COGERH Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos

Golder Associates

PIVOT

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

PROJETO DE MONITORAMENTO / GESTÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DE MICRO-ÁREAS ESTRATÉGICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

RELATÓRIO FINAL DO PROJETO

VOLUME II

ATIVIDADE 1 – LEVANTAMENTO DE ESTUDOS ANTERIORES

Elaborado para:

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH – CE
Fortaleza – CE
Brasil

Elaborado por:

Consórcio GOLDER-PIVOT
Rua Leonardo Motta, 699
Fortaleza – CE
Brasil

Distribuição:

01 Cópia - Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará – SHR/CE
01 Cópia - Consórcio GOLDER PIVOT

Comissão Examinadora:

- Carlos Eduardo Sobreira Leite
- Walber Cordeiro
- Socorro Liduina Carvalho Costa
- Francisco Paula Pessoa de Andrade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....1

2. OBJETIVOS.....1

3. O BANCO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS.....1

4. COLETA E ANÁLISE DE TRABALHOS ANTERIORES.....4

4.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA.....4
4.2 GEOLOGIA.....7
4.2.1 Litoestratigrafia.....7
4.2.1.1 Complexo Granitóide-Migmatítico (p∈gr-mg).....7
4.2.1.2 Complexo Gnáissico-Migmatítico (p∈gn-mg).....8
4.2.1.3 Rochas Ígneas.....9
4.2.1.3.1 Ultrabasitos (p∈ub).....9
4.2.1.3.2 Granitos (p∈γ).....10
4.2.1.3.3 Vulcânicas Alcalinas (T λ).....11
4.2.1.4 Coberturas Cenozóicas.....12
4.2.1.4.1 Formação Barreiras (Tb).....12
4.2.1.4.2 Coberturas Colúvio-Eluviais (Tc).....13
4.2.1.4.3 Paleodunas (Qpd).....14
4.2.1.4.4 Dunas Recentes ou Móveis (Qd).....14
4.2.1.4.5 Praias Recentes.....15
4.2.1.4.6 Depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangues (Qa)..16
4.2.2 Arcabouço Estrutural.....17
4.3 HIDROGEOLOGIA.....20
4.3.1 Cristalino.....20
4.3.2 Áreas Sedimentares.....20
4.4 GEOMORFOLOGIA.....21
4.4.1 Planície Litorânea.....22
4.4.2 Glacis Pré-Litorâneos.....23
4.4.3 Depressão Sertaneja.....24
4.4.4 Maciços Residuais.....24
4.5 HIDROLOGIA.....25
4.5.1 Distribuição das Precipitações.....25
4.5.2 Evaporação.....28
4.5.3 Evapotranspiração.....29
4.5.4 Deficiência Hídrica x Excedente Hídrico.....30
4.6 CLIMATOLOGIA.....30
4.6.1 Circulação Atmosférica.....30
4.6.1.1 Os Alísios de SE.....30
4.6.1.2 A Convergência Intertropical.....31
4.6.1.3 O Sistema Equatorial Amazônico.....31
4.6.1.4 A Frente Polar Antártica.....31
4.6.2 Regime Pluviométrico.....31
4.6.3 Regime Térmico.....32

4.6.4 Umidade Relativa do Ar.....32
4.6.5 Insolação.....33
4.6.6 Nebulosidade.....33
4.6.7 Classificação Climática.....33
4.7 HIDROGRAFIA.....34
4.7.1 Bacia do Curú.....35
4.7.2 Bacias Metropolitanas.....36
4.7.2.1 Bacia do Rio Pacoti.....36
4.7.2.2 Bacia do Rio Choró.....36
4.7.2.3 Bacia do Rio Pirangi.....37
4.7.2.4 Sistema Cocó/Coaçu.....37
4.7.2.5 Sistema Ceará/Maranguape.....38
4.7.2.6 Bacia do Rio São Gonçalo.....38
4.8 SOLOS.....38
4.8.1 Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico.....41
4.8.2 Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico.....41
4.8.3 Podzólico Vermelho Amarelo Álico.....41
4.8.4 Podzólico Acinzentado.....42
4.8.5 Areias Quartzosas Distróficas.....42
4.8.6 Areias Quartzosas Marinhas Distróficas.....42
4.8.7 Planossol e Planossol Solódico.....43
4.8.8 Solonetz Solodizado.....43
4.8.9 Solonchak Solonétzico.....44
4.8.10 Solos indiscriminados de Mangue.....44
4.8.11 Solos Aluviais.....45
4.8.12 Bruno Não Cálcico.....45
4.8.13 Litólico Eutrófico e Distrófico.....46
4.8.14 Latossol Vermelho Amarelo Eutrófico.....46
4.8.15 Latossol Amarelo Distrófico.....46
4.8.16 Brunizem Avermelhado.....47
4.8.17 Vertissolo.....47
4.8.18 Regossolo Eutrófico.....48
4.8.19 Laterita Hidromórfica.....48
4.8.20 Afloramentos de Rocha.....49
4.9 VEGETAÇÃO.....49
4.9.1 Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Matas Úmidas).....50
4.9.2 Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas).....50
4.9.3 Complexo Vegetacional Litorâneo (Vegetação dos Tabuleiros).....50
4.9.4 Complexo Vegetacional Litorâneo (Manguezais).....51
4.9.5 Complexo Vegetacional Litorâneo (Vegetação de Dunas).....52
4.9.6 Cerrado.....52
4.9.7 Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta).....52
4.9.8 Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (Matas Ciliares e Lacustres).....53
4.9.8.1 Rio Choró.....53
4.9.8.2 Rio Pacoti.....54
4.9.8.3 Rios Caponga Roseira, Caponga Funda, Catu e Malcozinhado 54
4.9.8.4 Rio São Gonçalo.....55

4.9.8.5 Sistema Ceará/Maranguape....55
4.9.8.6 Sistema Cocó/Coaçu....56
4.9.8.7 Rio Cauhipe....56
4.9.8.8 Rio Juá....57
4.9.8.9 Rio Gereraú....57

5. ANÁLISE CRÍTICA DA BIBLIOGRAFIA....57

6. RESUMOS TÉCNICOS....64

7. LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES....98

7.1 USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS E FONTES DE CONTAMINAÇÃO....98
7.1.1 Aquiraz....99
7.1.2 Caucaia....101
7.1.3 Chorozinho....105
7.1.4 Eusébio....105
7.1.5 Fortaleza....106
7.1.6 Guaiúba....108
7.1.7 Horizonte....109
7.1.8 Itaitinga....110
7.1.9 Maracanaú....111
7.1.10 Maranguape....112
7.1.11 Pacajus....113
7.1.12 Pacatuba....114
7.1.13 São Gonçalo do Amarante....114

8. CONCLUSÕES....116

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....116

9.1 ORDEM CRONOLÓGICA DOS DOCUMENTOS....117
9.1.1 Trabalhos Técnicos Apresentados em Revistas, Congressos, Simpósios, Seminários e Reuniões Técnicas....117
9.1.2 Projetos Governamentais Desenvolvidos no Âmbito da RMF – Por Ordem Cronológica....118
9.1.3 Projetos de Pesquisa Desenvolvidos em Universidades, Compreendendo Monografias de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado – Por Ordem Cronológica....121
9.2 ORDEM ALFABÉTICA DOS DOCUMENTOS....122
9.2.1 Trabalhos Técnicos Apresentados em Revistas, Congressos, Simpósios, Seminários e Reuniões Técnicas....122
9.2.2 Projetos Governamentais Desenvolvidos no Âmbito da RMF – Por Ordem Cronológica....123
9.2.3 Projetos de Pesquisa Desenvolvidos em Universidades, Compreendendo Monografias de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado – Por Ordem Cronológica....127

ANEXOS

ANEXO I – DESENHOS

- DESENHO 01 - Localização da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF)
- DESENHO 02 - Base Cartográfica da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Ceará – Brasil.
- DESENHO 03 - Mapa Municipal de Aquiraz
- DESENHO 04 - Mapa Municipal de Caucaia
- DESENHO 05 - Mapa Municipal de Chorozinho
- DESENHO 06 - Mapa Municipal de Eusébio
- DESENHO 07 - Mapa Municipal de Fortaleza
- DESENHO 08 - Mapa Municipal de Guaiúba
- DESENHO 09 - Mapa Municipal de Horizonte
- DESENHO 10 - Mapa Municipal de Itatinga
- DESENHO 11 - Mapa Municipal de Maracanaú
- DESENHO 12 - Mapa Municipal de Maranguape
- DESENHO 13 - Mapa Municipal de Pacajus
- DESENHO 14 - Mapa Municipal de Pacatuba
- DESENHO 15 - Mapa Municipal de São Gonçalo do Amarante
- DESENHO 16 - Imagem Landsat 7 de Fortaleza
- DESENHO 17 - Imagem Landsat 7 de Fortaleza

ANEXO II – BANCO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (FORMATO ELETRÔNICO – ARQUIVO ACCESS)

ANEXO III – DESENHOS

- DESENHO 01: Geologia da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- DESENHO 02: Sistemas Aqüíferos da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- DESENHO 03: Mapa Geomorfológico da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- DESENHO 04: Hidrologia da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- DESENHO 05: Mapa de Solos da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- DESENHO 06: Mapa de vegetação da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.
- DESENHO 07: Mapa de Uso e Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.

1. INTRODUÇÃO

Neste volume do Relatório Final são sintetizados os resultados pertinentes à Atividade 1: Levantamento de Estudos Anteriores do Projeto de Monitoramento/Gestão das Águas Subterrâneas de Micro-Áreas Estratégicas da Região Metropolitana de Fortaleza.

Para efeito de discussão de resultados desta atividade, entende-se que a Região Metropolitana de Fortaleza – RMF - seja definida pela composição dos seguintes 13 municípios: Aquiraz, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Itaitinga, Horizonte, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e São Gonçalo do Amarante.

A localização dos treze municípios que compõem a RMF está apresentada nos Desenhos 01 e 02 (ANEXO I). Os mapas topográficos de cada um dos municípios da RMF estão apresentados nos Desenhos 03 a 15 (ANEXO I). Como fonte alternativa de visualização do contexto regional da RMF, são também apresentadas duas imagens de satélite (Desenhos 16 e 17 – ANEXO I).

2. OBJETIVOS

De acordo com os termos da Proposta Técnica, os objetivos a serem atingidos nesta Atividade do Projeto são os seguintes:

- Pesquisa bibliográfica dos trabalhos anteriores realizados na área, tais como: estudos geológicos, hidrogeológicos, geofísicos, hidroquímicos, etc., além de mapas e produtos de sensoriamento remoto e a síntese destes trabalhos (resumo crítico);
- Levantamentos complementares sobre o uso e ocupação dos solos e fontes de contaminação;
- Confecção de bases cartográficas georreferenciadas, na escala 1:100.000, compatíveis com o sistema AutoCad;
- Apresentação dos resultados e ajustes na forma de relatórios.

3. O BANCO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS

As informações obtidas durante o levantamento de estudos anteriores foram organizadas em um banco de dados no software ACCESS denominado Banco de Dados RMF, permitindo o rápido acesso às informações que se mostrarem necessárias.

O banco de dados possibilita a busca de documentos por dados catalogados e palavras-chave, e inclui um resumo de cada trabalho pesquisado. Uma cópia digital do banco de dados com a catalogação completa do material levantado encontra-se no ANEXO II.

O acesso ao Banco de Dados requer a entrada da seguinte senha: **“fortal”**.

O Banco de Dados divide-se em três partes principais:

Formulário: portal de entrada de dados, onde se faz o cadastramento da bibliografia;

Consulta: sub menu que permite a consulta da bibliografia a partir de vários tipos de entrada:

Ano:	ano de publicação do trabalho.
***Autor*:**	busca a partir do sobrenome do autor.
Título:	busca a partir do título completo ou palavras contidas no título.
Classe:	tipo de catalogação, podendo ser: publicação em periódico, publicação em evento, publicação seriada, livro, capítulo de livro, dissertação de mestrado, tese de doutorado, mapas, arquivo eletrônico, fotografias aéreas ou outros.
Região:	opção de busca por trabalho específico da região do Cariri ou outras regiões.
Tema:	assunto principal da bibliografia, podendo ser: climatologia, ecologia, estratigrafia, evolução tectônica, geofísica, geografia, geologia estrutural, geologia geral, geomorfologia, geoquímica, gestão de águas, geotecnia, hidrogeologia, hidrologia, hidrometeorologia, hidroquímica, impactos ambientais, legislação, meio ambiente, norma técnica, paleontologia, recursos minerais, sedimentologia, topografia ou outros.
Palavra-chave:	outros temas relacionados, com as mesmas entradas do campo "Tema".
Geral:	consulta que mostra uma lista de todas as referências por ordem alfabética do autor e um resumo do conteúdo dos trabalhos.

Relatório: sub menu para impressão das consultas que foram realizadas.

A Tabela 3.1 e o Gráfico 3.1 apresentam os principais temas cadastrados, referentes aos estudos anteriores realizados na Região Metropolitana de Fortaleza.

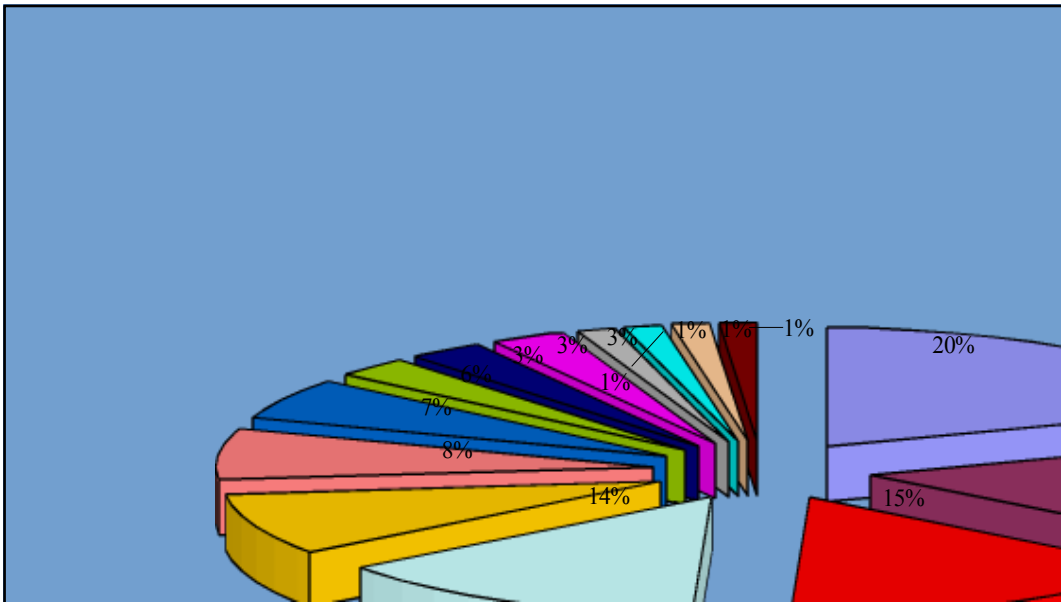
TABELA 3.1

PRINCIPAIS TEMAS CADASTRADOS

Temas Cadastrados	Nº de Títulos
Hidrogeologia	14
Hidrologia	11
Outros	11
Gestão de Águas	10
Geologia Geral	6
Impactos Ambientais	5
Hidroquímica	4
Hidrometeorologia	2
Meio Ambiente	2
Topografia	2
Geografia	1
Geomorfologia	1
Legislação	1
Normas Técnicas	1
TOTAL	**71**

GRÁFICO 3.1

DISTRIBUIÇÃO DOS TEMAS CADASTRADOS



SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Motta, nº 699 · Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60170-040 - Brasil

4. COLETA E ANÁLISE DE TRABALHOS ANTERIORES

4.1 Localização Geográfica

A Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**) localiza-se na porção nordeste do Estado do Ceará e, considerando os seus limites políticos, abrange os municípios de Aquiraz, Caucaia, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape, Pacajus, Pacatuba e São Gonçalo do Amarante. Estes municípios ocupam uma superfície total de aproximadamente 4.976 km^2, a qual, geograficamente, encontra-se inserida entre as coordenadas 465.000 e 586.000 de UTM-E; e, 9.510.000 e 9.615.000 de UTM-N (Figura 4.1).

O último censo realizado (IPLANCE, 2000; IBGE, 2000) indicou um total de 2.984.689 habitantes residentes na **RMF**, representando cerca de 40% da população total do estado cearense. A distribuição da população entre os municípios se apresenta de modo heterogêneo, sendo a maior concentração populacional situada no município de Fortaleza, com 2.141.402 habitantes, correspondendo a 71,7% do total.

Em termos de gênero, a distribuição da população na **RMF** está representada por 53,2% de mulheres e 46,8% de homens. Cerca de 96,5% população residem no meio urbano, enquanto que 3,5% residem no meio rural (IPLANCE, 2000). A Tabela 2.1 sintetiza as informações apresentadas acima, segundo os 13 municípios que compõem a **RMF**.

TABELA 4.1

POPULAÇÃO RESIDENTE, SEXO E SITUAÇÃO DO DOMICÍLIO NA ÁREA DA RMF

Município	População	Homens	Mulheres	Urbana	Rural
Aquiraz	60.469	31.256	29.213	54.682	5.787
Caucaia	250.479	123.299	127.180	226.088	24.391
Chorozinho	18.707	9.504	9.203	9.469	9.238
Eusébio	31.500	15.739	15.761	31.500	0
Fortaleza	2.141.402	1.002.236	1.139.166	2.141.402	0
Guaiuba	19.884	10.082	9.202	15.611	4.273
Horizonte	33.790	16.976	16.814	28.122	5.668
Itaitinga	29.217	14.720	14.497	26.546	2.671
Maracanaú	179.732	88.406	91.326	179.170	562
Maranguape	88.135	43.449	44.686	65.268	22.867
Pacajus	44.070	21.741	22.329	34.301	9.769
Pacatuba	51.696	25.346	26.350	47.028	4.668
S. G. Amarante	35.608	18.354	17.254	22.077	13.531
TOTAL	**2.984.689**	**1.421.108**	**1.562.981**	**2.881.264**	**103.425**

Fonte: IPLANCE (2000).

Para a caracterização da **RMF**, apresenta-se, nos itens que se seguem, o conhecimento científico sobre os temas de maior relevância para a realização deste estudo, quais sejam: geologia, hidrogeologia, hidrografia, hidrologia, climatologia e geomorfologia e outros.

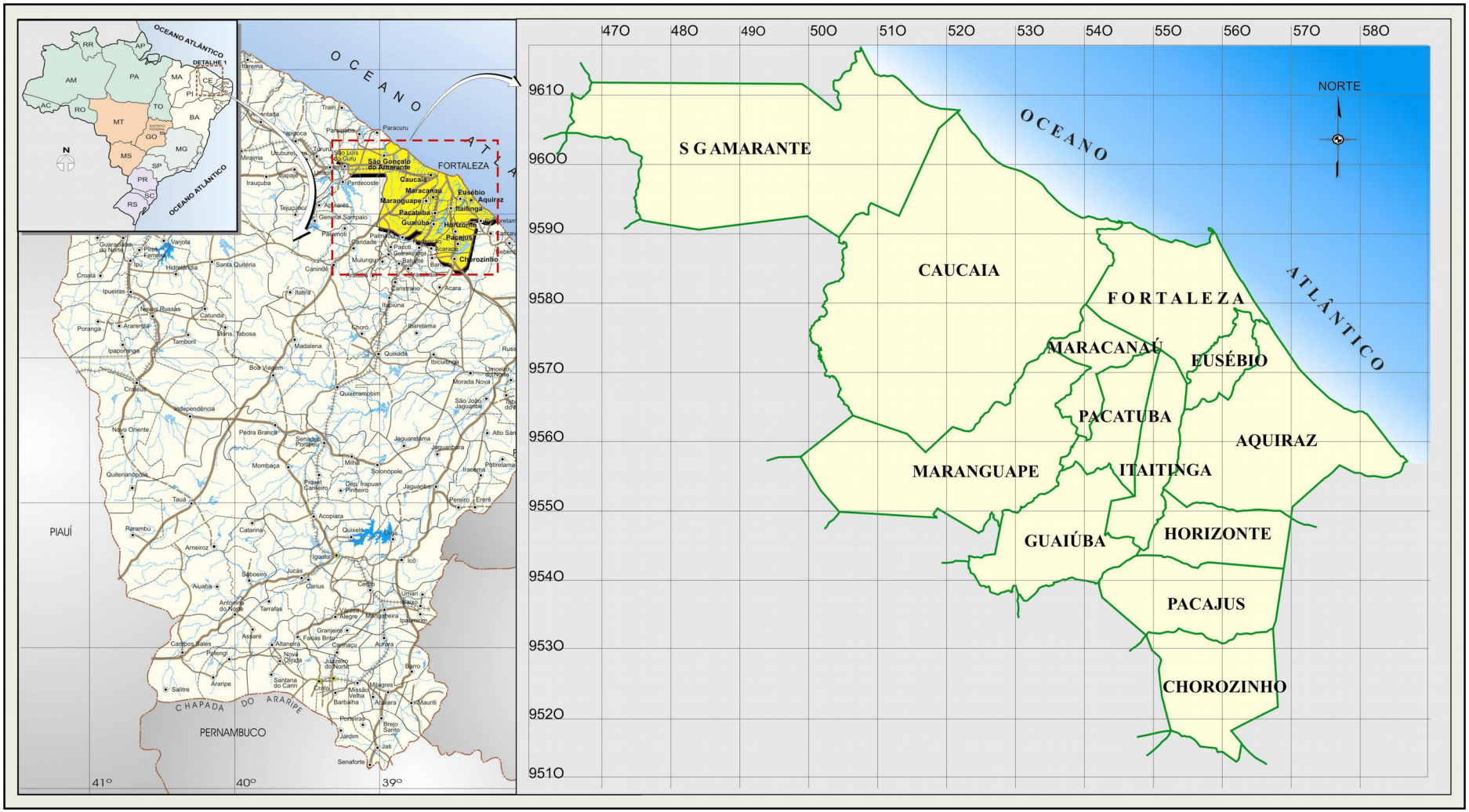


FIGURA 4.1 - Localização e distribuição dos municípios na Região Metropolitana de Fortaleza (Base: IPLANCE, 1997).

