	0,36	4,40	13,00
F-30	Crato	0,00	27/09/04	27/09/04	25,08	7,08	0,78	0,47	3,75	3,14	7,80
F-52A	Barbalha	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52B	Barbalha	0,00	27/09/04	27/09/04	25,84	5,91	0,70	3,20	0,31	4,12	18,20

TAB. A03-9 – Dados da oitava campanha de monitoramento qualitativo na área do GCJ

Nº do Ponto	Município	Prof. (m)	Data Original	Data Normalizada	T (°C)	pH	OD (mg/L)	NH3 (mg/L)	NO3 (mgN-NO3/L)	CL (mg/L)	STD (mg/L)
0007	J. do Norte	154,80	30/12/04	30/12/04	29,77	7,65	0,46	19,40	2,64	-	92,95
0009	J. do Norte	82,80	30/12/04	30/12/04	29,61	7,67	0,48	18,42	2,12	-	95,55
0013	J. do Norte	140,00	30/12/04	30/12/04	29,51	7,92	0,49	18,81	22,57	-	254,80
0014	J. do Norte	210,00	29/12/04	30/12/04	32,41	11,87	0,83	5,18	1,04	-	339,30
0015	J. do Norte	150,00	29/12/04	30/12/04	31,79	11,56	0,72	6,72	7,07	-	277,55
0017	J. do Norte	105,00	29/12/04	30/12/04	29,21	7,42	0,93	4,81	1,41	-	26,00
0018	J. do Norte	90,00	29/12/04	30/12/04	29,47	6,29	0,85	5,84	1,26	-	70,85
0031	Crato	92,30	28/12/04	30/12/04	27,55	8,48	0,44	45,65	6,63	-	100,10
0033	Crato	95,00	30/12/04	30/12/04	26,70	10,61	0,72	3,36	3,00	-	78,65
0037	Crato	109,50	29/12/04	30/12/04	27,92	6,06	0,72	20,51	27,48	-	248,95
0041	Crato	107,70	29/12/04	30/12/04	28,05	8,42	0,86	7,21	8,17	-	160,55
0046	Crato	118,00	27/12/04	30/12/04	27,74	7,23	0,71	51,18	1,81	-	116,35
0051	Barbalha	163,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0056	Crato	138,00	28/12/04	30/12/04	28,04	8,77	0,60	27,12	1,97	-	47,45
0059	J. do Norte	76,00	30/12/04	30/12/04	28,87	7,13	0,46	19,54	0,77	-	34,45
0073	J. do Norte	65,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0144	Barbalha	60,00	28/12/04	30/12/04	30,11	6,88	0,77	6,23	2,08	-	70,20
0168	Barbalha	80,00	28/12/04	30/12/04	29,26	6,33	0,69	23,67	0,53	-	24,05
0210	J. do Norte	60,00	28/12/04	30/12/04	29,72	5,85	0,74	24,68	2,15	-	121,55
0242	Crato	60,00	28/12/04	30/12/04	29,55	8,54	0,54	21,77	9,88	-	118,95
0297	Barbalha	100,00	29/12/04	30/12/04	28,75	8,10	0,88	3,56	3,57	-	73,45
0425	Barbalha	48,00	28/12/04	30/12/04	29,00	8,33	0,92	9,37	2,93	-	150,80
0472	Barbalha	105,00	30/12/04	30/12/04	27,59	8,90	0,57	8,45	5,18	-	113,75
0481	Barbalha	88,00	28/12/04	30/12/04	28,84	6,25	0,71	10,82	0,43	-	62,40
0485	Barbalha	95,00	28/12/04	30/12/04	28,26	9,98	0,85	13,19	10,34	-	119,60
0488	Barbalha	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0516	J. do Norte	34,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0561	Crato	150,00	28/12/04	30/12/04	28,86	8,75	0,60	18,87	1,16	-	150,80
0562	Crato	72,00	29/12/04	30/12/04	28,83	7,72	0,75	8,78	3,88	-	132,60
0565	Crato	64,00	29/12/04	30/12/04	28,42	7,38	0,69	29,15	10,66	-	204,10
0616	Barbalha	76,00	28/12/04	30/12/04	27,58	6,88	0,87	12,23	3,09	-	60,45
0618	Crato	30,00	28/12/04	30/12/04	27,46	8,92	0,52	16,36	1,42	-	45,50
0631	Crato	80,00	29/12/04	30/12/04	28,75	7,01	0,68	17,67	3,15	-	133,90
0642	Crato	35,00	29/12/04	30/12/04	29,63	8,15	0,63	18,69	3,60	-	265,20
0648	Crato	60,00	29/12/04	30/12/04	28,15	6,22	0,61	74,85	3,25	-	332,80
0662	Crato	80,00	29/12/04	30/12/04	28,50	7,55	0,83	5,75	6,26	-	152,75
0664	Crato	134,00	27/12/04	30/12/04	28,51	10,81	0,68	59,04	6,28	-	85,80
0668	Barbalha	76,00	27/12/04	30/12/04	26,53	6,55	0,62	12,37	0,45	-	22,10
0678	Crato	50,00	27/12/04	30/12/04	27,40	9,25	0,74	40,07	7,24	-	254,80
0687	Crato	102,00	27/12/04	30/12/04	31,72	9,71	0,76	99,80	3,19	-	1.547,00
0689	Crato	120,00	28/12/04	30/12/04	28,91	10,37	0,87	32,78	5,63	-	624,00
0708	Crato	50,00	27/12/04	30/12/04	25,51	6,37	0,65	43,05	0,80	-	285,35
0720	Barbalha	121,00	28/12/04	30/12/04	28,20	6,23	0,69	18,34	0,61	-	44,20
0723	Barbalha	80,00	30/12/04	30/12/04	28,21	9,57	0,48	11,06	9,12	-	154,70
0737	J. do Norte	72,00	30/12/04	30/12/04	28,07	5,27	0,59	29,83	64,52	-	529,75
0738	J. do Norte	85,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0745	Crato	116,00	28/12/04	30/12/04	28,91	8,97	0,86	16,12	1,99	-	102,05
0751	Crato	104,00	29/12/04	30/12/04	28,17	8,70	0,70	13,83	6,29	-	68,90
0773	J. do Norte	30,00	29/12/04	30/12/04	29,66	10,21	0,90	17,88	73,49	-	904,15
0775	J. do Norte	92,00	29/12/04	30/12/04	30,75	11,51	0,88	13,14	7,43	-	328,90
0782	J. do Norte	55,00	30/12/04	30/12/04	29,75	10,20	0,47	4,18	4,53	-	163,15
0798	J. do Norte	77,00	29/12/04	30/12/04	30,15	7,72	0,74	21,54	4,23	-	85,15
0808	Crato	50,00	30/12/04	30/12/04	27,27	10,10	0,47	5,76	1,02	-	76,05
0821	Crato	46,00	29/12/04	30/12/04	28,16	4,87	0,71	113,40	38,45	-	293,80
0833	Crato	129,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0834	J. do Norte	72,00	29/12/04	30/12/04	29,40	12,32	1,09	27,88	8,11	-	811,20
1442	Crato	178,00	27/12/04	30/12/04	25,66	7,05	0,72	11,74	0,40	-	16,25
F-30	Crato	0,00	28/12/04	30/12/04	24,78	10,19	0,58	1,75	6,99	-	8,45
F-52A	Barbalha	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F-52B	Barbalha	0,00	30/12/04	30/12/04	25,32	7,37	0,61	18,48	0,40	-	16,90

ANEXO IV

MAPAS DE LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA DO GCJ

DE-A04-01 – Mapa de caracterização do potencial qualitativo na área do **GCJ**.

DE-A04-02 – Mapa de caracterização do potencial quantitativo na área do **GCJ**.