4.2 Geologia

O mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza e dos municípios circunvizinhos considerados neste estudo é apresentado no Desenho 01 (ANEXO III). Este mapa encontra-se em escala compatível com o trabalho desenvolvido, e reflete os aspectos estratigráficos/geotectônicos descritos a seguir.

4.2.1 Litoestratigrafia

De acordo com o contexto geológico/geotectônico, a área de estudo insere-se, em sua maior parte, na Faixa de Dobramentos Jaguaribeana (Brito Neves, 1975). Numa contextualização mais generalizada, observa-se na porção central da área o domínio de massas granitóide-migmatíticas, consideradas por alguns autores como representantes do Maciço Santa Quitéria (Brito Neves, op. cit.) e posicionadas no Arqueano. Manifestações magmáticas atribuídas ao Evento Brasiliano foram evidenciadas, sendo materializadas, principalmente, através de corpos plutônicos de natureza granítica que ocorrem encaixados nos litotipos precedentes, bem como por corpos tabulares que seccionam indistintamente as unidades mais antigas. As vulcânicas de natureza alcalina, ocorrem sob as formas de necks e diques e constituem uma província petrográfica geneticamente relacionada com os vulcanitos do arquipélago de Fernando de Noronha, cujas idades são atribuídas ao Terciário (em torno de 30 m.a.). Por fim, encimando o arcabouço estratigráfico da área, foram individualizadas as coberturas sedimentares cenozóicas, representadas pela Formação Barreiras, Coberturas Colúvio-Eluviais, Paleodunas, Dunas Móveis e Depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangues.

Segue abaixo uma descrição detalhada dos principais litotipos da área de estudo, seguindo a seqüência litoestratigráfica presente.

4.2.1.1 Complexo Granitóide-Migmatítico (p∈gr-mg)

Braga et al. (1977) reuniram no Complexo Tamboril-Santa Quitéria os granitóides diversos, migmatitos (diatexitos dominantes) e gnaisses migmatíticos que ocorrem a sudoeste de Fortaleza, abrangendo as regiões de Maranguape, Pacatuba e porção norte do maciço de Baturité. Esta unidade exibe-se de forma ovalada com o eixo maior orientado na direção NE-SW, constituindo-se, do ponto de vista tectônico, numa estrutura do tipo "domo gnáissico-granítico", de Salop (1970), também chamada de "domo gnáissico manteado", segundo Eskola (in: Salop, op. cit.) ou "domo migmatítico", de Mehnert (1972). Apresenta litotipos foliados na periferia, desde gnaisses e gnaisses migmatizados até migmatitos metatexíticos, passando para o interior, a migmatitos diatexíticos e núcleos granitóides nas porções centrais. A passagem de uma fácies para outra é gradual, com perda de foliação dos gnaisses e migmatitos gnáissicos, para estruturas de fluxo difusas dos migmatitos diatexíticos, até a homogeneização franca nos núcleos centrais, onde as rochas se enriquecem de uma blastese potássica, que propicia a formação de litotipos de composição próxima dos granitos.

Nascimento et al. (1981) consideram o Complexo Tamboril-Santa Quitéria, de Braga et al. (op. cit.), como uma individualização litológica constituída predominantemente de granitos e

migmatitos, dentro do Complexo Nordestino, o qual foi caracterizado por uma ampla e complexa associação litológica em que predominam migmatitos, gnaisses, gnaisses migmatizados e granitóides, incluindo ainda anfibolitos, quartzitos, metarcóseos, calcários cristalinos, xistos e calcissilicatadas.

No presente trabalho optou-se por utilizar a designação de Complexo Granitóide-Migmatítico para o conjunto ortoderivado que ocorre dominantemente na porção central da área, redefinindo-se os termos litológicos do Complexo Nordestino (Nascimento et al. op. cit.) através da exclusão das rochas paraderivadas inseridas nesta unidade. Por outro lado, evita-se também adotar a proposta de Braga et al. (op. cit.), no sentido de utilizar-se a terminologia Complexo Tamboril-Santa Quitéria, uma vez que não foram levantados elementos suficientes para correlacionar esses terrenos com o maciço mediano de Santa Quitéria (Brito Neves, op. cit.) que, pela definição original, além das rochas migmatíticas/granitóides, apresenta importantes associações de máficas/ultramáficas, as quais não são verificadas na área em estudo.

Seus limites com os litotipos pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico não são bem definidos, devido ao forte relacionamento tectônico existente entre as duas unidades. No contato, as rochas ortognáissicas e migmatíticas exibem estrutura planar marcante e passam, gradativamente, para litotipos amplamente homogeneizados através de uma migmatização mais acentuada, culminando com a formação dos núcleos granitóides nas porções mais centrais do Complexo. Nessas áreas observa-se uma variedade de tipos petrográficos intimamente associados, em contato brusco ou gradacional, sendo que muitas vezes é difícil estabelecer o predomínio de qualquer fácies sobre as demais. As melhores exposições situam-se nos setores morfologicamente mais elevados, compreendendo as serras de Maranguape e Pacatuba, as quais apresentam uma constituição dominantemente granitóide e podem ser entendidas como relevos residuais, formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas gnáissicas circundantes.

4.2.1.2 Complexo Gnáissico-Migmatítico (p∈gn-mg)

Essa associação petrotectônica, de provável posicionamento estratigráfico no Proterozóico Inferior, recebe na literatura denominações diversas como: Complexo Fundamental (Crandall, 1910), Complexo Caicó (Meunier, 1964), Pré-Cambriano Indiferenciado (Leal, 1970), Complexo Gnáissico-Migmatítico (Lima et al., 1980) e Complexo Nordestino (Nascimento et al., op. cit.). Braga et al. (op. cit.), na área do Projeto Fortaleza, definem o Complexo Caicó como uma associação litológica constituída de gnaisses variados, incluindo lentes de metarcóseos, anfibolitos, quartzitos e calcários cristalinos subordinados, além de migmatitos com estruturas diversas, desde as mais foliadas (metatexitos) até as mais homogêneas (diatexitos). Na mesma região (a sul da área em estudo), caracterizaram uma seqüência parametamórfica, com quartzitos na base, seguidos por xistos, filitos e gnaisses, contendo níveis carbonáticos situados preferencialmente no topo da seqüência e/ou dentro dos metapelitos, próximo ao contato com o quartzito basal, adotando a designação de Grupo Ceará, segundo a proposta inicial de Crandall (op. cit.).

Dentre as unidades cartografadas essa é a que ocupa maior área de distribuição no âmbito da RMF. Suas melhores exposições foram observadas na porção ocidental, onde se descreve uma seqüência dominantemente paraderivada, constituída de gnaisses aluminosos, em parte migmatizados, freqüentemente intercalados por níveis quartzíticos e carbonáticos. São biotita-

gnaisses com ou sem moscovita, anfibólio, granada e sillimanita, muitas vezes servindo de encaixante para sheets de leuco-ortognaisses, pegmatóides e augen-ortognaisses. Subordinadamente ocorrem corpos anfibolíticos e calcissilicáticos, em jazimentos lenticulares de pequenas dimensões e conformáveis ao bandamento gnáissico. Os termos migmatíticos mais comuns são os de estrutura bandada/dobrada, reconhecendo-se também, em menor proporção, tipos mais evoluídos mostrando tendência à homogeneização. Essas rochas ocorrem, em geral, intimamente associadas aos demais litocomponentes da unidade, tendo delimitação cartográfica representada através de duas áreas de predominância migmatítica (serras do Juá-Conceição-Camará e serrote Bico Fino).

A análise globalizada dos litotipos do Complexo Gnáissico-Migmatítico mostra a atuação de processos metamórficos e deformacionais, em escala regional, compatíveis com a fácies anfibolito e uma anisotropia estrutural representada por uma foliação resultante de deformação dúctil ou plástica, em regime de cisalhamento simples. A deformação progressiva heterogênea é materializada através do estabelecimento de uma foliação protomilonítica relativamente freqüente, evoluindo para a produção localizada de faixas de alta concentração de strain junto às zonas de cisalhamento assinaladas no mapa. Nos termos petrográficos onde comparecem fenoclastos de plagioclásio e de K-feldspato, a foliação é fortemente anastomótica e regular nos termos mais cominuidos. Nos litotipos mais finos, onde as percentagens de minerais micáceos e anfibólios são mais altas, a foliação assemelha-se a uma xistosidade. Nos planos da foliação milonítica muitas vezes observa-se uma orientação preferencial de minerais estirados, ou seja, há registros de uma lineação mineral expressa preferencialmente por micas, sillimanitas e barras de quartzo.

No domínio dessa unidade, em que as estruturas foram desenvolvidas sob condições de alto grau metamórfico, os dobramentos são complexos, segundo várias fases de redobramentos, observando-se, comumente, dobras em estruturas sinformes e antiformes, abertas ou apertadas, de geometrias simétricas ou assimétricas, harmônicas, desarmônicas e dobras recumbentes.

4.2.1.3 Rochas Ígneas

4.2.1.3.1 Ultrabasitos ($p \in ub$)

Na porção centro-oeste da área, próximo à borda oeste da serra de Maranguape, ocorre o corpo ultrabásico do serrote Manoel Gonçalves, de forma elipsoidal e alinhado grosseiramente segundo a direção N-S. Trata-se de um piroxenito, de coloração preto-esverdeada, maciço e de granulação média.

Apresenta-se encaixado na seqüência gnáissico-migmatítica e os afloramentos observados constituem-se de blocos de diâmetros variados, soltos na superfície.

Quanto ao posicionamento crono-estratigráfico admite-se, a princípio, que essas rochas estejam relacionadas ao final do Proterozóico Inferior, com base em datação K/Ar efetuada por Braga et al. (op. cit.), a qual resultou em idade aparente próxima a 1.800 m.a. Esses autores consideram que a idade obtida possui validade geológica, apesar de afirmarem que a análise possui teor

crítico de potássio para o método radiométrico, habilitando a hipótese da existência de argônio em excesso e de ter sido realizada em material desfavorável.

4.2.1.3.2 Granitos ($p\in\gamma$)

No contexto geológico da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana inúmeros corpos granitóides, sob a forma de stocks e batólitos, têm sido relacionados ao Evento Brasiliano (450-700 m.a), normalmente com suporte geocronológico, químico, estrutural e petrográfico. Brito Neves (1975) através de determinações radiométricas identificou a importância desse evento na formação dos corpos graníticos nordestinos, obtendo isócronas que definem claramente esta faixa de idades.

Campos et al. (1976) e Braga et al. (op. cit.) agruparam todos os granitos e rochas afins, que ocorrem na área do Projeto Fortaleza, sob a denominação genérica de Rochas Plutônicas Granulares, sem conotação cronológica distinta em relação aos outros representantes pré-cambrianos, reportando-se somente aos aspectos texturais, petrográficos e estruturais dessas rochas.

De acordo com Gomes et al. (1981), a ocorrência de corpos pouco deformados, associados a outros parâmetros, como aspectos químicos, petrográficos e geocronológicos, sugeriria uma idade brasiliana; enquanto corpos granitóides de idade anterior, devido à superposição dos eventos do Pré-Cambriano Superior, seriam transformados em rochas bastante foliadas, indiscrimináveis de outras geneticamente distintas. A divisão adotada para o magmatismo, no domínio das folhas SB.24/25 (Jaguaribe/Natal), foi baseada em Wernick, Hasui e Brito Neves, 1978 (in Gomes et al., op. cit.) que consideraram três fases principais relacionadas ao Ciclo Brasiliano: uma fase sintectônica, com 650 ± 30 m.a.; uma tardi-tectônica, com 540 ± 25 m.a. e uma fase pós-tectônica, com 510 a 460 m.a.

Na área em estudo as rochas plutônicas de natureza granitóide também foram classificadas, preliminarmente, com referência às fases deformacionais do Ciclo Brasiliano. O caráter preliminar desta classificação deve-se, principalmente, à carência de dados geocronológicos, análises químicas e relações tectono-estruturais com as encaixantes que associados à complexidade geológica permitem apenas, com certa prudência, esboçar um posicionamento para esses corpos.

Os granitos admitidos como cedo a sintectônicos ocorrem por toda a área, constituindo pequenos corpos não cartografáveis na escala de trabalho, notadamente estratóides (dispostos segundo a foliação regional), com acentuada deformação e materializados por ortognaisses, com ou sem facóides feldspáticos, intercalados nas seqüências eoproterozóicas.

Os plutonitos considerados como tardi a pós-tectônicos ($p\in\gamma 2$) foram representados no mapa através de cinco corpos que ocorrem na porção sul/sudeste da área, encaixados nos terrenos gnáissico-migmatíticos. O corpo de Itaitinga exibe forma grosseiramente ovalada tendo seu eixo maior cerca de 2 km, orientado a NNE-SSW. Encontra-se encaixado subconcordantemente em gnaisses xistosos (paraderivados) pertencentes ao Complexo Gnáissico-Migmatítico, onde o contato é marcado, pela borda oeste do corpo, através de uma zona de transcorrência (com mergulho de 70 graus). O granito é mesocrático, de granulação média, equigranular e de

estrutura isotrópica a incipientemente foliada, encerrando, com freqüência, enclaves gnaissificados de natureza diorítica.

Na porção sul da RMF ocorre um corpo granítico, de dimensões batolíticas, de posicionamento pós-tectônico ($p\in\gamma 2$). É constituído de leucogranitos rosados, ricos em moscovita, de granulação grossa a média, freqüentemente pegmatóides e estruturalmente isotrópicos. As rochas encaixantes são biotita-gnaisses, contendo lentes anfibolíticas, onde, no contato, verifica-se o desenvolvimento do efeito balooning.

4.2.1.3.3 Vulcânicas Alcalinas (T λ)

Na RMF foram individualizados onze corpos sob a forma de necks ou plugs, os quais sobressaem-se topograficamente como elevações circulares e elipsoidais, merecendo destaque os serrotes Salgadinho e Pão de Açúcar por apresentarem formas características de cones vulcânicos. Foram registrados também inúmeros diques de natureza alcalina, muitas vezes sem representatividade cartográfica na escala adotada.

O primeiro trabalho que se refere a rochas alcalinas no Ceará deve-se a Almeida (1958), que associou a ocorrência do morrote Caruru (na foz do rio Pacoti) a grandes lineamentos estruturais submarinos relacionados ao vulcanismo do arquipélago de Fernando de Noronha, que se estenderiam até o interior do estado.

Baseados em estudos petrográficos e geocronológicos, Vandolos & Oliveira (1968) corroboraram as idéias de Almeida (op. cit.), classificando as rochas do citado corpo como fonolitos de idade oligocênica, datados em 28,6 ± 9 m.a. Nascimento et al. (op. cit) estudaram geocronologicamente as ocorrências denominadas de serrotes Caruru, Ancuri, Salgadinho, Japapara e Pão de Açúcar, obtendo datações Rb/Sr e K/Ar que indicaram idades em torno de 34 m.a. Esses autores consideram que as alcalinas estudadas representam uma importante fase de reativação da Plataforma Sul-Americana, vinculada a zonas de fraqueza que se estenderiam dessa região até o arquipélago Fernando de Noronha e o Atol das Rocas.

Deve-se a Braga et al. (op. cit.), o estudo integrado dos corpos alcalinos que ocorrem na folha Fortaleza (escala 1:250.000), onde os autores identificaram nos necks e diques mapeados, quatro variedades petrográficas - fonolitos, traquitos, tufos e essexitos.

Passos & Gomes (1979) identificaram relações de contato bruscas do corpo Salgadinho com os hornblenda-gnaisses circundantes, além de mais dois outros corpos (serrotes da Gangorra e Poção) até então não registrados na literatura, bem como a presença de diversos diques. Litologicamente verificaram a dominância de fonolitos traquitóides na área detalhada, constatando-se também fonolitos tefríticos e termos mais básicos representados por limburgitos e ankaramitos, o que permitiu definir uma associação alcalino-sódica caracterizando um vulcanismo continental de regiões não orogênicas.

Nos serrotes de Japapara e Salgadinho foram descritos material de coloração cinza-esverdeada, maciço, mostrando pórfiros milimétricos de plagioclásio envoltos por uma matriz afanítica e a presença de vesículas preenchidas por quartzo. Essas rochas foram analisadas petrograficamente

por Braga et al. (op. cit.) e Passos & Gomes (op. cit.) sendo classificadas como fonolitos traquitóides.

4.2.1.4 Coberturas Cenozóicas

4.2.1.4.1 Formação Barreiras (Tb)

Esta unidade 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, a exemplo das falésias vivas observadas na praia de Iparana (município de Caucaia). Na porção leste da área esses sedimentos penetram no interior até 30 km, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura também parece ser 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. Muitas vezes, no campo, torna-se difícil estabelecer a separação entre esses sedimentos e a capa de intemperismo desenvolvida sobre as litologias pré-cambrianas. Em alguns locais uma separação só é possível quando ainda existem resquícios de estruturas metamórficas, como foliações ou fragmentos de veios de quartzo nas coberturas residuais.

Da mesma forma, a distinção entre essa seqüência e os sedimentos eólicos edafizados pode constituir um problema geológico de difícil solução, uma vez que, em ambos os pacotes, ocorrem materiais arenosos de características semelhantes, principalmente com relação ao aspecto da cor, que normalmente mostra-se amarelada e/ou avermelhada. Nesse caso torna-se importante a análise das estruturas sedimentares (quase sempre ausentes nos afloramentos), e grau de selecionamento, bem como a maior ou menor participação de frações argilosas, que são mais consistentes nos sedimentos Barreiras.

Uma cobertura arenosa rasa e de coloração esbranquiçada distribui-se extensivamente na área capeando a unidade Barreiras. Estudos de natureza sedimentológica são necessários a fim de determinar se essas areias correspondem ao produto de intensa lixiviação atuante sobre os sedimentos areno-argilosos carreando a fração mais fina, ou representam uma cobertura eólica rebaixada ao nível dos tabuleiros. A topografia plana nessas áreas, associada a esse amplo capeamento dificultaram, sobremaneira, as observações de campo, que, pela ausência de afloramentos, tiveram que ser efetuadas através da verificação nos materiais presentes em cacimbas utilizadas para captação de água. Em outras áreas mais favoráveis as observações puderam ser feitas nas exposições em cortes de estradas e em falésias, como as existentes na praia de Iparana.

Litologicamente essa seqüência é constituída de sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes com aspecto mosqueado, mal selecionados, de granulação variando de fina a média, mostrando horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos, sem cota definida, em geral associados à percolação de água subterrânea. A matriz é argilosa caulinítica, com cimento argilo-ferruginoso e às vezes silicoso. A estratificação é geralmente indistinta, notando-se apenas um discreto paralelismo entre os níveis de constituição faciológica diferentes. Nos níveis de cascalhos, por vezes observa-se uma

incipiente organização em estruturas cruzadas e paralelas, bem como aumento da granulometria em direção à base (granodecrescência), mostrando alguns seixos imbricados. Estes clásticos normalmente são de quartzo e, mais raramente, de feldspato, laterito e outros tipos de rocha, com diâmetros variados que atingem até cerca de 10 cm e com grau de arredondamento tendendo a intensificar-se em direção aos seixos menores.

Em alguns locais, como no Iguape e na Prainha (município de Aquiraz), é freqüente a existência de fontes de água que ocorrem no contato desta seqüência com os sedimentos arenosos de dunas. Essas fontes são originadas pela percolação, sobre o material argiloso, da água absorvida pelas areias sobrepostas.

De acordo com os estudos de Bigarella (1975) atribui-se uma idade miocênica superior a pleistocênica para esta unidade. O caráter ambiental é admitido como predominantemente continental, onde os sedimentos foram depositados sob condições de um clima semi-árido sujeito a chuvas esporádicas e violentas, formando amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas mais ou menos íngremes. Durante essa época o nível do mar era mais baixo do que o atual, proporcionando o recobrimento de uma ampla plataforma.

4.2.1.4.2 Coberturas Colúvio-Eluviais (Tc)

Distribui-se de forma irregular na área constituindo manchas ou "ilhas" que se assentam diretamente sobre os litotipos pré-cambrianos, com espessuras reduzidas - em geral inferiores a três metros. Estes depósitos são resultantes do intemperismo in situ ou com pequeno deslocamento gravitacional. Morfologicamente caracterizam-se como tabuleiros aplainados, muitas vezes rebaixados ao nível da superfície cristalina. Na zona costeira as semelhanças verificadas com os sedimentos litorâneos dificultam o traçado de um contato definido entre os dois tipos de depósitos. Sendo assim algumas áreas mapeadas como Coberturas Colúvio-Eluviais, é possível que correspondam a sedimentos pertencentes à Formação Barreiras e vice-versa.

As coberturas residuais são resultantes da profunda decomposição e lixiviação das rochas do embasamento, geralmente formando platôs de bordas dissecadas. Algumas vezes conservam resquícios de estruturas gnáissicas e fragmentos de veios de quartzo. Litologicamente esses sedimentos foram caracterizados por Braga et al. (op. cit.) como um material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base. A matriz é areno-argilosa caulinítica, com cimento argiloso e/ou ferruginoso. São constituídos por grãos de quartzo, imaturos e pouco desgastados, ocasionais pontuações de opacos, palhetas de mica e grãos de feldspato em vias de alteração. Segundo esses autores a falta de estratificação, o caráter arcoseano e a morfoscopia dos grãos de quartzo caracterizam estes sedimentos como imaturos e, por outro lado, sugerem condições climáticas semi-áridas a que foram submetidos desde a deposição até os tempos atuais.

Nas áreas serranas pode-se distinguir três zonas principais, onde predominam movimentos com componente gravitacional dominante: a) uma zona primária de fornecimento de clásticos grossos; b) zona de tálus a meia encosta que representa, ao mesmo tempo, área fonte e de deposição de detritos, com mistura de material coluvionar de todas as granulações (é a área mais

instável) e c) zona de deposição final, nas partes mais baixas das encostas, onde se colocam cones de dejeção e depósitos de piemonte em condições de estabilidade. Esses depósitos são normalmente inconsolidados, mal classificados, formados por seixos, blocos, matacões, grãos de areia e, às vezes, argilas impuras.

4.2.1.4.3 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 com uma média de 2 a km no litoral oeste de Fortaleza. Nesta cidade distribui-se mais amplamente, chegando a formar uma faixa perpendicular à costa que atinge aproximadamente 13 km. Na porção leste da área, município de Aquiraz, esses sedimentos projetam-se em direção ao interior; cabendo aí uma certa prudência na interpretação, uma vez que faltam exposições confiáveis e, considerando-se as semelhanças existentes com a fácies arenosa da Formação Barreiras, a cartografia desses depósitos pode conter alguma imprecisão, estabelecendo-se, portanto, a necessidade de um maior detalhamento dessas áreas, permitindo a obtenção de resultados mais consistentes.

Trata-se de uma geração mais antiga de dunas, as quais apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos (daí serem também chamadas de dunas edafizadas), com a conseqüente fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfologicamente exibem feições típicas de dunas parabólicas, bem visualizadas em fotografias aéreas e imagens de satélite, com eixos alinhados segundo a direção E-W refletindo a predominância dos ventos que sopram do quadrante leste. As espessuras variam em torno de 15 m próximo à linha de costa, encontrando-se valores altimétricos mais elevados como nas imediações da cidade 2000 e na área onde estão instaladas as antenas de TV (bairro Dionísio Torres), em Fortaleza. Para o interior mostram-se rebaixadas com progressiva redução da espessura e com as formas dissipadas em algumas áreas.

Constituem-se de areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosa, com tons amarelados, alaranjados e acinzentados, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspática. Normalmente são sedimentos inconsolidados, sendo que em alguns locais podem apresentar um certo grau de compactação. Estruturas sedimentares puderam ser observadas em algumas exposições onde, além de estratificações plano-paralelas e cruzadas, ocorrem níveis pelíticos de espessuras centimétricas intercalados no pacote arenoso, os quais podem ser interpretados como depósitos em ambiente úmido correspondente a áreas baixas de interdunas.

4.2.1.4.4 Dunas Recentes ou Móveis (Qd)

São formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia pela deflação eólica e distribuem-se como um cordão contínuo, disposto paralelamente à linha de costa, o qual começa a ser esboçado a partir da linha de praia alta (backshore) possuindo uma largura média de 2 a 3 km e espessuras que atingem até 30 m. Sua continuidade só é interrompida pela presença de planícies fluviais e flúvio-marinhas, ou ainda pela penetração até o mar de sedimentos da Formação Barreiras (praia de Iparana) e promontórios formados por cangas lateríticas (ponta do Mucuripe) e quartzitos (ponta do Iguape). Em geral esses sedimentos

ocorrem capeando a geração de dunas mais antigas, embora em algumas áreas estejam assentados diretamente sobre os sedimentos terciários da Formação Barreiras. Quanto à morfologia esses corpos apresentam feições de barcanas (meia-lua), com declives suaves a barlavento, contrastando com inclinações mais acentuadas das encostas protegidas da ação eólica. Geometrias lineares também são identificadas para esses depósitos.

Litologicamente são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados. Muitas vezes encerram níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita. Estratificações cruzadas de médio a grande porte e marcas ondulares eólicas podem ser registradas em algumas exposições.

Caracterizam-se pela ausência de vegetação ou pela fixação de um revestimento pioneiro, o qual detém ou atenua os efeitos da dinâmica eólica responsável pela migração das dunas. Os campos de dunas contribuem para o barramento das drenagens que possuem descargas deficientes, obstruindo as suas desembocaduras e formando, conseqüentemente, uma série de lagoas costeiras.

Em algumas áreas, dependendo da orientação da linha de costa, as dunas podem exercer papel importante no by pass de sedimentos, como foi observado na ponta do Iguape. Neste local o promontório quartzítico funciona como uma superfície sobre a qual as areias das dunas que ocorrem a sudeste estão sendo transportadas, alimentando a deriva litorânea e, conseqüentemente, minimizando os efeitos da erosão marinha experimentada pelo setor de costa a sotavento.

4.2.1.4.5 Praias Recentes

Formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. São acumulações de areias de granulação média a grossa, ocasionalmente cascalhos (próximo às desembocaduras dos rios maiores), com abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados. Esta unidade não se encontra representada no Mapa Geológico por uma questão de escala, estando inserida na faixa correspondente às Dunas Recentes.

Incluem-se também, neste contexto, as beach rocks ou arenitos de praia que ocorrem em diversos trechos da área trabalhada. Estas formações encontram-se distribuídas descontinuamente, formando alinhamentos paralelos à linha de costa e, normalmente, afloram em dois sub-ambientes praiais: na zona de estirâncio e na zona de rebentação. Em geral são arenitos conglomeráticos com grande quantidade de bioclastos (fragmentos de moluscos e algas), cimentados por carbonato de cálcio. Mostram estratificações cruzadas dos tipos planar e acanalado. As melhores ocorrências situam-se nas praias da Cofeco, Sabiaguaba, Iparana e na enseada do Mucuripe, sendo que neste último local, os arenitos diferenciam-se por exibirem um avançado estágio de laterização. Esses corpos funcionam, muitas vezes, como uma proteção a determinados setores da costa, diminuindo a energia das ondas que se aproximam da face da praia, evitando a ação erosiva das mesmas.

A dinâmica sedimentar costeira é controlada, fundamentalmente, pela deriva litorânea (longshore current). Este trânsito de sedimentos é criado quando as ondas incidem obliquamente

à linha de costa, provocando uma corrente que flui longitudinalmente à face de praia, com atuação restrita à zona de surfe. Esta corrente, associada ao movimento em zigue-zague das areias provocado pelo espraiamento das ondas de encontro às praias (swash transport), constitui o principal agente responsável pela deriva litorânea de sedimentos ao longo da costa (Dominguez et al., 1983). No litoral da RMF o regime de ondas que se aproxima da costa provém, dominantemente, dos quadrantes leste e nordeste, gerando um transporte litorâneo com sentido geral de leste para oeste e de sudeste para noroeste.

Observações de campo efetuadas na área e fora de seus limites permitem concluir que grande parte da linha de costa do estado do Ceará experimenta erosão, seja por causas naturais ou devido a implantação de obras de engenharia. Esse fenômeno pode ser atestado a leste de Fortaleza (praia do Batoque - município de Aquiraz) pela exposição, na face da praia, de antigos mangues que estavam cobertos pelas areias e hoje estão sendo exumados, testemunhando o recuo da linha de costa. Outro exemplo, caracterizando a erosão provocada pela interferência do homem na dinâmica sedimentar costeira, ocorre a oeste de Fortaleza (praia de Iparana, município de Caucaia), que experimenta um acelerado processo erosivo decorrente da construção de uma bateria de espigões (estruturas de enrocamento) desde o porto do Mucuripe até a foz do rio Ceará, provocando a retenção dos sedimentos em transporte pelas correntes de deriva litorânea.

4.2.1.4.6 Depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangues (Qa)

São representados, essencialmente, pelos depósitos de areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes.

Sobre os terrenos cristalinos os cursos de água mostram-se, freqüentemente, controlados por fraturas e falhas, exibindo longos trechos retilinizados. Nessas áreas os depósitos constituem faixas estreitas, mormente formadas por sedimentos de granulometria grossa, ao longo dos canais ativos, enquanto nas planícies de inundação apresentam uma constituição mais fina. Sobre as coberturas sedimentares os rios e riachos formam depósitos mais possantes, provenientes do retrabalhamento da Formação Barreiras e das dunas, o que resulta em acumulações dominantemente constituídas por areias finas, siltes e argilas. Próximo ao litoral os campos de dunas são responsáveis pela dificuldade de diversas drenagens atingirem o mar, provocando o deslocamento de seus cursos que passam a correr paralelamente à linha de costa. Outras vezes as areias eólicas obstruem completamente as desembocaduras dos rios, formando uma série de lagoas dispostas à retaguarda dos cordões dunares.

Nas lagoas (costeiras e interiores) são depositados, principalmente, sedimentos pelíticos e grande quantidade de matéria orgânica. Nas primeiras é comum a presença de camadas de diatomito, muitas vezes com volume suficiente para serem explotadas economicamente.

Nos ambientes estuarinos ou de planícies flúvio-marinhas formam-se depósitos síltico-argilosos, ricos em matéria orgânica, que sustentam uma vegetação de mangue. Não se restringem apenas às desembocaduras, desenvolvendo-se também nos baixos cursos dos rios até onde se faz sentir a influência marinha. 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. Destacam-se na RMF

as áreas de mangues associadas aos rios Cocó, Ceará e Pacoti, bem como às lagoas que, pelo contato temporário com a água do mar, recebem a denominação de lagamar.

4.2.2 Arcabouço Estrutural

O arcabouço estrutural da região 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. O arranjo geométrico visualizado no mapa mostra os principais traços estruturais dispostos, preferencialmente, segundo o trend NE-SW e, subordinadamente, a NW-SE, WSW e NNE.

O comportamento dúctil é impresso com mais evidência nos litocomponentes do Complexo Gnáissico-Migmatítico, que possuem feições plano-lineares resultantes do seu envolvimento em um regime deformacional cisalhante dúctil, de caráter não coaxial ou rotacional. A organização dessas superfícies dá-se através de frações lenticulares ou de faixas paralelizadas, materializando o bandamento composicional. Pode-se, genericamente, caracterizar esses elementos planares como foliações miloníticas. Quanto à morfologia, em escala de afloramento, é possível distinguir o bandamento gnáissico, a xistosidade ou a foliação de transposição, em função da natureza da rocha e/ou do grau de deformação.

O primeiro tipo é definido pela alternância regular de faixas ricas em minerais máficos e faixas quartzo-feldspáticas. A xistosidade é ressaltada, especialmente, pela orientação preferencial de minerais placosos e prismáticos, e a foliação de transposição é definida no domínio dos augen-gnaisses por fenoclastos de K-feldspato contornados por faixas formadas por biotita e agregados de quartzo. Com a progressão da deformação são revelados os estágios da série milonítica, onde os incrementos estão impressos através da passagem dos tipos protomiloníticos, que caracterizam o estágio da deformação inicial e são relativamente freqüentes, até a criação de faixas localizadas de alto strain, a caracterizar os estágios miloníticos e ultramiloníticos.

Esses tipos mais tectonizados foram descritos junto às duas zonas de cisalhamento de direção geral NE-SW registradas no mapa, das quais apenas aquela que ocorre na porção sudeste da área foi caracterizada quanto ao seu regime, sendo interpretada como uma zona de transcorrência estabelecida sobre gnaisses xistosos da seqüência paraderivada do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Nessa faixa as rochas mostram-se bastante deformadas, com a foliação milonítica mergulhando em torno de 70^{o} para NW.

A outra zona de cisalhamento, delimitada a partir de imagem de satélite no setor noroeste da área, não teve sua natureza determinada no campo, sendo a mecânica dúctil testemunhada apenas pela ocorrência de blocos de rochas miloníticas, caracterizadas por níveis de quartzo achatados e estirados em estilo ribbon e uma significativa cominuição ou redução nos tamanhos dos grãos. Para muitos autores, as zonas de cisalhamento transcorrentes que ocorrem no estado do Ceará estão relacionadas ao final do Proterozóico Superior. Tal posicionamento parece ser atestado pela constatação de que essas estruturas são responsáveis pelo controle do emplacement e pela deformação milonítica desenvolvida nos corpos granitóides de idades comprovadamente brasilianas.

Nos planos da foliação milonítica observa-se, muitas vezes, uma orientação preferencial de minerais estirados; em outras palavras, há registros de uma lineação mineral expressa preferencialmente por micas, sillimanitas e barras de quartzo. Indicadores cinemáticos da deformação não coaxial puderam ser identificados em alguns afloramentos, destacando-se porfiroblastos rotacionados com sombras de pressão assimétricas, micas sigmoidais, dobras assimétricas e veios boudinados.

A observação e a análise dessas feições não permitiram a definição de um arranjo estatístico representativo para o entendimento dos sentidos de movimentação, como pode ser exemplificado no limite sul da área, em que gnaisses milonitizados exibindo porfiroclastos girados evidenciam deslocamentos tanto de caráter sinistral quanto dextral, sem que tenha sido constatada uma primazia significativa de um sentido sobre o outro.

No domínio das unidades basais, em que as estruturas foram desenvolvidas sob condições de alto grau metamórfico, os dobramentos são complexos, segundo várias fases de redobramentos, observando-se, comumente, dobras em estruturas sinformes e antiformes, abertas ou apertadas, de geometrias simétricas ou assimétricas, harmônicas, desarmônicas e dobras recumbentes. Nas seqüências metassedimentares do Complexo Gnáissico-Migmatítico as feições mostram-se mais definidas, como pode ser visualizado na porção ocidental da área, com os dobramentos expondo mais claramente as vergências das superfícies axiais e o caimento dos eixos.

A tectônica ruptural parece ser mais expressiva nos domínios do Complexo Granitóide-Migmatítico em que diferenças reológicas ou de competência entre esta unidade e o conjunto gnáissico-migmatítico resultaram em graus de deformação distintos. A relação com o quadro regional permite associar as falhas e fraturas cartografadas na área com a tectônica proterozóica superior-eopaleozóica, reativada ou não no Mesozóico quando do evento de instalação do oceano Atlântico. Muitas dessas estruturas encontram-se preenchidas por material granítico, pegmatítico e quatzoso, marcando uma importante fase de diqueamento ácido que corresponde às últimas manifestações magmáticas do Ciclo Brasiliano. Freqüentemente, a nível de afloramento, observam-se pequenas falhas, preenchidas ou não, deslocando diques ou veios graníticos e pegmatóides segundo rejeitos direcionais da ordem de 2 a 30 cm.

A reativação mesozóica na região nordestina foi marcada, segundo vários autores, por uma manifestação magmática de natureza básica sob a forma de diques associados a falhas e fraturas direcionadas a E-W. Este evento tem sido identificado, com significativo suporte geocronológico, em outras regiões do país, demonstrando seu caráter continental vinculado à reativação da Plataforma Sul-Americana. Na área em estudo tal fenômeno não se mostra evidente, sendo mais expressivo a sul onde as descontinuidades E-W são melhor visualizadas, como no maciço de Baturité (Brandão, op. cit.), provavelmente favorecidas pelo relevo e/ou pela ausência de coberturas.

No Terciário, após vulcanismo alcalino, ocorreu um período de estabilidade tectônica na região, a qual, associada a um clima quente e úmido possibilitou a latossolização das unidades aflorantes (incluindo as rochas vulcânicas terciárias). A deposição dos sedimentos da Formação Barreiras, posicionada no Terciário, constituída dominantemente por material clástico de origem laterítica, revela que a região foi novamente palco de atividades tectônicas. A referida manifestação tectônica deve ter imprimido modificação significativa na topografia, promovendo soerguimento e rebaixamento de blocos, possibilitando a formação de depressões e deposição

dos sedimentos da Formação Barreiras. Os registros sedimentares desta unidade revelam condições climáticas áridas, o que favoreceu a perda da cobertura vegetal, o desmantelamento das crostas lateríticas e a erosão das rochas aflorantes, propiciando a deposição de clásticos em sistema de leques aluviais e sistema fluvial entrelaçado nas depressões preexistentes.

No fim do Terciário e início do Quaternário deve ter ocorrido nova manifestação tectônica, associada a uma transgressão marinha, sendo seu registro evidenciado pelas falésias mortas desenvolvidas sobre os sedimentos da Formação Barreiras. Elas circundam a faixa costeira da Região Metropolitana de Fortaleza, as quais se estendem desde a praia do Barro Preto (extremo leste) até a praia do Cumbuco (extremo oeste). É importante salientar que essas feições ocupam as porções mais elevadas da faixa costeira e são cartografadas como dunas móveis, porém o recobrimento por sedimentos eólicos é extremamente reduzido, nunca ultrapassando os 10 metros e com média em torno de 5 metros.

Durante a fase transgressiva foram depositados os sedimentos da Depressão Sertaneja, localizados no interior do continente, constituídos por materiais coluvial e aluvial, bem como a deposição dos sedimentos eólicos formadores das paleodunas. A presença de paleossolos não cálcicos e planossolos solódicos, desenvolvidos sobre os colúvios e alúvios da Depressão Sertaneja, revelam que o clima deveria ser bem mais úmido que o atual. Os planossolos solódicos, localizados continente adentro, também são indicadores da transgressão marinha, pois mostram que essas áreas apresentavam condições hidromórficas de caráter salino, provavelmente devido o afogamento dos canais de drenagens. A intensa edafização das dunas geradas durante esse período também revela condições climáticas mais amenas do que as atuais.

A atual linha de costa encontra-se aproximadamente a 500 metros das falésias mortas, revelando, provavelmente, nova manifestação tectônica e/ou regressão marinha durante o Quaternário, favorecendo o recuo do mar e, conseqüentemente, a degradação dos sedimentos da denominada Depressão Sertaneja (elúvios, colúvios e alúvios), assim como das demais unidades sedimentares e cristalinas. Esse fenômeno possibilitou a fixação da atual rede de drenagem, a implantação de uma nova superfície aplainada em cotas mais baixas e a deposição de terraços aluviais nas margens das principais drenagens.

Em tempos mais recentes processou-se a retomada de erosão, com os principais rios esculpindo os seus vales nas aluviões até então depositadas, seguindo-se, por fim, uma nova deposição (aluviões recentes) que, devido ao grande aporte de sedimentos, provocou o assoreamento dos baixos cursos. Essa nova retomada erosiva está relacionada, provavelmente, ao recuo da linha de costa ou mesmo à neotectônica.

Atividades tectônicas recentes são amplamente reconhecidas no Nordeste Oriental, onde registros históricos e instrumentais de abalos sísmicos têm sido compilados e revistos nas últimas décadas. O maior deles teve o epicentro identificado no município de Pacajus (ao sul da Região Metropolitana de Fortaleza, distando 50 km de Fortaleza), atingindo magnitude máxima de 5,2 mb e intensidade máxima de VII na escala Richter, com um total de 15 eventos ou abalos (Carneiro et al., 1989).

4.3 Hidrogeologia

Erroneamente, as águas superficiais são consideradas como a maior fonte dos recursos hídricos. No entanto, elas representam apenas cerca de 3% do total de água potável disponível, sendo o restante encontrado no subsolo. Assim, dada a insuficiência de recursos hídricos superficiais, adota-se como alternativa para a complementação das demandas dos diversos usos da água a explotação dos mananciais hídricos do substrato, através da captação de água subterrânea por meio de poços tubulares, cisternas e etc. Por outro lado, fatores como o armazenamento dessas águas em formações rochosas de grande profundidade não permitem a exploração do total desses recursos, a custo razoável, tomando-se inviáveis.

No que tange à área de estudo, o que se pretende neste item é fazer uma introdução ao tema, apresentando a distribuição das regiões cristalinas e sedimentares (Desenho 02 – ANEXO III), que correspondem aos principais sistemas aqüíferos encontrados. Sendo assim, aqui são apenas apresentados os principais sistemas aqüíferos da região de estudo: o cristalino e as áreas sedimentares.

4.3.1 Cristalino

Considerando a região do cristalino, são imensas as dificuldades e restrições associadas às reservas subterrâneas (*e.g.* recursos aleatórios, escassos, de má qualidade e de pouco conhecimento). Nessa região, a pouca cobertura vegetal e a pequena espessura do solo constituem um ecossistema frágil cujas características físico-ambientais reduzem substancialmente o seu potencial produtivo. A pequena disponibilidade de água superficial aliada à baixa e irregular pluviosidade explica a grande dependência dos habitantes e dos rebanhos da região em relação à água subterrânea, mesmo sendo essa, na maior parte, uma alternativa tênue pela reduzida vocação hidrogeológica das rochas cristalinas.

Nestas rochas, a água subterrânea ocorre em sistemas de fendas e fraturas interconectadas, descontínuos e com extensão limitada. As reservas são alimentadas, principalmente, pela infiltração no solo de águas de precipitação, de águas superficiais dos cursos naturais, ou ainda de lagos. Este fato vem demonstrar as dificuldades de se estimar a verdadeira potencialidade dos recursos interiores, uma vez que o armazenamento no cristalino é limitado por causa da sua alta resistência à infiltração e ao preenchimento das suas regiões abertas, ou fraturas. Por estas razões, as regiões cristalinas são muitas vezes consideradas inviáveis, ou péssimas fontes de água subterrânea.

4.3.2 Áreas Sedimentares

As regiões onde os recursos hídricos do substrato são notáveis estão representadas pelas áreas sedimentares, o que é plenamente justificável, uma vez que a boa porosidade e permeabilidade dessas rochas as transformam em excelentes corpos armazenadores. Prova é que cerca de 97% das águas do subsolo são encontradas nessas litologias.

Neste sentido, os depósitos aluvionares que podem ocorrer ao longo dos vales assumem grande importância no contexto hídrico da região. Essa importância cresce, quando se verifica que é ao longo desses vales que se concentram as maiores densidades demográficas, aumentando significativamente a demanda por água. Nas aluviões, com efeito, as altas permeabilidades das frações arenosas compensam freqüentemente as pequenas espessuras saturadas, de modo que é possível a obtenção de vazões de explotação expressivas através de captações rasas e de baixo custo adequadamente construídas.