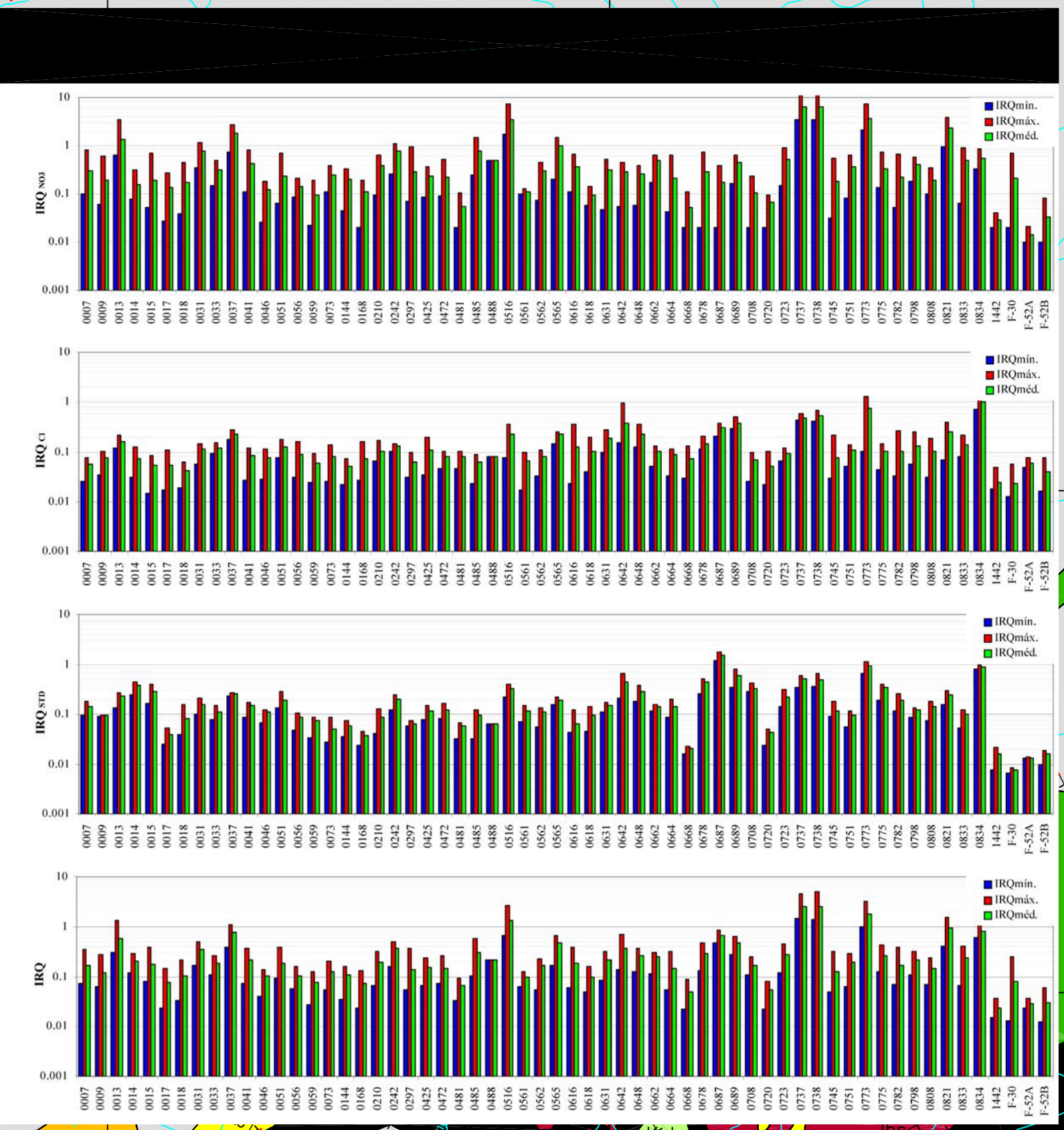
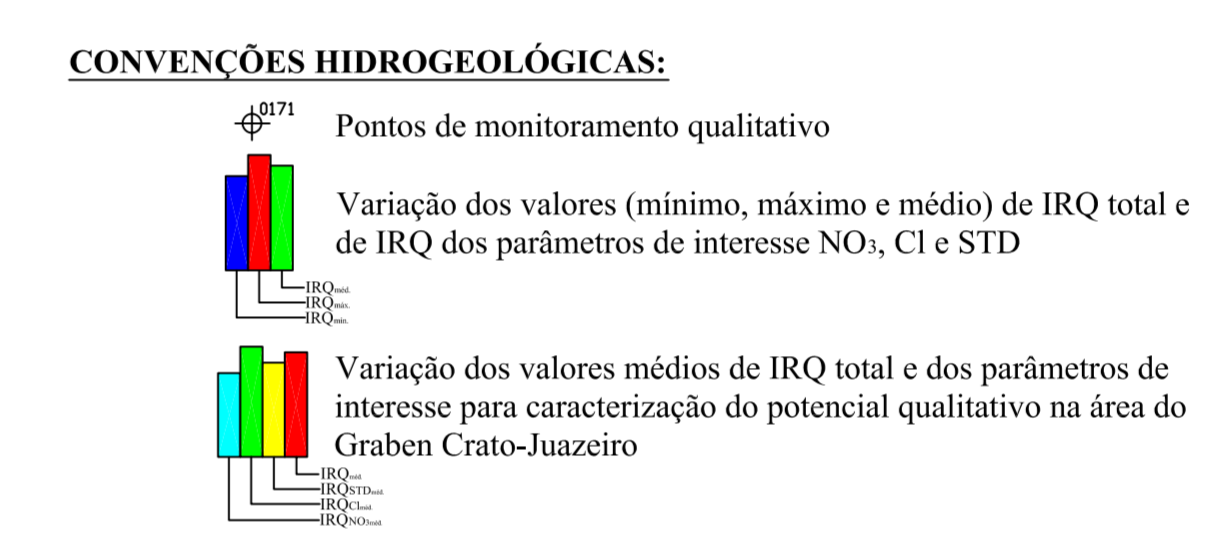
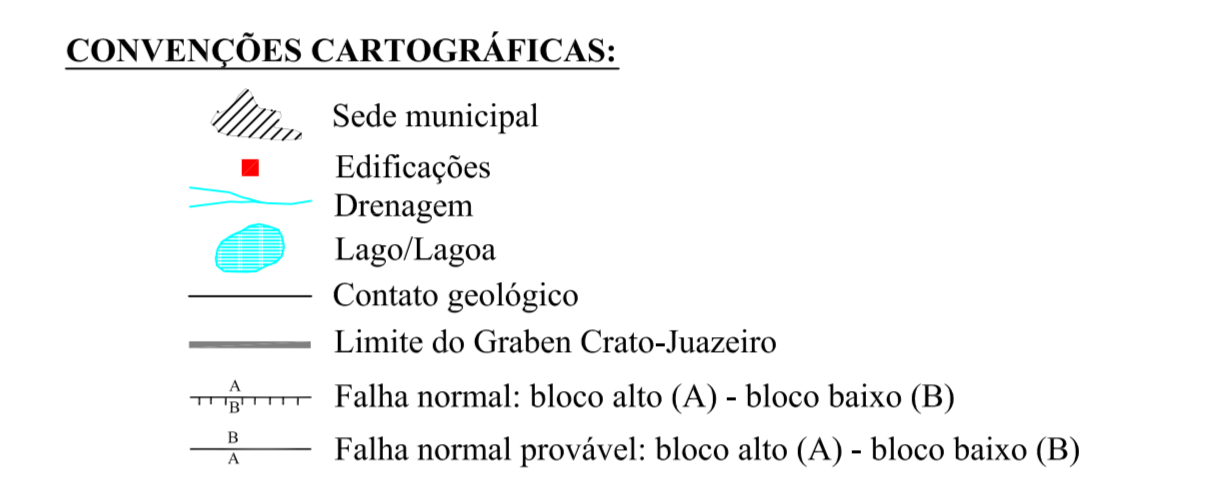