Já nas bacias sedimentares, ao contrário do que ocorre nas rochas cristalinas, são armazenados os maiores volumes de água subterrânea do semi-árido. Na área de estudo, este sistema cobre a faixa litorânea, compreendida entre Aquiraz e São Gonçalo do Amarante, e forma o principal sistema aqüífero (Dunas-Barreiras), o qual é constituído por sedimentos Quaternários e Terciários. Os depósitos Quaternários são representados por areias de praia, e dunas móveis e fixas.

As dunas móveis formam um cordão contínuo de areias secas bordejando a linha costeira, sem cobertura vegetal e totalmente vulneráveis à ação dos ventos. São areias claras, comumente esbranquiçadas, de granulação fina, formadas por grãos de quartzo arredondados e bem selecionados.

As dunas fixas, ou paleodunas, avançam um pouco mais para o interior, repousando discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. Tratam-se de depósitos Terciários representados por arenitos argilosos, de cores variegadas, com matizes avermelhados, amarelados e cinza esbranquiçados. A matriz é, muitas vezes, caulínica, podendo apresentar cimento argiloso e ferruginoso, com presença de níveis lateríticos e marcada variação faciológica, para níveis arenosos grosseiros.

Nestas litologias, as águas oriundas de infiltração são armazenadas pelos corpos rochosos porosos, ou aqüíferos, onde ficam retidas na zona de saturação, cuja espessura é função da geologia local, porosidade e permeabilidade das formações, taxa de recarga e movimento da água dentro da zona entre os locais de recarga e descarga. Em regiões sedimentares, é possível estimar-se o valor dos recursos hídricos de sub-superfície, conhecendo-se as características hidrogeológicas das unidades armazenadoras.

4.4 Geomorfologia

Com base em uma estrutura geológica complexa, decorrente da consolidação de blocos desde o Pré-cambriano e com falhamentos orientados, em geral para o Nordeste, é a partir do Jurássico Superior que os eventos diastróficos se fizeram sentir mais acentuadamente na morfologia cearense. Trata-se do estágio de reativação identificado por Almeida (1969) sob a denominação de reativação Wealdeniana, cujos reflexos perduraram até o Cenozóico Superior.

Os fatores estruturais têm relação direta com as macroestruturas em nível de escudos e de bacias sedimentares. As diferenciações petrográficas, a evolução paleogeográfica, bem como as diversificações locais de clima e de vegetação, diferenciam a evolução morfogenética. Sob esse ponto de vista é possível a identificação de unidades morfológicas bem diferenciadas, tais como:

1. A Planície Litorânea;
2. Os Glacis Pré-Litorâneos;
3. Os Planaltos Sedimentares: Ibiapaba, Araripe e Apodi;
4. Os Maciços Residuais;
5. As Depressões Sertanejas.

Contudo, a compartimentação do relevo na área de estudo é representada, basicamente, por quatro domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos dissecados em interflúvios tabulares, Depressão Sertaneja, e Maciços Residuais, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como nas características do solo e vegetação (Desenho 03 – ANEXO III). Dentro de cada domínio ou unidade geomorfológica, foram caracterizadas tanto as formas de acumulação ou agradacionais, como as de dissecação ou degradacionais.

4.4.1 Planície Litorânea

Compreende os campos de dunas, as praias e as planícies flúvio-marinhas. Apresenta direções que acompanham os contornos da orla marítima. O litoral, como um todo, denuncia um conjunto de feições morfológicas desenvolvidas pelos mais diversos fatores, que se traduzem no avançado estágio de regularização alcançado. Se os movimentos epirogenéticos cenozóicos, de pequena amplitude, trouxeram influências na retilinização da faixa litorânea, os eventos eustáticos associados ás últimas transgressões, regressões e ingressões marinhas explicam a ocorrência de reentrâncias.

As dunas formam cordões quase contínuos que acompanham paralelamente a linha de costa, sendo interrompidos, vez ou outra, por planícies fluviais e flúvio-marinhas, por falésias, ou ainda por promontórios constituídos por litologias mais resistentes (pontas do Mucuripe e do Pecém). As dunas móveis ou recentes são caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximo à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Podem também apresentar um recobrimento vegetal pioneiro, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica, tornando-as fixas ou semi-fixas. 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. Geometrias lineares também são identificadas para esses depósitos.

As falésias são formadas por camadas argilosas do Grupo Barreiras na base, capeadas por sedimentos eólicos variados, que se projetam até a linha da praia, aparecendo como exemplos mais notáveis as falésias das praias do Morro Branco e das Fontes. No contato das duas unidades, emergem pequenas fontes d'água perenes que abastecem as populações locais. O trabalho de solapamento das falésias pelas ondas é bem significativo em vários trechos da costa, cujas escarpas festonadas só ficam inteiramente expostas durante a baixa-mar.

A retaguarda das dunas recentes, especificamente nas bacias do São Gonçalo do Amarante, Gereraú, Cauhipe, Catu, Caponga Funda e FLED, observam-se gerações de dunas mais antigas, alcançando alturas superiores a 10 m, as quais apresentam desenvolvimento de processos pedogenéticos, resultando na fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfologicamente, exibem feições típicas de dunas parabólicas, com eixos alinhados aproximadamente segundo a direção E-W, refletindo a predominância dos ventos que sopram do quadrante Leste. Para o interior, mostram-se rebaixadas ao nível dos tabuleiros pré-litorâneos (Grupo Barreiras), apresentando formas dissipadas em algumas áreas.

Os campos de dunas são responsáveis pelo barramento de algumas drenagens que possuem descargas deficientes, provocando a obstrução dos vales costeiros, impedindo assim que os cursos d'água atinjam diretamente o oceano, resultando na formação a montante, de típicas lagoas de barragem, ou desviando com freqüência as embocaduras em relação ao curso original para o mar.

As praias formam um depósito continuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Observa-se a presença de *beach rocks* aflorando em diversos trechos da costa (praias do Ideal, Iguape e Sucatinga, entre outras), ao longo das zonas de estirâncio e de arrebentação, os quais funcionam como barreiras naturais, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

A linha da costa é via de regra retificada, sendo identificados dois setores onde as feições litorâneas são dotadas de maior homogeneidade: no setor a leste da ponta do Mucuripe, observa-se um litoral retilinizado e com direção SSE-NNO, sendo a ponta do Iguape o único acidente a interromper a retificação, sem contudo mudar a direção da costa. As dunas ocupam extensivamente a área, provocando em determinados pontos o represamento das águas e a formação de pequenas lagoas. Da ponta do Mucuripe para oeste, o litoral tem direção SE-NO, com amplas enseadas e presença de dunas que penetram para o interior ocupando faixas de até 4 km. A drenagem tem o fluxo dificultado, divagando através de canais sinuosos sendo, ocasionalmente, obstruída formando lagoas à retaguarda das dunas.

As planícies flúvio-marinhas são ambientes formados pela deposição de sedimentos dominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue, sendo caracterizadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos. No território das Bacias Metropolitanas, as planícies flúvio-marinhas estão associadas aos rios Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti, Choró e Pirangi, e a algumas lagoas costeiras que apresentam contatos temporários com o mar sendo denominadas de "lagamar".

4.4.2 Glacis Pré-Litorâneos

Esta unidade representa a mais típica superfície de agradação do território cearense. Compreende um glacis de deposição que se inicia de modo gradativo do interior pata 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. Originalmente formavam uma superfície contínua, bem mais ampla que os limites atuais, elaborada a partir da coalescência de leques colúvios-eluviais, numa época em que o nível do mar era mais baixo do que o atual, permitindo o recobrimento de uma extensa plataforma.

Nesta unidade as associações de solos são caracterizadas pela dominância de Podzólicos Vermelho Amarelos e Areias Quartzosas, recobertos por vegetação secundária de porte arbóreo-arbustivo.

As planícies fluviais são, dentre as áreas de acumulação, as que abrigam as melhores condições de solo para exploração agrícola e de disponibilidade hídrica, constituindo-se, portanto, em zonas de diferenciação geoambiental no contexto dos sertões semi-áridos. Na região do embasamento cristalino, os cursos d'água formam depósitos aluvionares estreitos, enquanto sobre a zona pré-litorânea, à medida em que entalham os sedimentos do Grupo Barreiras, as faixas de acumulação tomam-se mais expressivas. No território das bacias ora em estudo, destacam-se as planícies fluviais dos rios Pirangi, Choró e Pacoti, como as mais significativas.

4.4.3 Depressão Sertaneja

Este domínio geomorfológico é o que ocupa maior extensão no âmbito da área de estudo, constituindo exceção as bacias do Catu, Caponga Funda, Caponga Roseira, Malcozinhado, Uruaú e FLED, as quais se desenvolvem exclusivamente sobre o embasamento sedimentar. 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 pedimentadas 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.

As associações dos solos são bastante diversificadas, normalmente rasos ou medianamente profundos, com grande incidência de afloramentos rochosos e pavimentos detríticos. A vegetação é típica dos sertões semi-áridos, onde predomina a caatinga, com seus padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos.

4.4.4 Maciços Residuais

A monotonia das formas planas a suavemente onduladas da Depressão Sertaneja, vez por outra é interrompida pela forte ruptura de declive das serras e morros residuais. Esses relevos são constituídos, dominantemente por rochas granitíco-migmatíticas e gnáissicas e foram formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica gnáissica e migmática menos resistente. Apresentam-se dissecados em feições de colinas, relevos tabulares e em forma de inselbergs. 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. Os contrastes entre serras-sertões não assumem

características estritamente geomorfológicas. Têm conotações mais amplas e de caráter ecológico, implicando profundas diferenças do ponto de vista da utilização da terra.

Alguns destes planaltos, normalmente os de maiores extensões e altitudes, chegam a constituir verdadeiras ilhas de umidade no contexto geral semi-árido do interior cearense. Formam então os "brejos" de cimeira em cujas vertentes de barlavento desenvolvem-se atividades agrícolas das mais importantes.

Na área de estudo destacam-se as serras de Baturité, Maranguape, Aratanha/Pacatuba, Juá/Conceiçâo e Camará, que atingem níveis altimétricos da ordem de 350 a 800 m. Elas caracterizam-se por apresentar condições de umidade bastante elevadas nas vertentes voltadas para o mar, onde o intemperismo químico é predominante, favorecendo o desenvolvimento de solos do tipo Podzólico Vermelho Amarelo, que sustentam uma cobertura vegetal de grande porte, formada por floresta plúvio-nebular (matas úmidas). A serra de Aratanha dentre todos os outros maciços residuais é a que preserva maior extensão de floresta nativa. Nos setores de sotavento, as condições ambientais são mais agressivas, sendo o intemperismo físico o principal processo modelador da paisagem. Nessas vertentes secas, observa-se o desenvolvimento de uma vegetação arbórea, intermediária entre a caatinga e a floresta plúvio-nebular (matas secas). As outras elevações, de menor representatividade espacial e altimétrica, possuem condições ambientais que se assemelham mais com as características físicas das superfícies rebaixadas do sertão, sendo denominadas de serras secas.

4.5 Hidrologia

4.5.1 Distribuição das Precipitações

A análise da distribuição da precipitação nas bacias que envolvem os municípios da Região Metropolitana de Fortaleza foi desenvolvida com base nos dados pluviométricos e fluviométricos, provenientes do monitoramento realizado durante um período de 85 anos (1912 – 1996), nos postos listados, respectivamente, nas Tabelas 4.2 e 4.3 e locados no mapa hidrológico (Desenho 04 – ANEXO III).

No decorrer do ano, as chuvas se concentram, quase que 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 media 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, com uma freqüência estimada de 10 a 20% sobre períodos longos. A situação é agravada pelo fato de que, preferencialmente, o ano seco não ocorre isoladamente e sim associado a outros, anteriores e/ou posteriores, também deficientes. Por outro lado, os anos com pluviometria elevada não são raros, ocasionando enchentes devido às condições favoráveis de escoamento superficial, e gerando problemas, principalmente em áreas urbanizadas das bacias dos sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu.

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:

- 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, nestas últimas, 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.

TABELA 4.2

POSTOS PLUVIOMÉTRICOS LOCALIZADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (RMF)

Código (SRH)	Nome do Posto	Média (mm/ano)	X UTM	Y UTM	Altitude (m)	Entidade
111023	Beberibe	1238,9	598,03	9533,86	25	FUNCEME
111038	Caucaia	1403,9	535,16	9585,49	32	FUNCEME
111054	Guaramiranga	1331,4	500	9526,55	700	FUNCEME
111082	Maracanaú	1370	537,01	9572,59	100	FUNCEME
111103	Pacajus	1017,5	559,19	9537,58	68	FUNCEME
111125	Redenção	1207,2	520,34	9535,76	400	FUNCEME
111157	Fortim		634,99	9808,01	10	FUNCEME
111176	Pindoretama	1280,3	574,00	9552,31	47	FUNCEME
111354	Barreira	885,09	538,83	9522,85	80	FUNCEME
111361	Ocara		544,37	9504,42	105	FUNCEME
111362	Casteão	1400,2	549,97	9589,17	18	FUNCEME
111394	Assude Amanari		512,95	9556,02	116	FUNCEME
111411	Fazenda Tio Cosme		511,10	9592,87	40	FUNCEME
111413	Fazenda Coluninjuba		531,45	9561,54	160	FUNCEME
111544	Ibaretama		522,17	9474,96	110	FUNCEME
111552	Eusébio	1330,4	555,51	9568,90	30	FUNCEME
2861786	Paracuru		490,74	9626,03	10	FUNCEME
2872207	S. G. do Amarante		503,70	9602,08	84	SUDENE
2872305	Umarituba	1057	501,85	9594,71	85	SUDENE
2872409	Sítios Novos	937,81	503,70	9587,34	60	SUDENE
2872435	Guararu	1174,1	518,50	9589,18	50	SUDENE
2872496	Fortaleza Central	1438,2	551,82	9587,33	26	SUDENE

Código (SRH)	Nome do Posto	Média (mm/ano)	X UTM	Y UTM	Altitude (m)	Entidade
2872594	Fortaleza Regional	1499,4	551,20	9585,48	26	SUDENE
2872602	Sítios Novos de Cima	800,83	500	9578,13	60	SUDENE
2872684	Mondubim	1526,5	546,26	9579,96	30	SUDENE
2872766	Maranguape	1343,8	535,15	9570,75	67	SUDENE
2872925	Bom Princípio	916,02	512,95	9561,55	210	SUDENE
2872945	Otávio Lobo	1144	524,05	9561,54	220	SUDENE
2872978	Pacatuba	1406,7	542,55	9561,54	54	SUDENE
2873824	Aquiraz		568,46	9568,89	30	SUDENE
2881895	Aratuba	1490,2	496,30	9511,81	600	SUDENE
2882018	Itapebuçu	1021,1	509,25	9556,02	230	SUDENE
2882035	Columinjuba	1142,9	518,50	9556,02	350	SUDENE
2882076	Guaiuba		540,70	9554,17	59	SUDENE
2882146	Tanques	1124,9	524,04	9548,65	100	SUDENE
2882161	Jubaia	1449,2	533,30	9552,33	100	SUDENE
2882188	Açude Riachão	1137,4	548,10	9550,48	60	SUDENE
2882268	Baú	1208,1	536,99	9544,96	59	SUDENE
2882321	Gado	1245,5	511,09	9541,28	390	SUDENE
2882331	Palmácia	1245,5	516,64	9541,28	380	SUDENE
2882339	Acarape do Meio	1221,3	520,34	9537,60	250	SUDENE
2882415	Pacoti	1447,4	507,39	9533,91	800	SUDENE
2882458	Acarape	1104	531,44	9533,91	76	SUDENE
2882601	Mulungu	1042,4	500	9524,70	1050	SUDENE
2882626	Baturité		518,49	9517,33	123	SUDENE
2882648	Antônio Diogo	974,3	525,89	9522,87	171	SUDENE
2882735	Aracoiaba	957,18	548,08	9517,32	101	SUDENE
2882862	Vazantes	904	533,28	9511,80	50	SUDENE
2883256	Cascabel	1346,9	585,09	9543,08	30	SUDENE
2883435	Angicos	954,01	573,98	9533,88	35	SUDENE
2883605	Chorozinho	781,95	557,33	9522,84	42	SUDENE
2883679	Itapeim	1160,9	598,02	9520,96	20	SUDENE
2883836	Pitombeiras	925,56	573,96	9509,93	45	SUDENE
2884912	Umburanas	861,99	616,49	9506,20	15	SUDENE
2891168	Fazenda Feijão	768,55	481,51	9495,22	250	SUDENE
2891677	Açude Pompéu Sobrinho	757,14	487,06	9469,43	190	SUDENE
2891766	Queimadas	723,8	479,67	9460,22	190	SUDENE
2891876	Dom Maurício		485,21	9454,69	190	SUDENE
2892012	Riachão	842,48	505,54	9500,75	130	SUDENE
2892089	Curupira	868,87	548,07	9498,90	120	SUDENE
2892111	Itapiúna	781,88	505,54	9497,07	130	SUDENE
2892307	Caio Prado	842,18	503,69	9486,01	111	SUDENE
2892527	Várzea Nova	825,76	514,78	9474,96	60	SUDENE
2892531	Olho Dágua	850,25	516,63	9474,96	150	SUDENE
2892605	Daniel de Queiroz	681,18	501,84	9467,59	150	SUDENE
2892679	Boa Água	808,25	542,50	9465,74	120	SUDENE
2892972	Ibicutinga		538,80	9451,00	120	SUDENE

Código (SRH)	Nome do Posto	Média (mm/ano)	X UTM	Y UTM	Altitude (m)	Entidade
2893031	Cristais	749,56	572,11	9502,56	50	SUDENE
2893165	Boqueirão do Cesário	782,39	590,59	9495,17	150	SUDENE
2893336	Patos	252,05	573,94	9482,29	150	SUDENE
2894148	Aracati		636,82	9495,11	20	SUDENE
2871167	Serrote		481488	9607607	50	SUDENE
2871549	Pentecoste		470389	9581812	50	DNOCS
2881152	Paramoti		472249	9550494	160	SUDENE
2881462	Caridade		477803	9533915	150	DNOCS
2881734	Carindé		463012	9519171	130	DNOCS

Fonte: SRH/COGERH/VBA (2001); SRH (1992).

TABELA 4.3

POSTOS FLUVIOMÉTRICOS LOCALIZADOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (RMF)

Código (SRH)	Nome do Posto	X UTM	Y UTM	Bacia	Rio Barrado	Área da Bacia Hidrográfica
35650000	Sítios Novos	504538	9585023	São Gonçalo	São Gonçalo	449,58
35668000	Umarituba Novo	501244	9593707	São Gonçalo	São Gonçalo	485,41
35730000	Aç. Acarape do Meio	522469	9536195	Pacoti	Pacoti	210,02
35740000	Barra Nova	523819	9536305	Pacoti	Pacoti	219,44
35745000	Acarape	533391	9532302	Pacoti	Pacoti	315,67
35760000	Baú	536812	9545514	Pacoti	Baú	233,75
35830000	Caio Prado	505917	9485044	Choró	Choró	1.612,10
35875000	Aracoiaba	520271	9516912	Choró	Aracoiaba	397,38
35880000	Chorozinho	557415	9525389	Choró	Choró	4.109,38
35950000	Cristais	571246	9502543	Pirangi	Pirangi	2.030,55

Fonte: SRH/COGERH/VBA (2001); SRH (1992).

4.5.2 Evaporação

No conjunto, as condições climáticas favorecem, sobremaneira, o fenômeno da evaporação, provocando, em conseqüência, perdas hídricas consideráveis nos volumes acumulados em superfícies de água livres (açudes).

Como tais condições são mais rigorosas durante a estiagem, observa-se que os índices de evaporação estão implicitamente relacionados com os de pluviometria. No geral, o que se nota é que a ausência de chuvas contribui para o acréscimo das perdas por evaporação.

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.

Em geral, as alturas médias anuais de evaporação, medidas em tanques evaporimétricos "Classe A" das estações meteorológicas nas Bacias Metropolitanas, variam de 562 mm, na Serra de Guaramiranga, até 1.649 mm em Fortaleza. Apresenta-se, a título de comparação, os valores de evaporação mensal e anual para as estações de Fortaleza, Guaramiranga e outras estações no Estado do Ceará (Tabela 4.4).

TABELA 4.4

EVAPORAÇÃO MÉDIA MEDIDA EM TANQUE CLASSE A

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Fortaleza	149	109	85	74	85	95	123	173	193	197	185	181	1649
Crateús	250	147	112	97	134	188	275	327	358	395	372	334	2989
Sobral	158	105	75	71	78	108	154	199	215	247	220	210	1840
Acaraú	202	184	116	91	111	154	192	262	282	291	284	258	2427
Guaramiranga	51	35	25	25	26	29	40	58	67	70	70	66	562
Média	**162**	**116**	**83**	**72**	**87**	**115**	**157**	**204**	**223**	**240**	**226**	**210**	**1893**

Fonte: COGERH-VBA (2001)

O trimestre úmido, fevereiro/abril ou março/maio, é freqüentemente 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. A taxa média diária de evaporação em Tanque Classe A é da ordem de 3,5 mm/dia a 4,5 mm/dia nos meses favoráveis; alcançando a faixa de 12 mm/dia nos meses quentes nas zonas mais áridas.

Quando da ocorrência de anos secos, as alturas totais de evaporação aumentam consideravelmente, podendo superar os 3.300 mm/ano. Nestes casos, a diferença entre as taxas do 1° e 2º semestre reduz acentuadamente.

4.5.3 Evapotranspiração

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, estendendo-se desde Aracati (1.546 mm) até Acaraú (1.716 mm). 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.