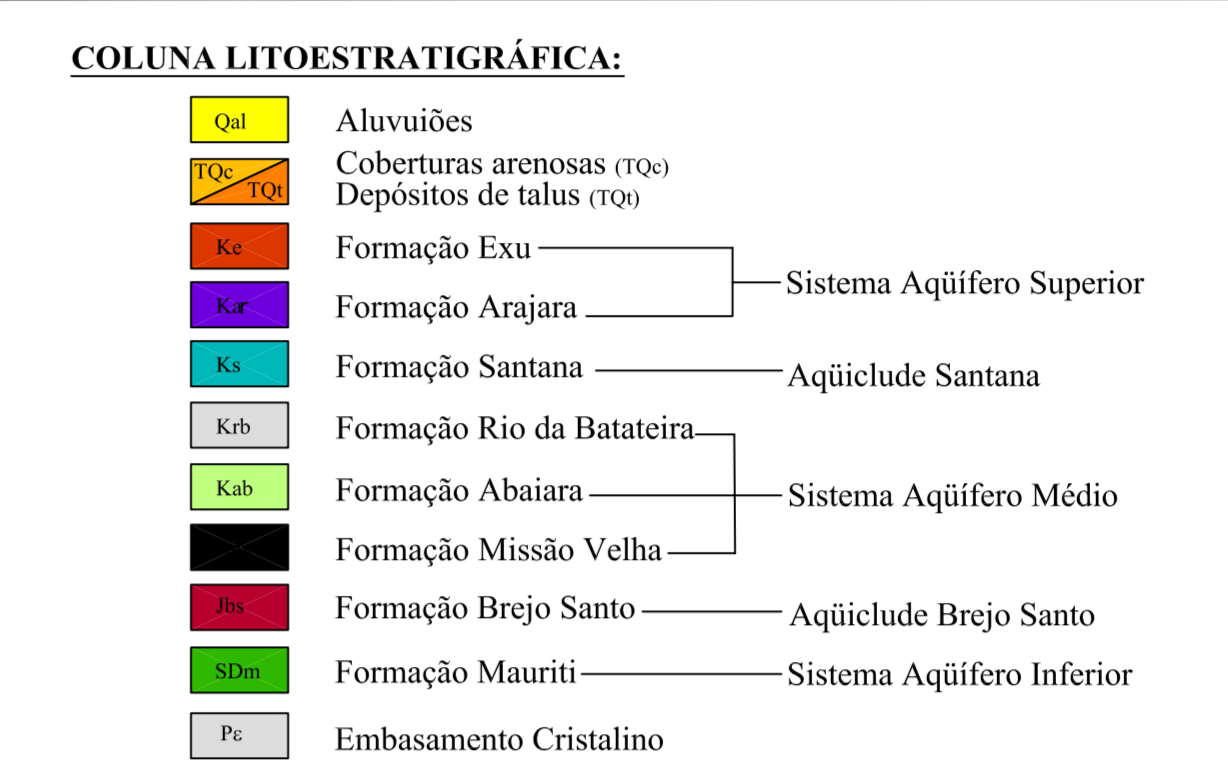
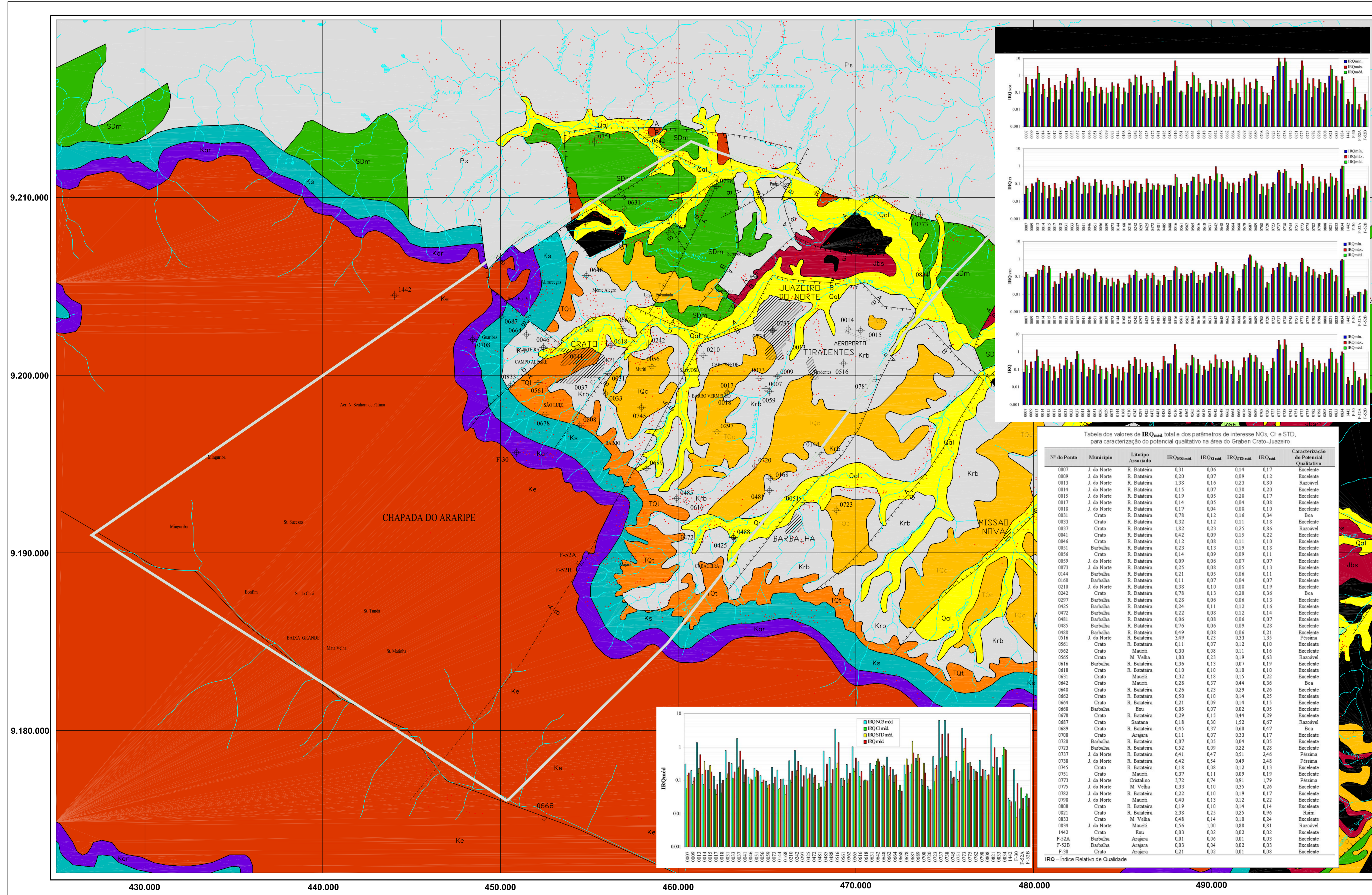
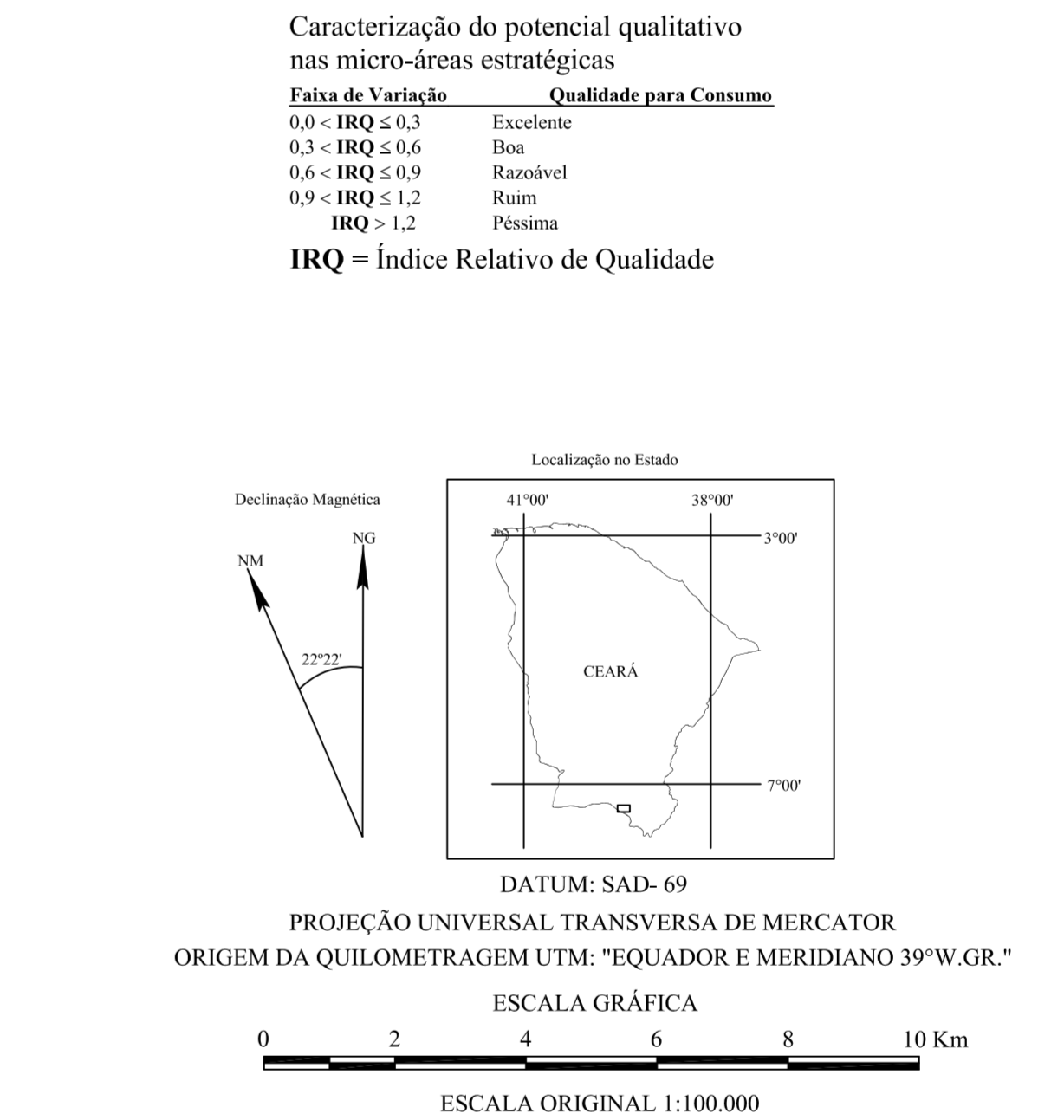


Tabela dos valores de IRQ_{total} e dos parâmetros de interesse NO₃, Cl e STD, para caracterização do potencial qualitativo na área do Graben Crato-Juazeiro

Nº do Ponto	Município	Litologia	IRQ _{total}	IRQ _{NO3}	IRQ _{Cl}	IRQ _{STD}	Caracterização do Potencial Qualitativo
0007	J. do Norte	R. Bananeira	0,31	0,56	0,14	0,17	Excelente
0009	J. do Norte	R. Bananeira	0,20	0,07	0,09	0,12	Excelente
0013	J. do Norte	R. Bananeira	1,30	0,16	0,23	0,00	Ruim
0014	J. do Norte	R. Bananeira	0,15	0,07	0,10	0,20	Excelente
0015	J. do Norte	R. Bananeira	0,19	0,05	0,12	0,17	Excelente
0017	J. do Norte	R. Bananeira	0,14	0,05	0,04	0,05	Excelente
0018	J. do Norte	R. Bananeira	0,17	0,04	0,05	0,10	Excelente
0023	Crato	R. Bananeira	0,78	0,12	0,16	0,34	Bom
0027	Crato	R. Bananeira	0,22	0,23	0,25	0,05	Ruim
0041	Crato	R. Bananeira	0,42	0,09	0,15	0,22	Excelente
0046	Crato	R. Bananeira	0,12	0,08	0,11	0,10	Excelente
0051	Barbalha	R. Bananeira	0,23	0,13	0,19	0,14	Excelente
0056	Crato	R. Bananeira	0,14	0,09	0,09	0,11	Excelente
0059	J. do Norte	R. Bananeira	0,09	0,06	0,07	0,07	Excelente
0070	J. do Norte	R. Bananeira	0,35	0,05	0,05	0,13	Excelente
0144	Barbalha	R. Bananeira	0,21	0,05	0,06	0,11	Excelente
0145	Barbalha	R. Bananeira	0,11	0,07	0,04	0,07	Excelente
0219	J. do Norte	R. Bananeira	0,38	0,10	0,08	0,19	Excelente
0242	Crato	R. Bananeira	0,70	0,13	0,20	0,36	Bom
0277	Barbalha	R. Bananeira	0,28	0,06	0,06	0,13	Excelente
0425	Barbalha	R. Bananeira	0,24	0,11	0,12	0,14	Excelente
0472	Barbalha	R. Bananeira	0,22	0,03	0,12	0,14	Excelente
0481	Barbalha	R. Bananeira	0,08	0,00	0,06	0,07	Excelente
0482	Barbalha	R. Bananeira	0,76	0,06	0,09	0,21	Excelente
0483	Barbalha	R. Bananeira	0,49	0,03	0,06	0,21	Excelente
0548	J. do Norte	R. Bananeira	0,49	0,23	0,33	1,35	Péssimo
0561	Crato	R. Bananeira	0,11	0,07	0,12	0,10	Excelente
0562	Crato	M. Yuba	0,30	0,08	0,11	0,14	Excelente
0565	Crato	M. Yuba	1,00	0,23	0,19	0,53	Ruim
0616	Barbalha	R. Bananeira	0,36	0,13	0,07	0,19	Excelente
0618	Crato	R. Bananeira	0,10	0,10	0,10	0,10	Excelente
0621	Crato	Mauriti	0,32	0,18	0,15	0,22	Excelente
0642	Crato	Mauriti	0,28	0,17	0,14	0,34	Bom
0648	Crato	R. Bananeira	0,26	0,23	0,29	0,26	Excelente
0662	Crato	R. Bananeira	0,10	0,10	0,14	0,21	Excelente
0664	Crato	R. Bananeira	0,21	0,09	0,14	0,15	Excelente
0668	Barbalha	Exu	0,05	0,07	0,02	0,05	Excelente
0678	Crato	R. Bananeira	0,29	0,15	0,14	0,29	Excelente
0677	Crato	R. Bananeira	0,18	0,10	0,12	0,07	Ruim
0689	Crato	R. Bananeira	0,45	0,17	0,08	0,47	Bom
0763	Crato	Aranjara	0,11	0,07	0,33	0,17	Excelente
0768	Barbalha	R. Bananeira	0,07	0,05	0,04	0,05	Excelente
0773	Barbalha	R. Bananeira	0,52	0,09	0,22	0,28	Excelente
0777	J. do Norte	R. Bananeira	0,41	0,47	0,53	2,44	Péssimo
0788	J. do Norte	R. Bananeira	0,42	0,24	0,49	2,41	Péssimo
0785	Crato	R. Bananeira	0,18	0,08	0,12	0,13	Excelente
0791	Crato	Mauriti	0,37	0,11	0,09	0,19	Excelente
0793	J. do Norte	Cristalina	1,72	0,74	0,93	1,79	Péssimo
0792	J. do Norte	M. Yuba	0,33	0,10	0,25	0,26	Excelente
0782	J. do Norte	R. Bananeira	0,22	0,10	0,19	0,17	Excelente
0796	J. do Norte	Mauriti	0,40	0,13	0,12	0,22	Excelente
0803	Crato	R. Bananeira	0,19	0,10	0,14	0,14	Bom
0811	Crato	R. Bananeira	2,38	0,25	0,23	0,94	Excelente
0813	Crato	M. Yuba	0,43	0,14	0,10	0,44	Excelente
0834	J. do Norte	Mauriti	0,16	0,00	0,00	0,01	Ruim
1462	Crato	Exu	0,01	0,02	0,02	0,02	Excelente
F-526	Barbalha	Aranjara	0,01	0,06	0,01	0,03	Excelente
F-528	Barbalha	Aranjara	0,03	0,04	0,02	0,03	Excelente
F-530	Crato	Aranjara	0,01	0,03	0,01	0,03	Excelente