4.5.4 Deficiência Hídrica x Excedente Hídrico

O balanço hídrico sazonal, segundo o método de Thornthwaite & Mather, revela que, para as áreas litorâneas, a deficiência hídrica tem início no mês de julho, prolongando-se até janeiro, com índices situados entre 600 e 750 mm anuais. No trimestre úmido, nos anos de pluviometria média ou acima, observam-se excedentes hídricos, geralmente, inferiores a 100 mm, apresentando o litoral de Fortaleza, índices próximos a 400 mm.

Nas áreas serranas (maciços orográficos), as deficiências hídricas apresentam valores bastante variáveis, como demonstram os índices obtidos nas serras de Baturité (45 mm) e Maranguape (705 mm). Por sua vez, os excedentes hídricos também apresentam valores variáveis, se elevando de cerca de 380 mm, na serra de Maranguape, para 780 mm, na região serrana de Baturité.

Na zona do sertão semi-árido, as altas taxas de evapotranspiração potencial situadas próximo de 1.650 mm explicam a inexistência de excedentes hídricos, bem como, os elevados déficits hídricos dessas áreas, com valores em torno de 850 mm.

4.6 Climatologia

4.6.1 Circulação Atmosférica

O estudo da circulação atmosférica envolve o conhecimento dos elementos e fenômenos que explicam a dinâmica dos sistemas atmosféricos e massas de ar.

Sob esta ótica, caracterizou-se que a circulação atmosférica no Brasil é regida pelas seguintes massas de ar: Equatorial Atlântica e Tropical Atlântica, provenientes do centro de alta pressão do Atlântico Sul; Tropical Continental, oriunda do centro de alta pressão dos Açores, e; Massas Polares, provenientes do continente Antártico.

Na Região Nordeste do Brasil, a circulação atmosférica gira em torno de quatro sistemas meteorológicos: a) os Alísios de SE; b) a Convergência Intertropical; c) o Equatorial Amazônico; e d) a Frente Polar Antártica.

4.6.1.1 Os Alísios de SE

Os Alísios seriam o sistema mais atuante na região do Ceará, explicando assim a tendência para a aridez já que a sua dinâmica condiciona os estados de tempo pouco chuvosos. Sua penetração faz-se sentir especialmente no inverno e, sobretudo, na primavera. A zona subtropical de alta pressão sobre o Atlântico Sul origina os ventos predominantes de leste, que sopram continuamente no litoral. Os ventos oriundos das altas pressões subtropicais, ou seja, do anticiclone semifixo do Antártico Sul caracteriza-se por possuir vorticidade anticiclônica, com temperaturas elevadas por causa da irradiação solar e telúrica e forte umidade específica em razão da evaporação marítima. No entanto, este sistema, em determinadas épocas do ano, tem suas condições alteradas pela invasão de sistemas causadores de “instabilidade”.

4.6.1.2 A Convergência Intertropical

O sistema formado pela Convergência Intertropical, com constantes deslocamentos nos dois hemisférios, é responsável pelas precipitações de verão-outono concentradas nos meses de março e abril, quando são influenciadas pelos sistemas da Frente Polar Antártica e dos Alísios. As pesadas chuvas estendem-se, do litoral para o sertão, através das calhas dos rios principais, onde atuam com menor intensidade.

4.6.1.3 O Sistema Equatorial Amazônico

O sistema composto pelo Equatorial Amazônico responde pelas chuvas de verão em todo o litoral nordestino. Trata-se de uma massa quente e úmida, que, após o recuo da massa Polar Antártica, avança sobre o continente provocando chuvas frontais e convectivas. As precipitações dele decorrentes resultam da condensação provocada pelo contato com uma massa fria.

4.6.1.4 A Frente Polar Antártica

A Frente Polar Antártica, por seus extensos deslocamentos no hemisfério sul, tem grande importância como mecanismo gerador de instabilidade e de precipitações frontais ao longo do litoral nordestino. Constitui-se no sistema responsável pelas precipitações de outono-inverno, período no qual alcança maior intensidade.

Genericamente, tendo maior representatividade nas regiões litorâneas e nos trechos finais dos vales, os ventos sopram, predominantemente, do sudeste. Porém no início do período chuvoso, durante apenas alguns dias, sopram do nordeste e do leste. No segundo semestre, a velocidade dos ventos são maiores, atingindo médias entre 3 e 4 m/s, enquanto que no primeiro semestre estas médias diminuem consideravelmente.

De uma maneira mais geral, observa-se que a circulação atmosférica, em conjunto com os fatores geográficos, é responsável pelas características climáticas do estado do Ceará, expressas por: elevadas temperaturas, baixas amplitudes térmicas e baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço.

4.6.2 Regime Pluviométrico

O regime de chuvas no nordeste é regularizado, basicamente, pelos sistemas de circulação atmosférica citados anteriormente e pelos aspectos geográficos.

A principal característica do regime pluviométrico do Ceará não é a quantidade de chuvas, e sim, a sua irregularidade temporal e espacial. Desta forma, verifica-se a existência de duas estações distintas: uma chuvosa, no primeiro semestre, com 65 a 70% da precipitação anual ocorrendo em apenas três meses (fevereiro/abril ou março/maio), e outra seca, no segundo semestre.

Outro problema é a grande variação interanual, com a ocorrência de consecutivos anos secos, ou raramente, anos de elevada pluviometria, podendo ocasionar enchentes.

Quanto aos aspectos geográficos, o relevo e a proximidade do litoral também exercem influência sobre os totais anuais. A extensa faixa litorânea do estado do Ceará tem características úmidas. Os climas mais áridos estão no interior, de baixas altitudes, chamado de sertão. Em especial, ocorrem regiões de altitudes elevadas, com ocorrência de chuvas orográficas.

4.6.3 Regime Térmico

O regime térmico do Estado do Ceará 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.

A média das temperaturas do Estado do Ceará, assim como todo o clima, é diferenciado em três regiões distintas: litoral, serra e sertão.

Na região litorânea, as temperaturas são amenizadas pela corrente dos Alísios, sendo registradas temperaturas médias anuais situadas entre 25 e 27ºC e amplitudes térmicas sempre inferiores a 5ºC.

A região serrana se encontra sob influência direta da altitude e do relevo, concentrando as mais baixas temperaturas médias anuais do Estado, situadas entre 22 e 26ºC.

A região do sertão apresenta as temperaturas mais elevadas, com médias anuais situadas entre 25 e 28ºC e amplitude térmica inferior a 5ºC. Isto se deve à baixa altitude (< 400m), alta evapotranspiração e baixos teores de umidade relativa do ar. Ressalta-se que a penetração dos Ventos Alísios, através das calhas dos rios principais, constitui-se no fator de amenização da temperatura durante todo o ano.

4.6.4 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar, bem como praticamente todos os parâmetros climáticos, está intimamente ligada com a pluviosidade. No período de chuvas, ela supera, freqüentemente, 80%, sendo que, nas regiões litorâneas, alcança valores próximos de 90%. O trimestre março/maio é o período mais úmido.

Na estiagem, a umidade reduz-se principalmente nas regiões mediterrâneas, mais áridas, e atinge a faixa de 50%. No litoral, tal diminuição é menor, situando-se, geralmente, entre 60% e 65%. O período crítico abrange os meses de setembro a novembro.

Na média, a umidade relativa do ar nas regiões mais secas é de 60% a 65%, e nas úmidas ultrapassa 70%. Quando da ocorrência de anos secos, os valores da umidade variam muito menos e se mantêm em níveis mais reduzidos.

4.6.5 Insolação

A proximidade com a linha do equador e as características climáticas áridas contribuem para manter os níveis de insolação com valores elevados e com pouca alteração durante todo o ano.

O valor médio de horas de insolação varia de 2.650 horas/ano a quase 3.000 horas/ano. A duração de incidência de luz solar diminui nos meses de maior pluviometria, com média de 6 horas/dia, e aumentam no auge da estiagem, atingindo cerca de 9 horas/dia.

4.6.6 Nebulosidade

Durante o período chuvoso o índice de nebulosidade observado é, freqüentemente, superior a 6 décimos, atingindo valores superiores aos 7,5 décimos; na estiagem, a nebulosidade diminui bastante, permanecendo entre 2 e 4 décimos, em especial no trimestre agosto/outubro.

4.6.7 Classificação Climática

De modo geral, o clima da região de interesse se apresenta bastante homogêneo. As variações climáticas registradas são diretamente associadas ao regime pluviométrico e decorrem, fundamentalmente, das seguintes condições:

- proximidade do litoral, quando os índices pluviométricos são mais elevados e as temperaturas mais estáveis;

- relevo acidentado, onde ocorrem precipitações orográficas que se somam a temperaturas mais baixas em decorrência da altitude.

De acordo com suas características climáticas, pode-se distinguir três regiões. Quais sejam: litoral, serra e sertão.

A faixa litorânea é mais úmida e apresenta temperaturas elevadas. As serras são regiões de maior altitude, que tem um microclima diferenciado, com ocorrência de precipitações orográficas e temperaturas mais baixas. As zonas de sertão, de menor altitude e localizadas no interior, são mais áridas e apresentam temperaturas mais elevadas.

De uma maneira geral, com exceção de microclimas bem definidos das regiões serranas, o clima da região de interesse é predominantemente quente e estável, de elevadas temperaturas e reduzidas amplitudes térmicas, com acentuada taxa de insolação, forte poder evaporante e regime pluviométrico irregular.

Segundo a classificação de Köppen, o território da área ora em estudo apresenta três zonas climáticas distintas, a saber:

- **Aw'**: clima tropical chuvoso, quente e úmido, com estação chuvosa concentrada no outono. Apresenta-se predominante na região, ocorrendo nas áreas com precipitações variando de 1.000 a mais de 1.500 mm anuais;

- **Amw'**: clima tropical chuvoso de monção, com estação chuvosa atrasada para o outono, em vez do verão. Ele ocorre em áreas serranas sujeitas as chuvas orográficas, onde os índices pluviométricos são superiores a 1.400 mm;

- **BSw'h'**: clima quente e semi-árido, com estação chuvosa atrasada para o outono. Ele ocorre no alto/médio curso das bacias dos rios Choró e Pirangi, onde as precipitações oscilam entre 700 e 1.000 mm.

4.7 Hidrografia

Em termos hidrográficos, para que toda a área de estudo fosse englobada (os treze municípios), a região de Interesse deverá incorporar todas as bacias que circunscrevem estes municípios (Tabela 4.5). Sendo assim, observa-se que os municípios considerados estão circunscritos pela Bacia do Curú e pelas Bacias Metropolitanas, composta por um conjunto de 14 bacias independentes, das quais apenas as bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, São Gonçalo e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu são hidrologicamente mais representativas, estando as demais bacias restritas à zona costeira.

TABELA 4.5

PRINCIPAIS PARÂMETROS MORFOLÓGICOS DAS BACIAS DO CURÚ E METROPOLITANAS

Bacia Principal	Bacia	Parâmetros		
		Área (km²)	Perímetro (km)	Talvegue (km)
Curú	Curú	8.527,3	527,5	195
Metropolitanas	São Gonçalo	1.332,3	220	90
	Gereraú	120,2	57,5	20
	Cauhipe	274	85	35
	Juá	121,6	50	12,5
	Ceará/Maranguape	555,9/223,8	135/97,5	52,5/37,5
	Cocó/Coaçu	304,6/194,8	100/67,5	42,5/32,5
	Pacoti	1.257,5	250	112,5
	Catu	155,9	72,5	30
	Caponga Funda	59,4	50	22,5
	Caponga Roseira	69,3	55	20
	Malcozinhado	381,8	87,5	37,5
	Choro	4.750,7	480	200
	Uruaú	261,5	82,5	35
	Pirangi	4.374,1	360	177,5

Fonte: SRH-CE (1992)

A partir da área de abrangência destas bacias, a Região de influência hidrográfica foi definida, conforme apresentado no Desenho 04 (ANEXO III). Tal região compreende parte da Bacia do 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 do Pirangi e Uruaú.

4.7.1 Bacia do Curú

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, localizadas no centro norte do Estado do Ceará. De sua nascente até a foz, o rio Curú percorre 195 km e sua bacia abrange uma área de 8.527,3 km^2. 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 grade 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.

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 e tem grande importância na agricultura de irrigação da região.

4.7.2 Bacias Metropolitanas

As Bacias Metropolitanas são um conjunto de bacias que ocupam uma área total de 15.085 km^2. Excluindo as Bacias de São Gonçalo, Pirangi, Choró e Pacoti e os sistemas Ceará/Maranguape e Cocó/Coaçu as demais bacias litorâneas são de pequeno porte e pouca representatividade hidrológica. Estas bacias têm suas principais nascentes nos sertões sublitorâneos e na própria zona litorânea. A descrição feita a seguir aborda apenas as maiores e mais importantes bacias citadas acima.

4.7.2.1 Bacia do Rio Pacoti

Sendo o principal manancial da **RMF**, 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 da ordem de 2%. Na parcela de jusante, como reflexo do relevo muito suave que atravessa, sua declividade gira em torno de 0,1%. Apresentando uma rede de drenagem predominantemente dendrítica, o rio Pacoti drena uma área de 1.257,5 km^2.

Sem nenhuma afluência significativa pela margem direita, o Pacoti possui dois contribuintes de maior porte pela margem esquerda, os riachos Baú e Água Verde. Ocorrem ainda, em seu baixo curso, a presença de lagoas perenes e intermitentes. Todos os cursos d'água da bacia apresentam fluviometria intermitente na região de baixo curso, sofrendo a influência das marés e apresentando um estuário composto por 160 ha de manguezais.

4.7.2.2 Bacia do Rio Choró

Uma das alternativas para o reforço do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza, a Bacia do Rio Choró é a maior daquelas que compõem as Bacias Metropolitanas.

A configuração espacial da Bacia do Choró é bem 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 das serras do Estevão, da Palha e Conceição. 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 próprio formato da bacia é indicador da pouca representatividade dos seus afluentes, que são pouco significantes pela margem direita, destacando-se, pela margem esquerda, apenas os riachos Cangati, Castro e Aracoiaba, este último, de caráter semiperene. Os demais cursos

d'água da bacia apresentam caráter intermitente, com o rio Choró próximo ao litoral, sofrendo influência das marés e apresentando um pequeno estuário composto por 25 ha de manguezais.

4.7.2.3 Bacia do Rio Pirangi

A bacia do Pirangi 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; aliás, a suavidade do relevo se apresenta como uma das maiores características desta bacia. 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, de modo quase completo, o traçado dos rios, que se apresentam com um padrão retangular (confluências formando ângulos retos). 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 afluência significativa. Todos os cursos d'água da bacia apresentam caráter intermitente, exceto próximo ao litoral, onde o rio Pirangi, sofrendo inclusive a influência das marés, forma um estuário composto por 200 ha de manguezais.

4.7.2.4 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 bacias independentes.

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, permanecendo secos durante a maior parte do ano, 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, respectivamente. Ao longo do rio Cocó merecem destaque as lagoas da Maraponga, da Itaoca, do Opaia e do Papicu, e outras de menor porte, todas 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 alongado e estreito, composto por 210 ha de manguezais.

4.7.2.5 Sistema Ceará/Maranguape

Apresentando uma configuração espacial retangular, a bacia do 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 significante na bacia, une-se ao rio principal apenas próximo à sua foz, não exercendo muita influência sobre a fluviometria 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 fluviometria semiperene apenas no trecho do rio Ceará que sofre a penetração das marés, formando um estuário composto por 640 ha 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.

4.7.2.6 Bacia do Rio 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.

O rio São Gonçalo 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, permanecendo secos durante a maior parte do ano, exceto próximo ao litoral onde o rio São Gonçalo sofre a influência das marés. Ao longo da bacia, surgem diversas lagoas perenes e intermitentes. Dentre elas, observa-se na região de baixo curso, próximo ao litoral, a formação de uma extensa lagoa de caráter perene, a Lagoa dos Talos.

4.8 Solos

Este item corresponde à compilação de trabalhos anteriores que contemplam o levantamento de solos na área de estudo deste projeto (*i.e.* SEARA, 1973; PROJETO RADAM, 1973; MA/DNPA-SUDENE/DRN, 1973; SRH, 1988; EJINCATE, 1998; IPLANCE, 1997). Em linhas gerais, corresponde a uma síntese das principais características e da classificação dos solos.

Sendo assim, as principais unidades de mapeamento são listadas a seguir:

- LVe - LATOSSOLO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO podzólico A fraco e moderado textura arenosa/média, fase caatinga hipoxerófila relevo plano.

- LAd - LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO podzólico A fraco textura arenosa/média, fase caatinga hipoxerófila.

- PVa - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO ÁLICO Th abrúptico textura arenosa/média + AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS, ambos A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.

- PVd3 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb textura arenosa/média + REGOSSOLO DISTRÓFICO com fragipan, ambos A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.

- PVd4 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb abrúptico textura arenosa/média + AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS, ambos A fraco, fase caatinga hiperxerófila relevo plano e suave ondulado.

- PVd5 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb textura arenosa/argilosa, PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb abrúptico plíntico textura arenosa/argilosa, ambos A moderado, fase florestal caatinga relevo plano e suave ondulado.

- PVd6 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb textura argilosa, fase floresta subcaducifolia e floresta/caatinga + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO abrúptico plíntico textura arenosa/argilosa e média, fase floresta subcaducifolia e floresta/caatinga + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb textura argilosa, fase floresta subcaducifolia + AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS fase floresta/caatinga, todos A fraco e moderado fase relevo plano e suave ondulado.

- PVd8 - Associação de: PODZÓL1CO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb abrúptico plíntico textura arenosa/argilosa + LATOSSOLO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO textura média + PODZÓLICO ACINZENTADO DISTRÓFICO Th com fragipan textura média + AREIAS QUARTZOSAS, todas A fraco e moderado, fase caatinga hipoxerófila e floresta/caatinga relevo plano e suave ondulado.

- PE3 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Th A moderado textura média/argilosa, fase floresta caducifolia relevo plano e suave ondulado.

- PE7 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Ti, A moderado textura média/argilosa, fase caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado.

- PEl1 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Th abrúptico A fraco e moderado textura arenosa/argilosa, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.

- PEl5 - PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb latossólico A fraco textura média/argilosa, fase floresta caducifolia relevo plano e suave ondulado.

- PE17 - Associação de: PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb relevo plano e suave ondulado + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO Tb latossólico relevo plano, ambos A moderado textura média/argilosa, fase floresta caducifolia.

- Ae1 - SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A moderado textura indiscriminada, fase floresta caducifolia de várzea relevo plano.

- Ae2 - SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A moderado textura siltosa/média, fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hiperxerófila de várzea relevo plano.

- Ae3 - SOLOS ALUVIAIS EUTRÓFICOS A fraco e moderado textura indiscriminada, fase caatinga hipoxerófila de várzea relevo plano.

- Ae4 - Associação de: SOLOS ALUVIAIS FUTRÓFICOS textura indiscriminada -i- SOLONETZ SOLODIZADO textura arenosa/média, ambos A fraco, fase caatinga hiperxeróflla de várzea e floresta ciliar de carnaúba relevo plano e suave ondulado.

- AQd1 - AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco. fase floresta caducifolia.

- AQd2 - AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco, fase floresta litorânea relevo plano e suave ondulado.

- AQd3 - AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A fraco, fase caatinga hipoxerófila relevo plano e suave ondulado.

- AQd5 - Associação de AREIAS QUARTZOSAS DISTRÓFICAS A moderado, fase caatinga hipoxerófila + PODZOLICO VERMELHO DISTRÓFICO Th abrúptico plíntico A fraco textura arenosa/média, fase floresta/caatinga + PODZÓLICO VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO Tb A fraco textura arenosa/média, fase floresta/caatinga, todos relevo plano e suave ondulado.

Apresenta-se a seguir uma breve descrição das principais características dos grandes grupos de solos predominantes na área de estudo, cuja distribuição pode ser visualizada no Desenho 05 (ANEXO III).

4.8.1 Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico

Ocupam terrenos de relevo variado desde plano até montanhoso e originados a partir de materiais distintos. São bem desenvolvidos, as vezes rasos, com horizonte B textural, argila de atividade baixa, média a baixa acidez, e fertilidade natural média a alta. Via de regra são solos moderadamente drenados, não raro imperfeitamente a bem drenados.

O horizonte A, freqüentemente moderado, possui textura arenosa a franco-argilo-arenosa e tonalidade bruna a acinzentada. A transição para o horizonte B pode ser gradual ou abrupta, sendo este textural (argiloso), apresentando uma cerosidade variável e a coloração vai desde bruna até avermelhada. De um modo geral esses solos possuem elevado potencial agrícola, dependendo da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. Dentro dessa unidade ocorrem as variações cascalhento ou com cascalho, abrúptico e plíntico.

Com relação ao uso agrícola estes solos são bastante utilizados com milho, feijão, mandioca, algodão e pecuária extensiva, excetuando-se as áreas com relevo acidentado. Contudo, na maior parte das áreas ocupadas por estes solos a principal limitação é a falta d'água.

4.8.2 Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico

Ocorrem predominantemente na zona pré-litorânea, em relevo plano a suavemente ondulado, ou na região da serra do Baturité, em relevo forte ondulado a montanhoso. São profundos, geralmente bem drenados (exceto os de caráter plíntico, que são de moderada a imperfeitamente drenados), ácidos a moderadamente ácidos, porosos a muito porosos, e de textura variando de arenosa/média a argilosa. A coloração é muita variada, indo desde tonalidades vermelho-amareladas até bruno-acinzentadas.

O horizonte A mostra-se fraco a moderadamente desenvolvido, com textura arenosa ou média. A passagem para o horizonte B pode ser difusa ou abrupta, e este exibe coloração entre amarela e vermelha, sendo que em solos com plíntico mostra-se variegado, com abundantes mosqueados. A textura é argilosa ou média. Dentro desta unidade, destacam-se os tipos abrúptico e plíntico. Apresentam baixa fertilidade natural e forte acidez, recomendando-se o uso de fertilizantes e a correção do pH. O uso intensivo de maquinários agrícolas nos solos com textura superficial leve deve ser evitado, para evitar o desencadeamento de processos erosivos.