Base: Modificado de DNPM (1996).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SBA/MT
 TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL QUALITATIVO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO GRABEN CRATO-JUAZEIRO

AUTOR: RINALDO AFRÂNIO FERNANDES
 ORIENTADOR: PROF. CELSO DE OLIVEIRA LOUREIRO, Ph.D.
 DATA: NOVEMBRO/2005

APÓS: FAPEMIG, Colêr Associates

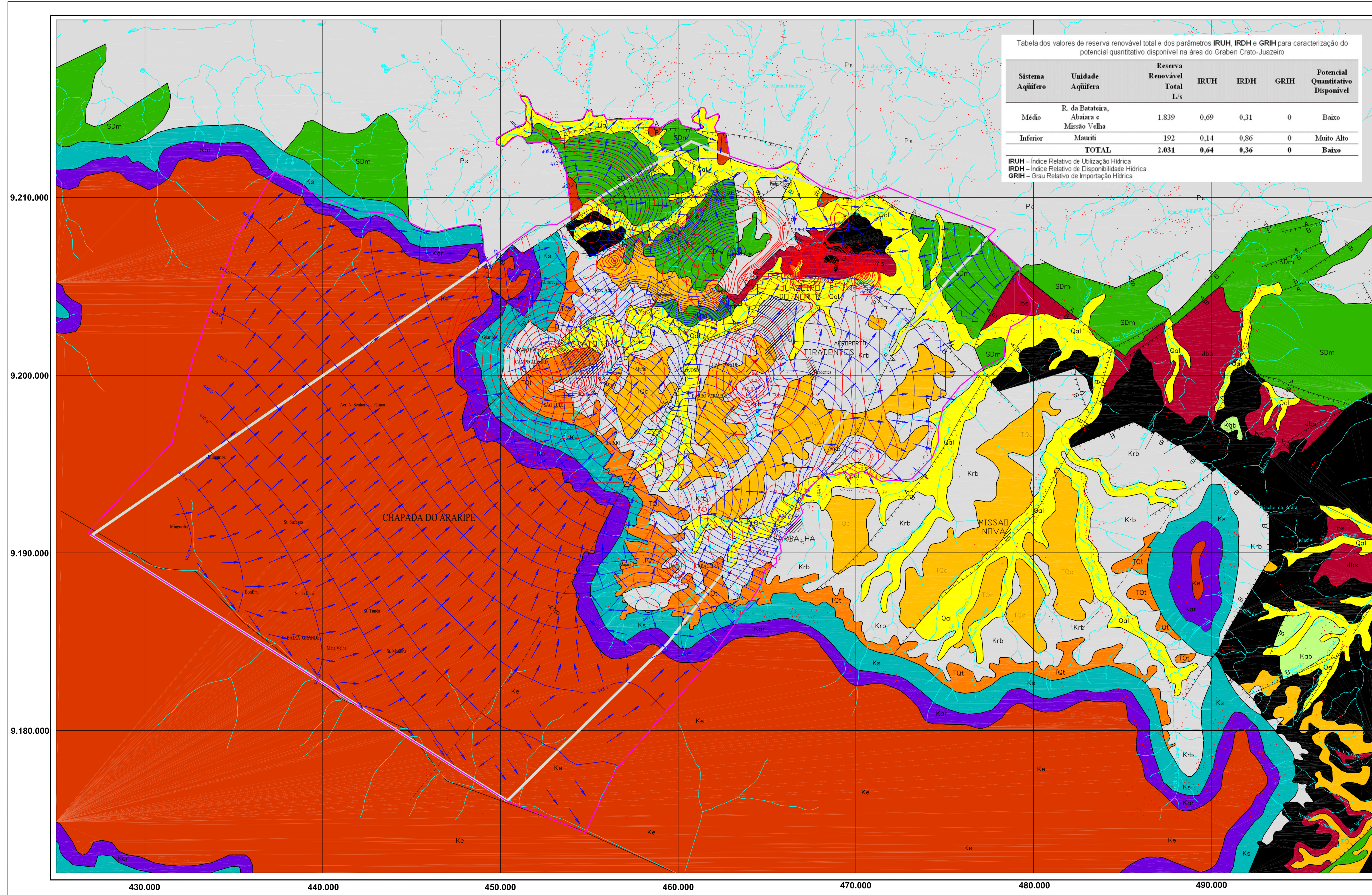


Tabela dos valores de reserva renovável total e dos parâmetros IRUH, IRDH e GRH para caracterização do potencial quantitativo disponível na área do Graben Crato-Juazeiro

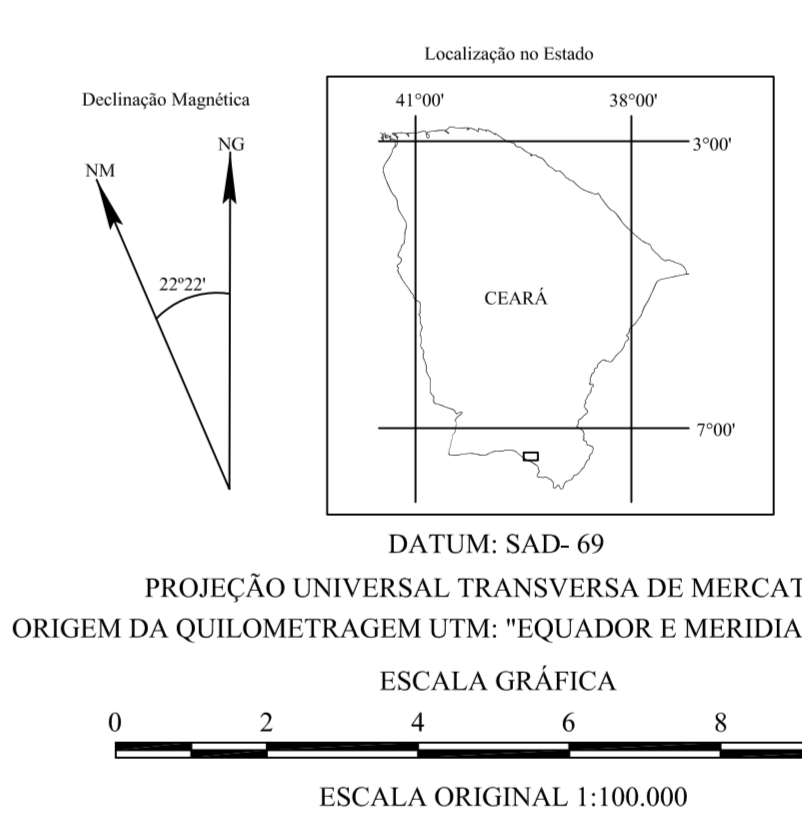
Sistema Aquífero	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total L/s	IRUH	IRDH	GRH	Potencial Quantitativo Disponível
Médio	R. da Bateira, Abaíara e Missão Velha	1.839	0,69	0,31	0	Baixo
Inferior	Mauriti	192	0,14	0,86	0	Muito Alto
TOTAL		2.031	0,64	0,36	0	Baixo

IRUH - Índice Relativo de Utilização Hídrica
 IRDH - Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica
 GRH - Grau Relativo de Importação Hídrica

- COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA:**
- Qal Aluviões
 - TCs Coberturas arenosas (Tc)
 - TCd Depósitos de talus (Tcd)
 - Exu Formação Exu
 - Arj Formação Aranjara
 - Sa Formação Santana
 - Rd Formação Rio da Bateira
 - Ab Formação Abaíara
 - MV Formação Missão Velha
 - BJS Formação Brejo Santo
 - Mauri Formação Mauriti
 - Pc Embasamento Cristalino
- Sistema Aquífero Superior: Exu, Arj, Sa
 Sistema Aquífero Médio: Rd, Ab
 Sistema Aquífero Inferior: Mauri

- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**
- Sede municipal
 - Edificações
 - Drenagem
 - Lago/Lagoa
 - Contato geológico
 - Limite do Graben Crato-Juazeiro
 - Falha normal: bloco alto (A) - bloco baixo (B)
 - Falha normal provável: bloco alto (A) - bloco baixo (B)

- CONVENÇÕES HIDROGEOLÓGICAS:**
- Limite do modelo hidrogeológico computacional
 - Linhas Equipotenciais
 - Curvas de nível de rebasamento
 - Vetores direcionais de Fluxo
 - Caracterização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas
- Índice de Variação**
- | Índice de Variação | Potencial Quantitativo |
|--------------------|------------------------|
| 0,0 < IRUH ≤ 0,2 | Muito Baixo |
| 0,2 < IRUH ≤ 0,4 | Baixo |
| 0,4 < IRUH ≤ 0,6 | Moderado |
| 0,6 < IRUH ≤ 0,8 | Alto |
| 0,8 < IRUH ≤ 1,0 | Muito Alto |
- IRUH - Índice Relativo de Utilização Hídrica
 IRDH - Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica
 GRH - Grau Relativo de Importação Hídrica



Base: Modificado de DNPM (1996).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SMARH
 TESI DE DOUTORAMENTO - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MEIO AMBIENTE - LINHA DE PESQUISA EM HIDROGEOLOGIA AMBIENTAL

GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO

AUTOR: RINALDO AFRÂNIO FERNANDES
 ORIENTADOR: PROF. CELSO DE OLIVEIRA LOUREIRO, Ph.D.

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DO POTENCIAL QUANTITATIVO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO GRABEN CRATO-JUAZEIRO
 NÚMERO: Mapa DE-A04-02 ANEXO IV
 DATA: NOVEMBRO/2005

APÓCIG: FAPEMIG
 Colômer Associates

ANEXO V

MAPAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO NA **RMF E NO **GCJ****

DE-A05-01 – Mapa de caracterização das Áreas Estratégicas de Abastecimento da **RMF**.

DE-A05-02 – Mapa de caracterização final da área do **GCJ**.

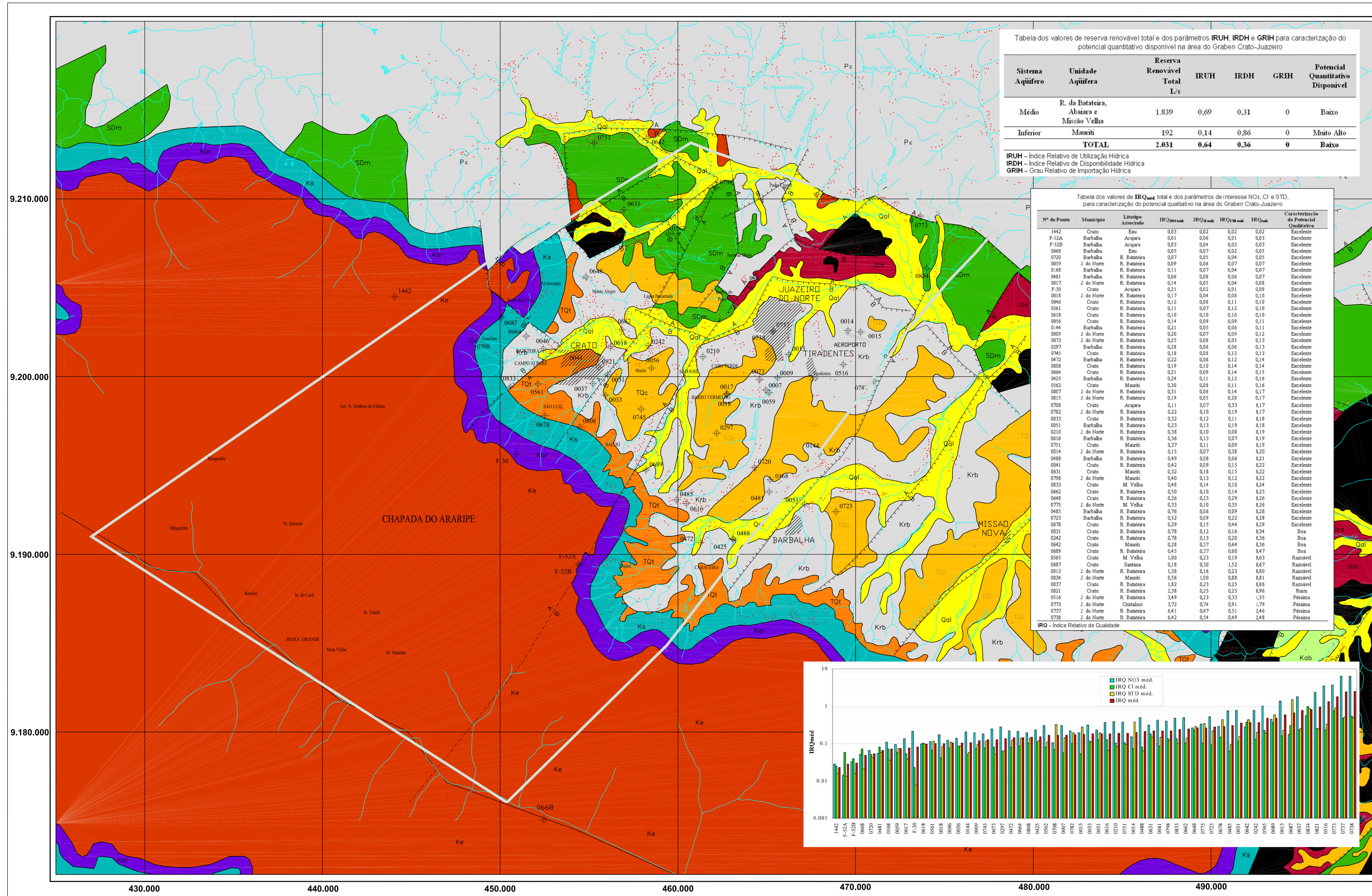


Tabela dos valores de reserva renovável total e dos parâmetros IRUH, IRDH e GRIH para caracterização do potencial quantitativo disponível na área do Graben Crato-Juazeiro

Sistema Aquífero	Unidade Aquífera	Reserva Renovável Total L/s	IRUH	IRDH	GRIH	Potencial Quantitativo Disponível
Médio	R. da Batateira, Abaiara e Missão Velha	1.839	0,69	0,31	0	Baixo
Inferior	Mauriti	192	0,14	0,86	0	Muito Alto
TOTAL		2.031	0,64	0,36	0	Baixo

Tabela dos valores de IRQ_{Qual} total e dos parâmetros de interesse NO₃-C e STD, para caracterização do potencial qualitativo na área do Graben Crato-Juazeiro