Os solos que integram este grupo apresentam-se cultivados com culturas variadas, sobressaindo-se milho, feijão, mandioca e cajueiro, além se áreas com pastagens naturais destinadas a criação da pecuária extensiva. Constitui importante limitação ao uso agrícola, além da baixa fertilidade natural, o longo período de estiagem e a irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas.

4.8.3 Podzólico Vermelho Amarelo Álico

Esta classe compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa. São solos, em geral, fortemente ácidos e de baixa fertilidade natural. Apresentam perfis bem diferenciados, sendo normalmente profundos a muito profundos, com

textura arenosa no horizonte A e média no horizonte B. Apresentam saturação com alumínio superior a 50% e teor de alumínio extraível superior a 0,3 mE. As cores variam entre vermelho amarelado e amarelo avermelhado, apresentando estrutura fraca, sendo porosos a muito porosos e bem a acentuadamente drenados.

Quanto ao uso agrícola verifica-se que o uso destes solos restringem-se às culturas de subsistência (mandioca, milho e feijão) e pequenos plantios de algodão, destacando-se, entretanto, como principal cultura o cajueiro. A irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas constitui, também, forte empecilho ao seu uso agrícola.

4.8.4 Podzólico Acinzentado

Compreende solos Podzólicos de coloração acinzentada (predominância do bruno), saturação de base baixa e com fragipan. São, portanto, solos com B textural, distróficos, argila de atividade baixa, fortemente ácidos. fertilidade natural baixa e moderadamente drenados. Apresentam perfis profundos e bem diferenciados, textura média e o horizonte A apresenta-se fraco ou moderado.

No uso atual destes solos destaca-se a cultura do cajueiro, e em pequena proporção cultivos de mandioca, milho e feijão.

4.8.5 Areias Quartzosas Distróficas

Distribuem-se na faixa litorânea e pré-litorânea, com maior área de incidência nas bacias do Pirangi, Choró, Uruaú, Malcozinhado, Caponga Roseira, Caponga Funda e Catu, estando por vezes associadas as Areias Quartzosas Marinhas e Podzólicos Vermelho Amarelo, ambos distróficos. São solos profundos a muito profundos, com seqüência de horizontes A-C, excessivamente drenados, forte a moderadamente ácidos, com coloração variando de vermelha até branca, sendo freqüente as tonalidades amareladas.

Prestam-se principalmente para culturas irrigadas de cajueiro, coqueiro, melão, melancia e mandioca, utilizando-se irrigação localizada ou microaspersão.

4.8.6 Areias Quartzosas Marinhas Distróficas

Situam-se na planície litorânea (campos de dunas), constituindo uma estreita faixa que acompanha paralelamente a linha de costa. São solos de fertilidade muito baixa, profundos a muito profundos, excessivamente drenados, distróficos e ácidos.

Em geral, o horizonte A é fracamente desenvolvido, de textura arenosa e coloração cinza-escura a muito escura. Nas áreas mais próximas do mar, onde a ação dos ventos é mais intensa, este horizonte pode estar ausente. O horizonte C, com características semelhantes ao A, exibe coloração mais clara, geralmente cinza-clara a bruno-amarelada.

4.8.7 Planossol e Planossol Solódico

Esses solos ocupam áreas consideráveis nas bacias do Pirangi, Choró, Ceará/Maranguape, Cauhipe e São Gonçalo, sendo normalmente relacionados ao relevo plano da superfície pediplanada (Depressão Sertaneja), estando desenvolvidos sobre os litotipos da seqüência gnáissico-migmatítica. Freqüentemente estão associados a solos halomórficos (Solonetz Solodizado) e Litólicos Eutróficos. São moderadamente profundos a rasos, moderadamente ácidos a praticamente neutros, bastante susceptíveis à erosão, imperfeitamente drenados e de baixa permeabilidade, sofrendo encharcamento durante os períodos chuvosos e fendilhamento nas épocas secas. As cores dominantes variam de bruno-acinzentado a bruno-escuro, mostrando também mosqueados e/ou cores de redução devido à drenagem imperfeita. Apresentam teores elevados de sódio nos horizontes subsuperficiais.

O horizonte A é predominantemente fraco, podendo às vezes ser moderado e com textura arenosa, enquanto o horizonte B é textural, com argila de alta atividade e de estrutura moderada a forte. Os fatores limitantes à utilização agrícola são: estrutura colunar ou prismática, soma de bases trocáveis alta, baixa profundidade efetiva, elevada saturação de sódio, susceptibilidade à erosão, excesso de água nos períodos chuvosos e ressecamento nas estações secas, com o horizonte B apresentando condições físicas pouco favoráveis à penetração de raízes. São fortemente limitados pela falta d'água.

4.8.8 Solonetz Solodizado

Compreende solos halomórficos com horizonte B solonétzico ou nátrico, distinguindo-se por possuir estrutura colunar ou prismática, e alto teor de sódio nos horizontes subsuperficiais. São solos rasos a pouco profundos, imperfeitamente a mal drenados e bastante susceptíveis á erosão.

Apresentam mudança textural abrupta do horizonte A para o B. O horizonte A é fraco com textura arenosa, enquanto que o B possui textura geralmente argilosa. Apresentam cores acinzentadas e presença de mosqueados ou coloração variegada.

Quimicamente apresentam reação moderada a ligeiramente ácida no horizonte A e neutra a alcalina nos horizontes subsuperficiais, os quais apresentam, também, elevados valores para somas de bases trocáveis, saturação de bases e saturação com sódio trocável, principalmente no horizonte C.

Situam-se em áreas de relevo plano que acompanham os principais eixos de drenagem das bacias do Pirangi, Uruaú, Choró, Pacoti, Ceará/Maranguape, Cauhipe e São Gonçalo, onde predomina a vegetação do tipo caatinga hiperxerófila, ocorrendo em menor escala a floresta ciliar de carnaúba e os campos xerófilos.

Apresentam como restrição ao uso agrícola o elevado teor de sódio trocável nos horizontes subsuperficiais, além de condições físicas muito desfavoráveis ao manejo, grande susceptibilidade à erosão e escassez d'água no período seco. A exemplo do que ocorre com os Planossolos Solódicos apresentam, também, problemas de estrutura colunar ou prismática no horizonte B, soma de bases trocáveis elevadas, baixa profundidade efetiva e encharcamento durante os períodos chuvosos, e ressecamento/fendilhamento nos períodos de estiagem.

4.8.9 Solonchak Solonétzico

São solos halomórficos, pouco diferenciados, intermediários para Solonetz, com elevados teores em sódio trocável, condutividade elétrica do extrato de saturação muito elevada podendo alcançar valores acima de 200 mmhos nos primeiros centímetros durante o período chuvoso. Em grande parte são moderadamente alcalinos. São encontrados em áreas baixas (várzeas), influenciado pelas águas do mar, e derivados de sedimentos fluviais recentes (Holoceno), desde argilosos até arenosos.

Apresentam seqüência de horizontes ou camadas A e C, com a camada C podendo ser gleyzada ou não. O horizonte A pouco espesso é, normalmente, seguido de camadas estratificadas (IIC ou IIC_1, $IIIC_2$ e IVC_3 ou IVC_{3g}). Quando não existe o horizonte A formado, encontra-se uma camada superficial de pouca espessura, resultante de sedimentação bem recente. Por vezes, encontra-se na camada superficial ou no horizonte A, cristais de sais em forma de agulhas, misturados à estrutura granular. O horizonte A, quando existente ou quando em forma de camada, apresenta cores do bruno escuro ao bruno acinzentado e estrutura maciça ou fraca, pequena, granular As camadas (C) subjacentes tem coloração variando desde o bruno amarelado ao bruno acinzentado, ou até mesmo cores bem mais acinzentadas.

Não se prestam a determinados usos, em face da elevada salinidade, requerendo vultosos investimentos afim de que possam ser dessalinizados, e isso seria, também, complicado, em decorrência do clima, visto que a evaporação, na maior parte das áreas, supera a precipitação pluviométrica.

4.8.10 Solos indiscriminados de Mangue

Compreende solos halomórficos indiscriminados, alagados, que se distribuem nas partes baixas da orla marítima sob influência das marés e com vegetação característica denominada manguezais. Na área das Bacias Metropolitanas ocorrem nas regiões de baixo curso dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu, Ceará/Maranguape e São Gonçalo. Englobam, principalmente, os Solonchak e os Solos Gley Thiomórficos ou Solos Ácidos Sulfatados.

Os Solonchak são solos halomórficos com altos teores de sais diversos, pouco diferenciados, que apresentam normalmente um horizonte sálico. Os solos Gley Thiomórficos apresentam horizontes gley, e contem teores de sulfatos e/ou enxofre elementar elevados, podendo causar grande acidificação quando oxidados (após serem drenados), tornando o pH do solo extremamente baixo. Os Solos Indiscriminados de Mangues são, portanto, solos gleyzados, não ou muito pouco desenvolvidos, mal a muito mal drenados, com alto conteúdo em sais provenientes da água do mar e de compostos de enxofre que se formam nestas áreas sedimentares de baixadas salinizadas

De uma maneira geral não possuem diferenciação de horizontes, exceto nas áreas marginais, onde verifica-se o desenvolvimento de um horizonte A. Apresentam textura variável desde argila até areia. Ocorrem nas desembocaduras de rios, margens de lagoas (lagamares) e partes baixas da orla marítima sob influência das marés, onde a diminuição da corrente de água favorece a deposição de sedimentos finos de natureza argilo-siltosa, argilosa e arenosa, em mistura com detritos orgânicos, ocorrendo, também, material mineral de natureza arenosa.

4.8.11 Solos Aluviais

Constituídos por solos provenientes de deposições fluviais que apresentam apenas um horizonte superficial A ou Ap, ao qual seguem-se camadas estratificadas sem relação genética entre si, de composição e granulometria distinta e sem disposição preferencial. São de fertilidade natural alta, com drenagem moderada a imperfeita, sem problemas de erosão, mas com riscos periódicos de inundação. São moderadamente profundos a muito profundos. Ocupam as partes de cotas mais baixas da região, em relevo plano a suave ondulado, possuindo maior expressão geográfica quando ocorrem ao longo dos rios Pirangi, Choró e Pacoti.

O horizonte A ou Ap é pouco espesso com coloração variando do bruno ao bruno escuro passando pelas cores mais acinzentadas tipo bruno acinzentado escuro e bruno acinzentado muito escuro. As texturas são variadas desde arenosas até argilosas; as estrutura é fraca ou moderada, maciça, blocos angulares e granular. As camadas subjacentes mostram textura que varia de arenosa, argilosa e até siltosa, com cores normalmente brunadas e mosqueado, por vezes, abundante nos solos de drenagem mais deficientes. Quanto às propriedades químicas, apresentam reação desde moderadamente ácida até alcalina, argila de atividade alta, baixa saturação de alumínio e alta saturação de bases.

A principal limitação ao uso decorre da falta d'água, face às insuficientes precipitações pluviométricas nas áreas semi-áridas. Nas áreas de ocorrência destes solos, nota-se um aproveitamento agrícola intensivo, em face da situação que ocupam, ou seja, várzeas de áreas semi-áridas. As culturas encontradas são: capineira, algodão, milho, feijão, arroz e fruticultura diversificada.

4.8.12 Bruno Não Cálcico

Ocupam extensas áreas de relevo plano a suave ondulado, nos domínios da Depressão Sertaneja, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas. Normalmente encontram-se associados com solos Litólicos Eutróficos e Planossolos Solódicos. São rasos ou moderadamente profundos, de alta fertilidade natural, moderado a imperfeitamente drenados, ácidos a praticamente neutros e com grande quantidade de minerais primários no perfil. Caracterizam-se, também, pela freqüente presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus ou matacões caracterizando aparentemente um pavimento desértico. A erosão laminar nestes solos, muitas vezes chega a ser severa ou até em sulcos repetidos.

Apresentam horizonte A fraco a moderado, de textura arenosa ou média e coloração bruna (marrom), enquanto o horizonte B possui estrutura moderada forte, textura argilosa a média e coloração avermelhada. Dentro deste grupo, há uma variedade - vértico - que contém teores mais elevados de minerais de argila do grupo montmorilonita, estrutura prismática e grau de consistência extremamente duro quando seco.

Apresentam fortes limitações ao uso agrícola, em particular, à agricultura irrigada, face aos inúmeros fatores impeditivos: longos períodos de estiagem com distribuição irregular das precipitações pluviométricas, forte susceptibilidade à erosão, relevo normalmente movimentado, presença de calhaus ou matacões na superfície dos solos, e não raro, a ocorrência de halomorfia principalmente no horizonte Bt.

4.8.13 Litólico Eutrófico e Distrófico

São solos pouco desenvolvidos, não hidromórficos, rasos a muito rasos. Apresentam seqüência de horizonte A - R, onde o horizonte A encontra-se assente diretamente sobre a rocha, ou sobre materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizados (A – C - R). Pode-se verificar em alguns perfis a formação de um horizonte B incipiente. O horizonte A apresenta-se fraco a moderado com textura arenosa, média argilosa ou siltosa, normalmente com fase pedregosa e rochosa, podendo ser eutróficos ou distróficos. Possuem drenagem moderada a acentuada, e são bastante susceptíveis à erosão, face a sua reduzida espessura.

Apresentam fortes limitações no que se refere à deficiência d'água no período seco e à difícil mecanização, em face da pequena profundidade dos solos e da pedregosidade / rochosidade superficial, não se prestando ao uso agrícola.

4.8.14 Latossol Vermelho Amarelo Eutrófico

Apresentam o horizonte B latossólico, não hidromórficos, possuindo uma dominância das frações areia e/ou argila e teores de silte normalmente baixos, em decorrência do estágio avançado de intemperização dos solos. São muito porosos, muito friáveis ou fiáveis quando úmidos, bem a fortemente drenados, normalmente bastante resistentes à erosão em decorrência da baixa mobilidade da fração argila, do alto grau de floculação e da grande porosidade e permeabilidade . A coloração varia do vermelho ao amarelo passando por todas as gamas intermediárias. Apresentam-se, normalmente, muito lixiviados e bastante intemperizados, com predomínio de sesquióxidos e argila 1:1, quase sempre caulinita, na fração mineral coloidal. São solos com alta saturação de bases, horizonte A moderado ou fraco e textura arenosa ou média.

São limitados fortemente pela falta d'água em decorrência das baixas precipitações pluviométricas, requerem para o seu uso racional a adoção de irrigação e de adubações complementares.

4.8.15 Latossol Amarelo Distrófico

Compreende solos com horizonte B latossólico, não hidromórficos, com predominância das frações areia e/ou argila com baixos teores de silte, em decorrência do estágio avançado de intemperização dos solos. São profundos a muito profundos, predominando as transições difusas e graduais entre os horizontes, de textura arenosa e média, bem a acentuadamente drenados, susceptíveis à erosão, porosos a muito porosos e muito friáveis. A coloração varia de vermelho ao amarelo ou ao bruno forte, sendo muito lixiviados e bastante intemperizados, com predomínio de sesquióxidos e argila do grupo 1:1, normalmente caulinita, na fração mineral coloidal. Estes solos, são em geral ácidos, com baixa saturação de bases.

O horizonte A apresenta-se freqüentemente fraco e de textura arenosa. A textura do horizonte B é predominantemente média. As maiores limitações ao uso estão relacionadas à deficiência de água provocada por um período longo de estiagem. Podem mostrar alta susceptibilidade à erosão, em função de sua textura superficial e estrutura física, que favorecem os processos erosivos, quando ocorrem, principalmente, em relevo com topografia mais movimentada.

4.8.16 Brunizem Avermelhado

Compreende solos com horizonte B textural, não hidromórficos, argila de atividade alta, horizonte A erodido, alta soma de bases trocáveis e elevada saturação de bases. Caracteristicamente possuem nítida diferenciação de horizontes, apresentando grande contraste entre o horizonte A escuro erodido e o horizonte B de coloração bruno avermelhado a bruno amarelado escuro, freqüentemente com película de material coloidal (cerosidade) entre os elementos estruturais. São moderadamente profundos, raramente rasos, moderadamente drenados, bastante susceptíveis à erosão, e com regular quantidade de minerais primários facilmente decomponíveis no perfil. Apresentam elevada potencialidade agrícola. As principais limitações ao uso decorrem da escassez de água e da susceptibilidade à erosão, principalmente nas áreas de relevo ondulado, forte ondulado e montanhoso.

4.8.17 Vertissolo

Compreende solos AC, argilosos a muito argilosos, com alto conteúdo de argila 2:1 (grupo da montmorilonita), que provoca expansões e contrações da massa do solo, aparecimento de "slikensides" nos horizontes subsuperficiais e fendilhamento dos solos na época seca, podendo ou não apresentar microrelevo constituído por "gilgai". Durante a época chuvosa tomam-se encharcados, muito plásticos e muito pegajosos, em decorrência da drenagem imperfeita, com lenta a muito lenta permeabilidade, sendo portanto solos bastante susceptíveis à erosão, apesar de normalmente apresentarem relevo plano a suave ondulado.

Possuem elevada soma de bases trocáveis, alta saturação de bases, pouco profundos, reação praticamente neutra ou moderadamente alcalina, imperfeitamente ou mal drenados. A contração e expansão que se processa no interior dos perfis provoca o deslizamento da massa do solo. formando superfícies lustrosas, alisadas e estriadas (slikensides), que são inclinadas em relação ao prumo do perfil. Durante a época seca dá-se a contração da massa do solo, resultando no aparecimento de fendas que atingem até a superfície e danificam o sistema radicular das plantas. Através das fendas, materiais da superfície chegam até as partes mais profundas dos perfis. Por outro lado, no início da época chuvosa dá-se a expansão do solo e os materiais de baixo são pressionados, podendo eventualmente, serem expelidos para a superfície. Verifica-se, assim, um verdadeiro auto-revolvimento nestes solos.

Quanto à morfologia, estes solos apresentam seqüência de horizontes A e C. O horizonte A é fraco a moderado, textura argilosa ou muito argilosa, cores escuras, estrutura em blocos angulares e subangulares, com fraco grau de desenvolvimento e tamanho variando de pequeno a grande, raramente prismática. O horizonte C apresenta textura argilosa e muito argilosa, com cores predominantemente escuras, podendo ou não apresentar mosqueado, estrutura prismática, fraca ou fortemente desenvolvida, média a grande, com presença característica de "slikenside", nítido, moderado ou fortemente desenvolvido. São também, em grande parte, limitados fortemente pela escassez de recursos hídricos.

4.8.18 Regossolo Eutrófico

Compreende solos AC, muito arenosos, pouco desenvolvidos (muitas vezes com cascalho ou cascalhamento), medianamente profundos ou profundos, em geral, com fragipan, apresentando médio a elevados teores de minerais primários facilmente intemperizáveis. O fragipan destes solos está presente na maioria dos perfis, geralmente situado sobre a rocha subjacente. Constata-se, também, a presença de fragipan incipiente, em início de formação.

De um modo geral o fragipan apresenta mosqueado, e estrutura tipicamente maciça. As cores mais freqüentes são bruno claro acinzentado e bruno amarelo claro. São solos cuja drenagem está em função da profundidade onde se encontra o fragipan e a rocha, podendo variar desde moderada até excessiva.

Deve-se ter em vista também, a forte carência d'água em decorrência do longo período seco e da irregularidade na distribuição das precipitações pluviométricas.

4.8.19 Laterita Hidromórfica

Compreende solos minerais, imperfeitamente drenados, que se caracterizam por apresentar plinthite (situada imediatamente abaixo do horizonte A), coincidindo com os horizontes B_t e C (B_{tpl} e C_{pl}). O plinthite é de coloração variegada, com predomínio de cores avermelhadas e acinzentadas. São moderadamente a fortemente ácidos, ricos em sesquióxidos e pobres em matéria orgânica, com dominância de argilas cauliníticas e de minerais de quartzo. São em geral de baixa fertilidade natural.

O horizonte A é maciço ou com estrutura fraca, de coloração normalmente bruno escuro ou bruno acinzentado com teores baixos a médios de matéria orgânica. O horizonte B_{tpl} é, em geral, espesso e tem suas características determinadas pela presença de plinthite, destacando-se a coloração variegada, estrutura pouco desenvolvida e acentuada compactação quando seco. As características morfológicas do horizonte C_{pl} são semelhantes às do B_{tpl}, diferenciadas essencialmente pelo maior desenvolvimento do plinthite, decréscimos nos teores de argila e maior quantidade de material semi-intemperizado na massa do solo.

Em decorrência de sua baixa fertilidade natural e más condições físicas, estes solos são raramente cultivados, sendo aproveitados muito precariamente com pecuária extensiva em meio à vegetação natural de caatinga. Constata-se, também, o uso incipiente com pequenas lavouras de subsistência (milho, feijão e mandioca), nas áreas onde o horizonte A se apresenta mais espesso.

São solos bastante susceptíveis à erosão, com horizonte B_{tpl} muito compactado e de baixa permeabilidade, o que dificulta a penetração das raízes. Além disso são solos de baixa fertilidade natural e com acentuada acidez.

4.8.20 Afloramentos de Rocha

Os Aforamentos de Rocha são tipos de terrenos representados por exposições de diferentes tipos de rochas, brandas ou duras, nuas ou com reduzidas porções de materiais detríticos grosseiros não consolidados, formando misturas de fragmentos provenientes da desagregação das rochas com material ferroso, especificamente não classificáveis como solos.