Nº de Ponto	Município	Latitude	Longitude	IRQ _{Qual}	IRQ _{Qual}	IRQ _{Qual}	IRQ _{Qual}	Caracterização de Qualidade
1442	Crato	083	022	0,02	0,02	0,02	0,02	Excelente
F-52A	Barbalha	Araripe	031	036	0,01	0,03	0,03	Excelente
F-52B	Barbalha	Araripe	031	036	0,02	0,03	0,03	Excelente
0668	Barbalha	Araripe	035	027	0,02	0,05	0,05	Excelente
0703	Barbalha	Araripe	037	039	0,04	0,05	0,05	Excelente
0559	J. do Norte	R. Saneira	039	036	0,07	0,07	0,07	Excelente
0168	Barbalha	R. Saneira	011	037	0,04	0,07	0,07	Excelente
0481	Barbalha	R. Saneira	034	038	0,04	0,07	0,07	Excelente
0817	J. do Norte	R. Saneira	014	034	0,08	0,08	0,08	Excelente
F-30	Crato	Araripe	021	022	0,01	0,08	0,08	Excelente
0811	J. do Norte	R. Saneira	017	034	0,08	0,10	0,10	Excelente
0846	Crato	R. Saneira	012	028	0,11	0,10	0,10	Excelente
0361	Crato	R. Saneira	011	027	0,12	0,10	0,10	Excelente
0418	Crato	R. Saneira	010	019	0,10	0,11	0,11	Excelente
0556	Crato	R. Saneira	014	029	0,09	0,11	0,11	Excelente
0144	Barbalha	R. Saneira	021	035	0,06	0,11	0,11	Excelente
0809	J. do Norte	R. Saneira	020	027	0,09	0,12	0,12	Excelente
0273	J. do Norte	R. Saneira	023	030	0,05	0,13	0,13	Excelente
0277	Barbalha	R. Saneira	028	026	0,06	0,13	0,13	Excelente
0781	Crato	R. Saneira	018	038	0,12	0,13	0,13	Excelente
0472	Barbalha	R. Saneira	022	028	0,12	0,14	0,14	Excelente
0852	Crato	R. Saneira	019	019	0,14	0,14	0,14	Excelente
0464	Crato	R. Saneira	021	029	0,14	0,15	0,15	Excelente
0455	Barbalha	R. Saneira	024	012	0,12	0,16	0,16	Excelente
0562	Crato	Mauriti	030	028	0,11	0,16	0,16	Excelente
0807	J. do Norte	R. Saneira	021	036	0,14	0,17	0,17	Excelente
0815	J. do Norte	R. Saneira	019	025	0,28	0,17	0,17	Excelente
0788	Crato	Araripe	011	027	0,33	0,17	0,17	Excelente
0782	J. do Norte	R. Saneira	022	019	0,19	0,17	0,17	Excelente
0533	Crato	R. Saneira	032	012	0,11	0,18	0,18	Excelente
0551	Barbalha	R. Saneira	023	013	0,19	0,18	0,18	Excelente
0210	J. do Norte	R. Saneira	038	019	0,08	0,19	0,19	Excelente
0454	Barbalha	R. Saneira	026	013	0,27	0,19	0,19	Excelente
0751	Crato	Mauriti	037	011	0,09	0,19	0,19	Excelente
0514	J. do Norte	R. Saneira	012	027	0,20	0,20	0,20	Excelente
0488	Barbalha	R. Saneira	049	028	0,09	0,21	0,21	Excelente
0861	Crato	R. Saneira	042	029	0,12	0,22	0,22	Excelente
0431	Crato	Mauriti	032	018	0,15	0,22	0,22	Excelente
0786	J. do Norte	Mauriti	040	013	0,12	0,22	0,22	Excelente
0533	Crato	M. Velha	040	014	0,19	0,24	0,24	Excelente
0662	Crato	R. Saneira	050	019	0,14	0,25	0,25	Excelente
0648	Crato	R. Saneira	026	023	0,29	0,26	0,26	Excelente
0775	J. do Norte	M. Velha	033	019	0,35	0,26	0,26	Excelente
0465	Barbalha	R. Saneira	026	020	0,29	0,28	0,28	Excelente
0723	Barbalha	R. Saneira	052	029	0,22	0,28	0,28	Excelente
0678	Crato	R. Saneira	029	015	0,46	0,29	0,29	Excelente
0531	Crato	R. Saneira	028	012	0,16	0,34	0,34	Bom
0420	Crato	R. Saneira	019	019	0,20	0,35	0,35	Bom
0642	Crato	Mauriti	025	017	0,40	0,36	0,36	Bom
0689	Crato	R. Saneira	045	017	0,60	0,47	0,47	Bom
0565	Crato	M. Velha	1,00	0,21	0,19	0,63	Razoável	
0607	Crato	Saneira	018	019	1,52	0,67	Razoável	
0513	J. do Norte	R. Saneira	1,38	0,16	0,23	0,69	Razoável	
0834	J. do Norte	Mauriti	056	1,00	0,85	0,81	Razoável	
0537	Crato	R. Saneira	1,62	0,23	0,25	0,66	Razoável	
0811	Crato	R. Saneira	2,38	0,25	0,25	0,96	Razoável	
0516	J. do Norte	R. Saneira	2,49	0,23	0,23	1,05	Péssima	
0773	J. do Norte	Condado	3,72	0,24	0,31	1,79	Péssima	
0777	J. do Norte	R. Saneira	4,41	0,47	0,51	2,66	Péssima	
0728	J. do Norte	R. Saneira	4,61	0,54	0,49	2,68	Péssima	

- COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA:**
- Qal Aluviões
 - CoBERTuras arenosas (rca) Depósitos de talus (rco)
 - Formação Exu
 - Formação Araripe
 - Formação Santana
 - Formação Rio da Batateira
 - Formação Abaiara
 - Formação Missão Velha
 - Formação Brejo Santo
 - Formação Mauriti
 - Embasamento Cristalino
- Sistema Aquífero Superior
Aquiclidade Santana
Sistema Aquífero Médio
Aquiclidade Brejo Santo
Sistema Aquífero Inferior

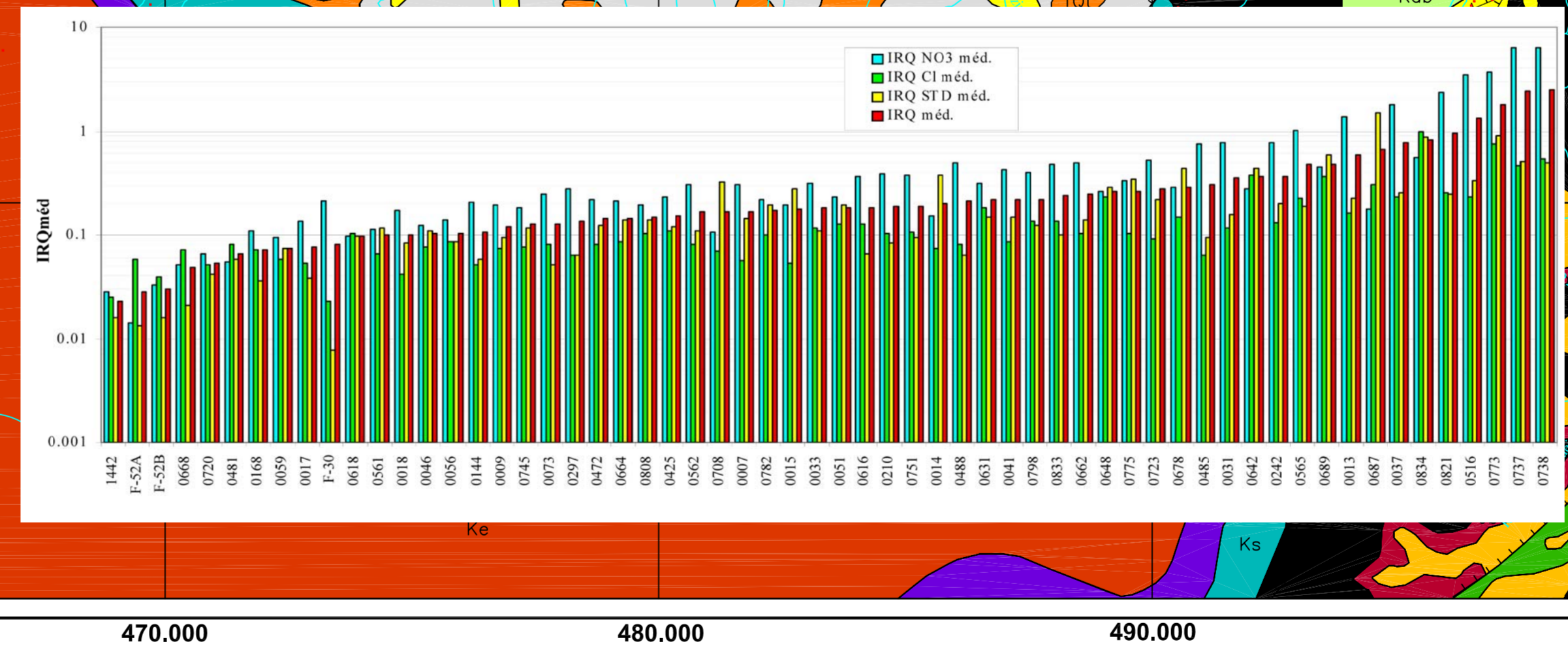
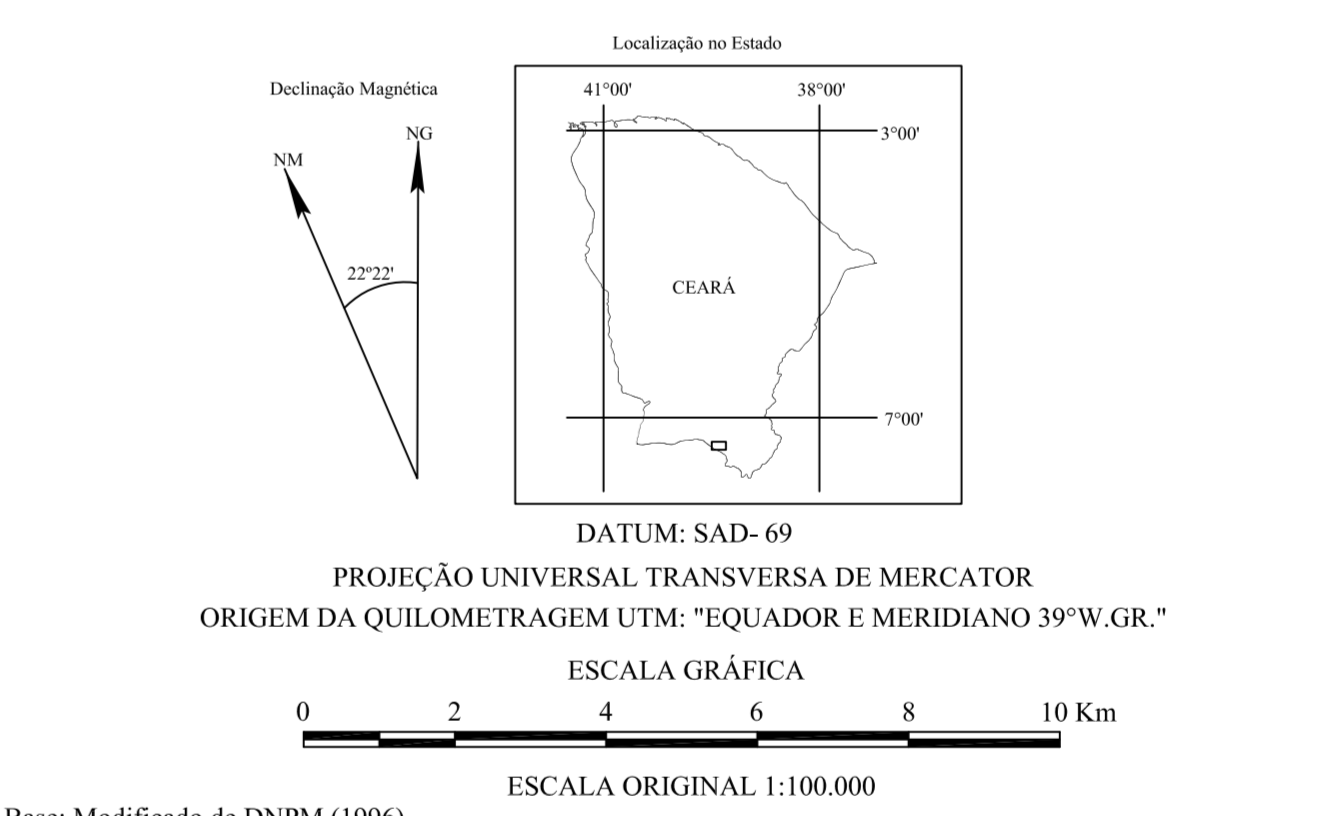
- CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS:**
- Sede municipal
 - Edificações
 - Drenagem
 - Lago/Lagoo
 - Contorno geológico
 - Limite do Graben Crato-Juazeiro
 - Falha normal: bloco alto (A) - bloco baixo (B)
 - Falha normal provável: bloco alto (A) - bloco baixo (B)

- CONVENÇÕES HIDROEOLÓGICAS:**
- Caracterização do potencial quantitativo disponível nas micro-áreas estratégicas
- Índice de Qualidade
- 0,2 - IRUH < 0,2 Muito Baixo
 - 0,2 - IRDH < 0,4 Baixo
 - 0,4 - IRDH < 0,6 Moderado
 - 0,6 - IRDH < 0,8 Alto
 - 0,8 - IRDH < 1,0 Muito Alto

- Pontos de monitoramento qualitativo
- Varição dos valores médios de IRQ total e dos parâmetros de interesse para caracterização do potencial qualitativo na área do Graben Crato-Juazeiro

- Caracterização do potencial qualitativo nas micro-áreas estratégicas
- Índice de Qualidade
- 0,0 - IRQ < 0,3 Excelente
 - 0,3 - IRQ < 0,6 Bom
 - 0,6 - IRQ < 0,9 Razoável
 - 0,9 - IRQ < 1,2 Ruim
 - IRQ > 1,2 Péssima

- IRUH - Índice Relativo de Utilização Hídrica
IRDH - Índice Relativo de Disponibilidade Hídrica
GRIH - Grau Relativo de Importância Hídrica
IRQ - Índice Relativo de Qualidade



Base: Modificado de DNPM (1996).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
- ESCOLA DE ENGENHARIA -

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SMARH

TÍPICO DE DOUTORAMENTO - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM MEIO AMBIENTE - LÍNEA DE PESQUISA EM HIDROLOGIA AMBIENTAL

GESTÃO INTEGRADA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CRITÉRIOS GERAIS ORIENTADORES PARA DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS ESTRATÉGICAS DE ABASTECIMENTO

AUTOR: RIVALDO AFRÂNIO FERNANDES
ORIENTADOR: PROF. CELSO DE OLIVEIRA LOUREIRO, P.D.B.

TÍTULO: HIERARQUIZAÇÃO DO POTENCIAL QUANTITATIVO E QUALITATIVO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DO GRABEN CRATO-JUAZEIRO
NUMERAÇÃO: Mapa DE-405-02 ANEXO V
DATA: NOVEMBRO/2005

APROV.: FAPEMIG
GoldAer Associates