Constituem associações principalmente com os Solos Litólicos e ocorrem, também, como inclusões em áreas de outros solos. Estes aforamentos de rochas ocorrem principalmente na zona semi-árida, formando inselbergues e cristas com encostas íngremes, relevo forte ondulado e montanhoso. Nas superfícies suave onduladas e onduladas, os Aforamentos de Rocha são, também, encontrados. Estas exposições de rochas são nuas ou apresentam vegetação rala e baixa, constituindo formações rupestres xerófilas, onde são mais encontrados os representantes das bromeliáceas, cactáceas, velosiáceas, apocináceas e outras.

4.9 Vegetação

Este item baseia-se em trabalhos anteriores e apresenta uma análise compilatória sobre a cobertura vegetal da área de estudo. Neste sentido, observa-se que a cobertura vegetal da área ora estudada é predominantemente constituída pela caatinga arbustiva densa, a qual encontra-se geralmente associada ao domínio do embasamento cristalino. Nas áreas serranas das regiões de alto curso dos rios Pirangi e Choró constata-se a presença da caatinga de porte arbóreo, enquanto que na região periférica ao açude Pompeu Sobrinho ocorre a caatinga arbustiva aberta.

Nos tabuleiros arenosos do Grupo Barreiras, ocupando a região de baixo curso das bacias ocorre a vegetação de tabuleiros, a qual apresenta-se substituída em grandes extensões de áreas por cultivos de cajueiro. Na zona praiana, observa-se sobre o cordão de dunas a ocorrência de um capeamento gramíneo e de várias espécies herbáceas que agem como elementos fixadores se distribuindo de forma bastante irregular na área. As paleodunas, por sua vez, exibem urna vegetação de porte arbóreo, sendo representativas nas regiões do Pecém e Iguape.

Nas regiões de baixo/médio curso das bacias dos rios Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu, Ceará/Maranguape, Cauhipe e São Gonçalo são verificadas nas várzeas dos eixos principais de drenagem a presença de densos carnaubais. Nas baixadas litorâneas que sofrem a influência das marés pode ser detectada a presença de manguezais, estando os principais associados aos rio Pirangi, Choró, Pacoti, Cocó/Coaçu e Ceará/Maranguape. Os manguezais do rio São Gonçalo estão praticamente erradicados.

As regiões serranas de Maranguape, Aratanha, Baturité e Juá/Conceição ostentam nos setores mais elevados uma vegetação exuberante de porte arbóreo denominada matas úmidas. Ocupando os níveis inferiores dos citados relevos cristalinos, e portanto, a retaguarda da floresta citada, encontra-se as matas secas. Esta última formação vegetal recobre, ainda, relevos cristalinos mais baixo denominados serrotes.

Apresenta-se a seguir uma breve descrição das diferentes tipologias vegetais que ocorrem no território das Bacias Metropolitanas, cuja distribuição pode ser visualizada no Desenho 06 (ANEXO III).

4.9.1 Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Matas Úmidas)

Localiza-se nos setores mais elevados das serras de Maranguape, Baturité, Aratanha, Juá e Conceição. A altitude e a exposição aos ventos úmidos, que favorecem as chuvas orográficas, são os principais fatores que condicionam a instalação desse ecossistema. As condições de acentuada umidade nas vertentes de barlavento (voltadas para o oceano) determinam a formação de solos profundos, da classe Podzólico Vermelho Amarelo, favorecendo a fixação desse revestimento vegetal de grande porte.

Sua composição florística caracteriza-se por árvores que alcançam até 30 m, com espécies que conservam 75 a 100% das folhas durante o ano. Dentre as espécies dominantes nessa unidade, destacam-se: babaçu *(Orbignya martiana),* potumuju *(Centrolobium robustum),* jatobá *(Himenaea courbaril),* tuturubá *(Lucuna grandiflora),* piroá *(Basiloxylom brasiliensis)* etc.

4.9.2 Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas)

Recobre os níveis inferiores (meia encosta) e vertentes de sotavento dos relevos acima citados, assim como dos serrotes que se distribuem no território das Bacias Metropolitanas. Ocorre em setores de declividade média a alta, com solos rasos, do tipo Litólico, onde os aforamentos rochosos são freqüentes e a temperatura é mais elevada do que no ambiente da floresta úmida. Essas características são mais marcantes nas encostas voltadas para oeste (sotavento), onde o intemperismo físico é o principal processo modelador da paisagem.

Trata-se de uma cobertura vegetal de porte arbóreo, intermediária entre floresta úmida e caatinga que circunda esses relevos. A maioria das espécies apresenta queda de folhas nos períodos de estiagem. Destaca-se, entre outras, as seguintes espécies: angico *(Anadenanthera macrocarpa),* aroeira *(Astronium urundeuva),* Gonçalo Alves *(Astronium fraxinfolium),* mulungu *(Erythrina velutina)* e sipaúba *(Thiloa glancocarpa).*

Essas áreas têm sido exploradas agricolamente, embora haja restrições de uso devido aos riscos de erosão. Em conseqüência dos desmatamentos, alguns setores das vertentes secas estão sendo amplamente ocupados pela vegetação de caatinga, a qual já atinge níveis topográficos elevados.

4.9.3 Complexo Vegetacional Litorâneo (Vegetação dos Tabuleiros)

Os tabuleiros litorâneos têm como característica apresentar uma vegetação densa, de porte médio, além de contar com sub-bosque e com um estrato herbáceo periódico. Predominam as espécies *Guettarda angelica* (angélica), *Diocica Selerocarpa* (mucunã de batata), *Bauhinia forticata* (mororá), *Chicocca racemosa* (cainca), *Helicteres heptandra* (saca-rolhas), *Andira sp* (angelim) e *Ouratea fieldingiana* (batiputá), entre outros.

Esporadicamente pode ser encontrado em alguns setores um padrão de vegetação que apresenta similaridades com o cerrado. Tal semelhança pode ser identificada não só pela fisionomia da vegetação, mas também pela presença de espécies peculiares a esse tipo de vegetação, algumas delas representando formas variantes e outras sem correspondentes no ceifado, embora com adaptações equivalentes de natureza escleromorfa. As principais espécies encontradas neste ambiente são: *Curatelia americana* (lixeira), *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Stryphnodendron coriaceum* (barbatimão), *Anacardium humile* (cajul), entre outros.

O conjunto vegetacional dos tabuleiros não se apresenta homogêneo, principalmente quando se analisa o padrão fisionômico da vegetação. São constatadas duas feições distintas de plantas lenhosas, compreendendo vegetação subperenifólia e vegetação caducifólia. Esta última ocorrendo nas áreas mais afastadas do litoral, em decorrência da maior semi-aridez do clima regional, apresentando uma maior penetração de espécies da caatinga. São comuns as espécies: *Caesalpiniaferrea* (jucá), *Mimosa acustistipula* (Jurema preta), *Jarropha pohliana* (pinhão bravo), *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Croton hemiargyreus* (marmeleiro) e *Combretum leprosum* (mofumbo).

4.9.4 Complexo Vegetacional Litorâneo (Manguezais)

Os mangues são ecossistemas formados, principalmente, nas áreas estuarinas ou de planícies flúvio-marinhas, que se caracterizam pela mistura de água doce e água salgada. São, portanto, ambientes mistos criados pela atuação conjunta de processos continentais e marinhos, os quais proporcionam a deposição de sedimentos sílticos-argilosos, muito ricos em matéria orgânica e que sustentam a vegetação típica dos mangues, denominada manguezais. Sua distribuição estende-se, também, para montante dessas áreas, acompanhando os cursos d'água até onde se faz sentir os efeitos da penetração das marés, e formam faixas de transição com as florestas ribeirinhas. No território das Bacias Metropolitanas, os principais manguezais estão associados aos rios Ceará/Maranguape, Cocó/Coaçu, Pacoti, Choró e Pirangi. Os manguezais do rio São Gonçalo foram praticamente erradicados.

Sua composição florística é representada pelas seguintes espécies arbóreas: mangue vermelho *(Rhizophora mangle),* mangue branco *(Laguncularia racemosa),* mangue siriúba *(Avicennia shaueriana),* mangue canoé *(Avicennia nitida)* e o mangue de botão *(Canocarpus erecta).* Além das árvores, os mangues abrigam grande variedades de plantas epífitas (que se apóiam em outras), como bromélias, orquídeas e samambaias, assim com liquens, que se fixam nas copas, formando o estrato superior dos manguezais. Por outro lado, as raízes e os troncos são intensamente ocupados por algas marinhas.

Os manguezais constituem ecossistemas complexos e frágeis, que desempenham importantes funções ambientais tanto do ponto de vista físico quanto biológico e são susceptíveis a profundas alterações em suas características, quando submetidos à ocupação e exploração dos seus recursos. São áreas importantes para a reprodução de um grande número de espécies de peixes, crustáceos e moluscos de valor econômico para o homem, servindo também, como abrigo para reprodução, alimentação e descanso de aves aquáticas. Por outro lado, funcionam como filtros naturais, retendo os sedimentos oriundos das áreas erodidas, bem como poluentes. Fornecem, ainda, ao longo dos rios, proteção contra as enchentes, diminuindo a força das

inundações e preservando os campos agricultáveis adjacentes. São considerados áreas de preservação permanente.

4.9.5 Complexo Vegetacional Litorâneo (Vegetação de Dunas)

Nos campos de dunas, as áreas localizadas mais próximas do mar caracterizam-se por vegetação pioneira, onde predominam gramíneas e várias espécies rasteiras que amam como agentes fixadores contra a deflação eólica. Como espécies mais representativas, destacam-se: salsa-da-praia *(Ipamoca pes-caprae),* bredo-da-praia *(Iresine portulacoides),* capim-da-praia *(Paspalum vaginatum),* cipó-da-praia *(Remireo marítima)* e oró *(Phaseolus panduratus),* além de arbustivas como o murici *(Byrsonima cericea).*

As dunas edafizadas ou em processo de edafização, onde desenvolveu-se um perfil de solo, situam-se à retaguarda dos campos de dunas móveis e apresentam um revestimento vegetal de porte arbóreo, caracterizado por espécies que ocorrem em outras unidades fito-ecológicas. Os principais representantes de sua flora são: joão-mole *(pisonia tormentosa),* jucá *(Caesalpinia ferrea),* juazeiro *(Zizyphus joazeiro),* pau d'arco roxo *(Tabebuia avellanede),* tatajuba *(chloroflora findaria)* e cajueiro *(Anacardium occidentale).* São consideradas áreas de preservação permanente, tendo ocorrência nas bacias do São Gonçalo, Gereraú, Cauhipe, Catu, Caponga Funda e nas Faixas Litorâneas de Escoamento Difuso (FLED).

4.9.6 Cerrado

Registra-se manchas deste tipo de vegetação ocorrendo sobre os tabuleiros litorâneos, a oeste das cidades de Cascavel e Caucaia, nas bacias do Malcozinhado e Juá/Ceará, respectivamente. Ilhada pela vegetação de tabuleiros que se apresenta heterogênea face a penetração de espécies da caatinga, esta mancha atesta o saldo florístico de uma antiga cobertura vegetal que ao longo do tempo sofreu modificações na dependência das alterações climáticas e conseqüentemente, pedológicas. As espécies de caatinga já invadem a área de cerrado em diferentes proporções. Fisionomicamente o cerrado é constituído de um de estrato arbóreo, com indivíduos isolados ou em grupos e um estrato herbáceo de gramíneas e dicotiledôneas. Entre as espécies de cerrado encontram-se: lixeira *(Curatelia americana),* carvoeiro *(callistthene fasciculata),* cajuí *(Anacardium microcarpum)* e faveiro *(Dimorphandra gardneriana),* entre outras.

4.9.7 Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Densa, Caatinga Arbustiva Aberta)

Ocupa uma porção considerável do território das Bacias Metropolitanas, associando-se aos domínios dos terrenos cristalinos da Depressão Sertaneja, onde a deficiência hídrica é a característica mais marcante, juntamente com solos de pouca profundidade, freqüentemente revestidos por pavimentos detríticos (seixos). Constitui a vegetação típica dos sertões nordestinos, ostentando padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos, e faixas de transição para outras unidades fito-ecológicas. Apresenta espécies arbóreas e arbustivas, podendo ser densa ou aberta, refletindo as relações mútuas entre os componentes do meio físico, tais como: relevo, tipo de rocha, tipo de solo e grau de umidade.

Encontra-se bastante descaracterizada, tanto pela interferência antrópica, através da agricultura, pecuária e retirada de lenha, como pela incidência de períodos críticos de estiagem acentuada. A degradação da caatinga arbórea determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Tendo em vista os fatores limitantes para a atividade agrícola (clima, profundidade do solo, pedregosidade superficial, deficiência hídrica e erosão*),* tem-se praticado nesses ambientes uma agricultura nômade, em que, após dois ou três anos, a área é abandonada, favorecendo o aparecimento de uma vegetação secundária (capoeira) que não oferece nenhuma proteção ao solo e não possui nenhum valor econômico.

A caatinga arbustiva tem porte mais baixo do que a arbórea, com caules retorcidos e espinhosos, perdendo a folhagem nas estações secas. A exemplo da caatinga arbórea, a densidade maior ou menor dos indivíduos determina a fisionomia do conjunto, que pode ser classificado como caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta. As espécies mais representativas são: jurema *(Mimosa hostile),* catingueira *(Caesalpina braeteosa),* sabiá *(Mimosa caesalpinifolia),* marmeleiro *(Croton sonderianus)* e rnandacaru *(Cereus jamacaru).*

4.9.8 Floresta Mista Dicótilo-Palmácea (Matas Ciliares e Lacustres)

As planícies fluviais são áreas que apresentam boas condições hídricas e solos férteis, favorecendo a instalação de uma cobertura vegetal, cuja fisionomia de mata galeria ou ciliar, dominada por carnaubais, contrasta com a vegetação caducifolia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos. A principal espécie que habita esses ecossistemas é a carnaúba *(Copernicea cerifera),* que normalmente ocorre associada ao mulungu *(Erythrina velutina),* juazeiro *(Zizyphus joazeiro),* oiticica *(Licania rigida)* e ingá-bravo *(Lonchocarpus sericeus),* além de espécies arbustivas e trepadeiras. No território das Bacias Metropolitanas destacam-se as matas ciliares ou florestas ribeirinhas relacionadas às planícies dos rios São Gonçalo, Ceará, Cocó, Pacoti, Choró, Pirangi e outros menores.

Da mesma forma, as áreas de acumulação inundáveis (depressões de pequenos desníveis que acumulam água de chuva) e as áreas em tomo de lagoas e reservatórios d'água artificiais, que se caracterizam pela presença do lençol freático sub-aflorante, também suportam uma vegetação arbórea com palmeiras e um estrato rasteiro formado por gramíneas, denominada de floresta lacustre.

A seguir, apresenta-se a situação das matas ciliares nos principais cursos d'água da área de estudo, a saber: rios Choró, Pacoti, Cocó, Coaçu, Ceará, Maranguape, São Gonçalo, Cauhipe, Gereraú, Juá, Caponga Funda, Caponga Roseira e Catu.

4.9.8.1 Rio Choró

As nascentes dos riachos formadores do rio Choró apresentam sua cobertura vegetal relativamente preservada, sendo esta composta predominantemente pela caatinga de porte arbustivo. Na área de entorno do açude Pompeu Sobrinho observa-se a degradação imposta pelas atividades antrópicas, estando apenas cerca de 30% do seu perímetro com a vegetação da faixa de proteção preservada.

No trecho compreendido entre os açudes Pompeu Sobrinho e Pacajus, observa-se ao longo do rio Choró o predomínio de áreas agrícolas e antropizadas. sendo constatado inclusive o uso de irrigação difusa em duas áreas. Neste trecho a mata ciliar apresenta-se praticamente erradicada, podendo ser visualizado apenas pequenas manchas esparsas.

A faixa de proteção do açude Pacajus apresenta-se na sua quase totalidade preservada, sendo composta predominantemente por vegetação de porte arbustivo, havendo ainda, manchas com vegetação de porte arbóreo. As áreas degradadas apresentam-se representativas apenas nas imediações de Pacajus e Chorozinho, cidades cujos crescimentos das malhas urbanas vem se processando em direção ao referido reservatório.

No trecho a jusante do açude Pacajus a mata ciliar de carnaúbas apresenta-se preservada formando uma larga faixa compacta próximo a área litorânea, que vai se estreitando a medida que se aproxima do açude Pacajus, apresentando-se pouco densa e entremeada pela vegetação de caatinga.

4.9.8.2 Rio Pacoti

O rio Pacoti apresenta na região de alto curso, mais especificamente na Serra de Baturité, sua mata ciliar relativamente preservada, composta por vegetação de porte arbóreo, sendo observadas apenas pequenas áreas antropizadas e uma com irrigação difusa imediatamente a jusante do açude Engenheiro Gudin.

No trecho compreendido entre as cidades de Redenção e Acarape observa-se a substituição da mata ciliar por cultivos agrícolas irrigados. Entre Acarape e o Sistema Pacoti/Riachão a fitofisionomia da mata ciliar passa a ter um padrão arbustivo, sendo observado pequenas manchas esparsas de área antropizadas.

A faixa de proteção do Sistema Pacoti/Riachão apresenta-se preservada, composta na sua maior parte por vegetação de porte arbóreo, sendo observado, também, o padrão arbustivo, As áreas degradadas são pouco significativas não tendo sido possível o seu mapeamento na escala adotada no mapa de uso atual do solo.

Imediatamente a jusante do açude Pacoti observa-se uma mancha de área antropizada. a partir da qual o padrão da mata ciliar vai se alternando, ora prevalecendo vegetação de porte arbóreo, ora arbustivo até as imediações da cidade de Aquiraz. Na área de entorno do núcleo urbano de Aquiraz observa-se uma extensa área antropizada que se estende até as imediações do manguezal do rio Pacoti.

4.9.8.3 Rios Caponga Roseira, Caponga Funda, Catu e Malcozinhado

Os rios Caponga Roseira, Caponga Funda, Catu e Malcozinhado apresentam suas matas ciliares compostas por vegetação de pode arbustivo, preservadas ao longo da quase totalidade da extensão dos seus talvegues.

Áreas antropizadas mais significativas são observadas nas cabeceiras dos rios Malcozinhado e Catu e na área de entorno da Lagoa da Encantada, na Bacia do Catu, principalmente na sua margem esquerda.

4.9.8.4 Rio São Gonçalo

As nascentes dos riachos formadores do Rio São Gonçalo apresentam sua cobertura vegetal preservada, sendo observado o predomínio de espécies arbóreas. No trecho compreendido entre a região da Serra de Baturité e o açude Sítios Novos, o Rio São Gonçalo tem sua mata ciliar composta predominantemente pela caatinga arbustiva, que avança até suas margens. Constata-se, no entanto, a presença de grande manchas de áreas antropizadas próximo a confluência com o riacho do Amanari e na área a montante do açude Sítios Novos.

A faixa de proteção do açude Sítios Novos apresenta-se preservada, sendo composta predominantemente pela vegetação de caatinga arbustiva, ocorrendo, também, uma mancha significativa de caatinga arbórea em sua margem esquerda. As áreas degradadas mais significativas são observadas no trecho final do reservatório. Imediatamente a jusante do açude Sítios Novos a mata ciliar do rio São Gonçalo apresenta-se substituída por cultivos agrícolas e áreas antropizadas por cerca de 13 km.

Estendendo-se da área a montante da Lagoa dos Talos até um pouco depois da confluência com o Riacho do Meio, a mata ciliar de carnaúbas forma uma estreita faixa compacta, relativamente preservada.

A faixa de proteção da Lagoa dos Talos, por sua vez, apresenta-se substituída em grandes extensões de área, por culturas agrícolas e áreas antropizadas, principalmente na porção norte de sua margem esquerda. No restante da área, observa-se o predomínio da vegetação de porte arbustivo na margem direita e arbóreo na margem esquerda. A vegetação de mangue outrora existente na região da referida lagoa foi erradicada após a execução de sucessivos barramentos ao longo do corpo da lagoa, os quais alteraram o seu regime hídrico.

4.9.8.5 Sistema Ceará/Maranguape

Embora as nascentes dos riachos formadores do Rio Ceará apresentem-se preservadas, observa-se na região de suas cabeceiras a presença de extensas áreas degradadas, cuja vegetação apresenta-se substituída por cultivos agrícolas ou áreas antropizadas, com destaque para as áreas de entorno dos açudes Ipueiras e Bom Princípio.

No restante do traçado do rio, a mata ciliar é composta por vegetação de pode arbustivo relativamente preservada, passando a apresentar porte arbóreo na região de influência da Sena do Juá. A partir daí uma estreita faixa de mata ciliar de carnaúbas se estende até o manguezal na região litorânea.

O rio Maranguape, por sua vez, tem a cobertura vegetal de suas nascentes preservada, sendo composta por vegetação de pode arbóreo. Ao longo do seu traçado a mata ciliar apresenta alternância do predomínio de vegetação de porte arbóreo e arbustivo, situação que se altera após

o rio adentrar a cidade de Fortaleza. A partir deste ponto sua mata ciliar apresenta-se praticamente erradicada, sendo substituída por áreas urbanizadas, ocorrendo apenas em pequenas manchas bastante dispersas.

4.9.8.6 Sistema Cocó/Coaçu

O Rio Cocó tem a cobertura vegetal da sua nascente, na serra de Pacatuba, relativamente preservada, sendo observado o predomínio de espécies de porte arbóreo. A faixa de proteção do açude Gavião apresenta-se composta em sua quase totalidade por vegetação arbórea, estando as áreas antropizadas restritas a uma pequena mancha na sua margem direita, e a área imediatamente a jusante do reservatório.

Após adentrar o território da cidade de Fortaleza, o rio Cocó tem sua mata ciliar substituída por áreas urbanizadas, podendo ser observado ao longo do seu percurso apenas pequenas manchas esparsas bastantes degradadas.

A mata ciliar do Coaçu, por sua vez, apresenta ao longo do seu traçado o predomínio de vegetação de porte arbóreo. Constata-se, ainda, a presença significativa de áreas onde a vegetação arbustiva apresenta-se dominante, principalmente, na sua margem direita. Áreas antropizadas são observadas, apenas na região de alto curso, próximo ás cabeceiras do fio.

As faixas de proteção da lagoa da Precabura é composta por vegetação de porte arbustivo, a qual apresenta-se substituída em diversos pontos por cultivos agrícolas e áreas antropizadas, sendo constatado em seu entorno a presença de sítios e chácaras.

No trecho compreendido entre a lagoa da Precabura e o manguezal do Cocó, a mata ciliar apresenta-se bastante degradada, sendo substituída em diversos pontos por áreas antropizadas.

4.9.8.7 Rio Cauhipe

A região de alto curso do rio Cauhipe apresenta sua mata ciliar composta por vegetação de porte arbóreo, estando as áreas de nascentes bem protegidas. Na faixa de proteção do açude Cauhipe pode ser constatada a presença de vegetação de porte arbóreo relativamente preservada na margem esquerda, enquanto que na outra margem predomina as espécies arbustivas.

A mata ciliar de carnaúba se estende por cerca de 15 km a partir do lagamar do Cauhipe, formando uma faixa estreita e compacta. Na área de entorno do lagamar do Cauhipe a presença de áreas antropizadas é bastante significativa, sendo constatado, também, pequenos cultivos agrícolas dispersos. Na porção norte de sua margem esquerda observa-se o avanço da vegetação de porte arbóreo até o corpo da lagoa. Situação semelhante ocorre na porção sul da margem esquerda, sendo neste caso a vegetação de porte arbustivo.

4.9.8.8 Rio Juá

A mata ciliar do rio Juá apresenta-se relativamente preservada, sendo observado o predomínio de vegetação de porte arbóreo no seu alto e médio curso. A cobertura vegetal de sua nascente, posicionada na serra do Juá, apresenta-se conservada.

Na área de entorno da lagoa do Poço, por sua vez, predomina a vegetação de porte arbustivo, a qual apresenta-se substituída em diversos pontos por áreas antropizadas e cultivos agrícolas, tendo-se constatado o avanço da área urbana da localidade de Icaraí em sua direção, já existindo algumas casas às margens da lagoa.

4.9.8.9 Rio Gereraú

A mata ciliar apresenta-se em boas condições na maior parte do seu traçado, sendo composta por vegetação de porte arbustivo. A presença de áreas antropizadas apresenta-se mais significativa ao sul do lagamar Gereraú e no seu baixo curso próximo ao limite com os campos de dunas.

5. ANÁLISE CRÍTICA DA BIBLIOGRAFIA

O levantamento bibliográfico teve por objetivo obter dados referentes aos aspectos socioeconômicos, geoambientais, hidrogeológicos e dos recursos hídricos superficiais, gerando informações sobre a área do projeto. Assim, procedeu-se o cadastro de trabalhos técnicos e de mapas diversos que, analisados, permitiram obter um maior conhecimento sobre a situação de projetos desenvolvidos e/ou em desenvolvimento na RMF.

A análise crítica abrange todos os trabalhos obtidos no decorrer desta Atividade. O volume é considerável, como pode ser visto a partir da bibliografia (capítulo 9). Assim, por questões metodológicas, e baseando-se nos objetivos desta etapa do Projeto, o resumo crítico será feito para os trabalhos que apresentam uma correlação direta com o tema da proposta. Isto porém, não impede que sejam obtidas referências sobre outros trabalhos da Região Metropolitana de Fortaleza, sem análise crítica, mas colocados nas referências bibliográficas.

Os dados sobre mananciais hídricos superficiais estão arquivados na: 1) Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Região Metropolitana de Fortaleza – SEDURB; 2) Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará - COGERH/Secretaria dos Recursos Hídricos; 3) Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME; 4) Secretaria de Meio Ambiente do Estado do Ceará – SEMACE.

SILVA *et al.* (1970) trabalharam no Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Folha Fortaleza – SUDENE, desenvolvendo estudos dos aqüíferos da região, caracterizando os meios Barreiras, Dunas, Aluviões e Cristalino segundo a distribuição geográfica, alimentação, exutórios e exploração. Como em todas as folhas do Inventário, seguiram uma metodologia de trabalho enfocando a caracterização hidrogeológica, cálculo de reservas e qualidade da água subterrânea. Pela abrangência do estudo, dados obtidos e informações geradas constitui, ainda

hoje, um dos trabalhos de referência na área de hidrogeologia necessitando, porém, uma atualização no cadastramento de poços e de tratamento de dados.

BELTRÃO & MANOEL Fº (1973 - SUDENE) estudaram sistematicamente a Região Metropolitana de Fortaleza objetivando avaliar as reservas hídricas subterrâneas e, particularmente, calcular a disponibilidade de água para captação através de poços tubulares. Caracterizaram as unidades aqüíferas segundo suas vocações hidrogeológicas dimensionando reservas exploráveis, elaborando um mapa potenciométrico e recomendando maior atenção à construção dos poços, principalmente a proteção sanitária, e a superexploração das águas subterrâneas. A unidade Dunas/Paleodunas foi a que apresentou melhores características hidrogeológicas suscetíveis à captação de água.

O estudo desenvolvido serve de referência como um dos pioneiros, enfocando a hidrogeologia através de formações aqüíferas específicas e mapas de fluxo. Apesar do título referir-se à RMF, observa-se que o estudo fica restrito à Grande Fortaleza e, particularmente, às formações sedimentares. Isto é compreensível em função do objetivo específico e da finalidade de caracterizar áreas potenciais para a captação de água subterrânea para complementar o abastecimento público da Grande Fortaleza.

POHLING *et al.* (1981) objetivaram o conhecimento da qualidade de água da Região Metropolitana de Fortaleza, onde foram coletadas águas provenientes das diversas fontes de consumo, tais como rios, poços, cacimbas e lagoas, e efetuadas análises químicas dos cátions Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} e K^{+} e dos ânions Cl^{-}, SO_4^{--}, HCO_3^{-} e NO_3^{-}, análises espectrométricas de Oxigênio-18/Oxigênio-16 e Deutério/Hidrogênio e determinações de idade através do método de Carbono-14. Os resultados conduziram às conclusões de que o aqüífero é do tipo não confinado e as concentrações dos sais dissolvidos variam de lugar para lugar, sendo maiores nas áreas mais populosas; a recarga do aqüífero é feito fundamentalmente através de águas de chuvas e, com exceção dos nitratos, entre os 65 locais de coleta, só 8 (oito) locais mostraram concentrações de sais superiores aos padrões internacionais adotados. Entre as várias contaminações, parece que só os nitratos que ocorrem em 27 poços (41,5%) com concentrações superiores aos valores máximos, atingindo mesmo 11 vezes este limite, podem ser prejudiciais à saúde humana.

A pesquisa desenvolvida contribui para o conhecimento da qualidade das águas, particularmente de Fortaleza. O aspecto mais difícil do trabalho é a exata correlação entre os vários tipos químicos, particularmente por não prever na metodologia uma correlação, e a ausência de perfis de poços para o real conhecimento do aqüífero captado. Conhecendo-se a evolução drástica de uso e ocupação do meio físico, o trabalho é relevante pela preocupação de abordagem das várias fontes de poluição que ocorrem comumente nas grandes metrópoles e dos potenciais riscos de poluição que representam.

Diversos estudos sobre o aqüífero Dunas visando a captação de água subterrânea para abastecimento de cidades costeiras foram desenvolvidos pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE até o final da década de 70, a exemplo de Abreulândia em Fortaleza, Fortim em Fortim, Caponga em Cascavel, dentre outros. CAMPOS & MENEZES (1982) analisam a pesquisa e o aproveitamento das águas subterrâneas para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará**,** a partir de dados da Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, apresentando dados referentes a características hidrodinâmicas e volume explotado por várias baterias de poços tubulares rasos construídos no aqüífero Dunas. O trabalho é relevante por

condensar as informações técnicas obtidas em trabalhos da CAGECE sobre o aqüífero costeiro Dunas, baseadas em trabalhos de campo que envolve um pouco mais de 1.000 horas de testes de bombeamento, com interpretações de dados que respaldam as informações citadas e cedendo parâmetros de extrema importância sobre o aqüífero Dunas, constituindo-se em um trabalho técnico valioso para a área de hidrogeologia costeira.

BIANCHI *et al.* (1984/85) analisaram os fatores ambientais condicionantes dos recursos de água subterrânea na RMF e propuseram um ensaio de zoneamento quanto à reserva e vulnerabilidade deste recurso. Com um cadastramento da ordem de 500 poços tubulares, locados em uma base geológica de 1:20.000, elaboraram um mapa de fluxo hídrico subterrâneo possibilitando a compreensão maior da interação entre águas subterrâneas e superficiais e, finalmente, através dos cálculos de reservas mostraram que as Dunas/Paleodunas, representadas em 9 (nove) campos, detinham o maior potencial de reservas da RMF, possibilitando a captação de água de boa qualidade físico-química através de poços rasos, ressaltando a relação custo/benefício.

O projeto contém um importante acervo de informações hidrogeológicas para a RMF, com os poços locados sobre uma base geológica simples, e cálculo de reserva baseado na ocorrência superficial das formações aqüíferas. Embora importante para a comunidade técnica, e mais ainda para os órgãos gestores, este relatório nunca foi publicado e atualmente, textos e mapas não são facilmente obtidos.

MORAIS *et al.* (1984) desenvolveram o Projeto Fortaleza - Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza – CE, em parceria DNPM/CPRM, construindo 101 poços tubulares no município de Fortaleza, avaliando as reservas hídricas subterrâneas por aqüífero e propondo um zoneamento das potencialidades hidrogeológicas de Fortaleza. Os poços tubulares reforçaram em caráter emergencial o sistema de abastecimento de Fortaleza, face à escassez de chuvas no período de 1980 a 1984. Através da síntese dos dados obtidos, a começar pelo perfil técnico-construtivo dos poços, foram desenvolvidas as etapas de avaliação das características dimensionais e hidrodinâmicas dos aqüíferos e a qualidade das águas. A partir daí, foram propostos projetos padrões de poços tubulares para os diferentes aqüíferos.

O projeto representa um primeiro passo no intuito de caracterizar as águas subterrâneas de Fortaleza através da construção de poços tubulares e zoneamento de potencial hídrico subterrâneo. Observa-se que existiu a necessidade de um conhecimento maior sobre hidrogeologia, construção de poços e hidroquímica que, certamente, proporcionaria um entendimento mais completo sobre a situação hidrogeológica à época, mas isto não tira os méritos do projeto pelo caráter de pesquisa, quando se sabe que a prática da década era da geologia aplicada ao mapeamento e à mineração. Os dados obtidos e informações geradas, além dos mapas em escala compatível (1:40.000) com a área, são largamente utilizados no cotidiano da hidrogeologia de Fortaleza.

RIBEIRO *et al.* (1985), complementando o Projeto Fortaleza desenvolvido em sua primeira etapa por Morais *et al.* (1984), realizaram a construção de mais 30 poços, com descrição dos tipos litológicos atravessados para a delimitação dos diversos aqüíferos e suas potencialidades. Seguiram a metodologia anterior e complementaram pontos ainda não pesquisados. Isto consolidou o Projeto como fonte de informação hidrogeológica para Fortaleza.

CAVALCANTE (1986) classificou qualitativamente as águas do aqüífero Dunas utilizando análises físico-químicas das águas da bateria de poços (25) construídos na praia de Abreulândia, Fortaleza-CE. Através de tratamento estatístico simples e utilização de diagramas de classificação iônica (Piper), potabilidade (Schoeller & Berkaloff), classificação das águas para irrigação (SAR *versus* condutividade elétrica), classificação de caráter ácido (Langelier/ Rysnard), dentre outros, mostrou a predominância das águas cloretadas sódicas, associando-as à proximidade do mar.

O trabalho ressalta a importância da hidroquímica no estudo das águas, mostrando que o entendimento hidrogeológico dos fatores intervenientes na composição das águas subterrâneas é significante para a compreensão da classificação iônica e das características que possam modificar a qualidade natural da água.

ARAÚJO & LEAL (1990) e CAVALCANTE *et al.* (1990), em pesquisa realizada no município de Fortaleza - Ceará, visando a classificação hidroquímica das águas subterrâneas, utilizaram 124 análises físico-químicas de águas de poços tubulares e cacimbas, levando a uma classificação iônica das águas na qual foi observada a predominância de águas cloretadas sódicas e bicarbonatadas sódicas, tendendo a mistas, tanto no contexto sedimentar quanto no cristalino. A pesquisa ressaltou, ainda, a concentração elevada, embora local, de ferro, cloreto e nitrato para os quais fez correlações com níveis lateríticos do Barreiras e material de revestimento de poços, proximidade do mar e ausência de saneamento básico. No geral são águas que, sob análise físico-química, prestam-se a usos diversos. Finalmente, propôs um zoneamento dos parâmetros ferro, cloretos, condutividade elétrica, STD e nitratos.

Ao fazer a classificação iônica e análise de potabilidade para as águas subterrâneas de Fortaleza, o trabalho contribui para o conhecimento maior sobre este manancial hídrico. Adquire uma importância maior quando ressalta as concentrações pontuais elevados de cloretos, ferro e nitrato e os riscos advindos deste fato. Poderia ganhar maior abrangência se o número de análises fosse maior e existisse uma correlação direta com o fator de uso e ocupação do meio físico, responsável pela poluição antrópica das águas subterrâneas nos grandes centros urbanos.

O estado do Ceará, através da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará, foi o primeiro estado nordestino e o segundo do Brasil (o primeiro foi São Paulo) a desenvolver o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH (CEARÁ, 1992), onde inseriu os estudos hidrogeológicos que permitiram estabelecer um balizamento das possibilidades de aproveitamento de cada aqüífero do território estadual em função de algumas características, tais como a profundidade, níveis estático e dinâmico, vazão e método de perfuração. Dentre as muitas verificações apontadas pelo PERH, apontou-se para a situação de intensa campanha de construção de poços sem haver, no entanto, a preocupação da normatização de alguns procedimentos fundamentais para o sucesso na captação da água subterrânea sendo considerados os preceitos de uso e proteção dos mananciais.

Os aspectos hidrogeológicos constantes no PERH/CE colaboraram para o entendimento da ocorrência e características aqüíferas da RMF, particularmente Fortaleza, apesar do caráter regional de abordagem. Ressalta-se, porém, a ausência de uma base hidrogeológica com o conhecimento de campo, particularmente da localização dos poços tubulares, de análises físico-químicas e bacteriológicas e, finalmente, do uso das águas subterrâneas, parâmetros essenciais para o planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos.

MAVIGNIER (1992) estudou as águas do rio Cocó em Fortaleza, estabelecendo pontos para coleta de amostras de água para análises físico-químicas e bacteriológicas. Caracterizou qualitativamente as águas, mostrando uma interferência antrópica significativa oriunda do Distrito Industrial de Fortaleza, esgotos domésticos/industriais e do lixão do Jangurussu, além da interferência das águas do mar que salinizavam as águas do Cocó num trecho de 13 km. Mostra que, quando o rio Cocó não é salino é, em grande parte, um verdadeiro esgoto a céu aberto, apresentando análises de água que comprovam este fato.

Este trabalho é pioneiro na caracterização das águas do rio Cocó, particularmente por fazer correlação entre a qualidade hídrica natural e as fontes de poluição. Os dados e informações geradas são imprescindíveis para o entendimento da dinâmica dos agentes poluidores existentes próximos ao rio Cocó, a nível da Grande Fortaleza.

CAVALCANTE, 1993 (*in* GEOPLAN, 1993), analisa as águas subterrâneas de Fortaleza sob os aspectos físico-químicos e bacteriológicos, procurando fazer uma correlação entre águas subterrâneas e superficiais. O trabalho foi desenvolvido para compor o conhecimento a ser utilizado pelo Projeto SANEAR e ficou localizado nas áreas pré-definidas. Utilizou dados físico-químicos secundários e somente acrescentou um tratamento hidroquímico e correlação necessários ao entendimento do problema, voltados à implantação de obras.

Dois trabalhos contribuíram sensivelmente para o conhecimento dos problemas geoambientais na RMF, o de BRANDÃO *et al.* (1995) e o de COLARES (1996), com o primeiro enfocando a caracterização geoambiental e a ocupação desordenada da RMF, e o segundo abordando o mapeamento geotécnico/ambiental da referida região.

BRANDÃO *et al.* (1995) apresentaram o diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza baseados numa revisão sistemática de levantamentos setoriais dos contextos geológico, geomorfológico, climático, recursos hídricos e minerais, pedológicos e fitoecológicos. Com base nestes estudos foi proposto um esboço de zoneamento geoambiental.

COLARES (1996) desenvolveu pesquisa geotécnica sobre a Região Metropolitana de Fortaleza, procurando caracterizá-la em termos de mapeamento geotécnico, apresentando, dentre outras, as cartas de declividade, zoneamento ambiental, recursos hídricos, materiais inconsolidados, geologia, *landforms* e de zoneamento geotécnico preliminar.

A pesquisa geotécnica desenvolvida envolveu o conhecimento geológico aplicado e resultou em bases temáticas de importância singular para o planejamento de uso e ocupação do meio físico, representando um acervo de informações consolidadas necessárias à RMF, em escala compatível (1:100.000) com a área.

Cavalcante *et al.* (1996) apresentaram trabalho enfocando a hidrogeologia do município de Fortaleza, adotando uma classificação por sistemas aqüíferos e, dentre os quais, o sistema Dunas/Paleodunas constitui o melhor em termos qualitativos e em características hidrodinâmicas, possibilitando a captação de vazões que oscilam predominantemente entre 2 e 6 m^3/h, através de poços tubulares rasos cuja profundidade média oscila em torno de 12 metros. Ressaltam a extrema vulnerabilidade e risco deste sistema a poluição pelo uso e ocupação do meio físico. Mostram, ainda, que o sistema Barreiras possui pequenas vazões (1 a 3 m^3/h) mas

representa um meio muito importante para a captação da água subterrânea em função da ocupação urbana e sua área de ocorrência.

O trabalho sobre a hidrogeologia de Fortaleza gera informações mais específicas sobre as águas subterrâneas locais, possibilitando um entendimento maior sobre modo de ocorrência e potenciais, necessários ao planejamento e gestão dos recursos hídricos.

CAVALCANTE (1998) traçou as diretrizes de viabilização do aproveitamento integrado dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza dentro de uma compreensão sistêmica dos diferentes compartimentos da água, superficial e subterrânea. Com objetivos específicos de caracterização hidrogeológica e o estabelecimento da relação oferta e demanda d'água na referida região e a caracterização das fontes de abastecimento para proposição de indicadores a planos e ações no âmbito dos recursos hídricos na RMF, o autor aponta que as soluções paliativas para a falta d'água na região são de caráter apenas emergenciais e que o "*planejamento e a gestão integrada de recursos hídricos superficial e subterrâneo, associados a uma política de uso e ocupação do meio físico e proteção pode ser a base para o desenvolvimento harmônico entre o homem e o meio ambiente"*. Dentro da perspectiva de gestão integrada mostra que a taxa de aproveitamento das águas subterrâneas da RMF aumentaria se, à medida em que fossem construídos poços tubulares, fossem utilizadas as recomendações técnicas pertinentes à locação, perfuração e completação das obras.

Este trabalho representa um avanço nas idéias expostas por Bianchi *et al.* (1984/85), enfocando os fundamentos hidrogeológicos para o planejamento e manejo integrado dos recursos hídricos, ressaltando a necessidade do entendimento referente aos potenciais qualitativos e quantitativos pertinente às águas subterrâneas, além do uso e ocupação do meio físico associado às inúmeras fontes de poluição existentes. Representa uma importante fonte de consulta para todos os trabalhos associados a planejamento e gestão de recursos hídricos da RMF.

Em função da necessidade urgente de conhecer-se o número e as características principais dos poços tubulares existentes no Ceará, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza, desenvolveu um Programa de Recenseamento dos Poços Tubulares do Ceará objetivando o cadastro exaustivo dos poços conseguindo um total de 13.296 poços (CPRM/REFO, 1999). Na RMF, em função de planejamento, Fortaleza não foi contemplada pelo cadastramento, sendo este planejado para uma etapa posterior.

Até o presente momento é o único trabalho de campo com cadastro de poços que envolve 12 dos 13 municípios da RMF. Entre as vantagens deste trabalho consta a obtenção das coordenadas geográficas com GPS da boca do poço que, posteriormente, auxilia na formação de um Banco de Dados Georreferenciado, facilitando o uso e atualização do mesmo. Além das características físicas do poço, o projeto obteve características qualitativas da água com medidas de pH, temperatura e condutividade elétrica, posteriormente convertida para Sólidos Totais Dissolvidos. Constitui atualmente o maior acervo hidrogeológico com dados de campo para o estado do Ceará e, particularmente, para a Região Metropolitana de Fortaleza, excluindo-se Fortaleza.

Em 1999 foi realizada para a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH serviços de campo para avaliação do potencial de águas subterrâneas e de lagoas das bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza, e o Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas (COGERH,1999).

Estes projetos são importantes no âmbito da RMF por representarem uma continuidade, embora local, do Plano Estadual dos Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992). A grande diferença é a implementação de trabalhos de campo envolvendo cadastro de 173 poços, construção de 10 poços tubulares e 20 piezômetros em formações sedimentares, testes de produção, levantamento geofísico por eletrorresistividade, análises da qualidade da água em 80 amostras, levantamento batimétrico de 591 lagoas e instalação de 3 (três) infiltrômetros. Isto possibilitou o conhecimento maior dos recursos hídricos da RMF, gerando um acervo de dados significante sobre as águas subterrâneas e superficiais, possibilitando uma compreensão maior sobre as potencialidades hídricas da RMF.

O cadastro de poços tubulares, juntamente com dados primários de construção, testes de produção das obras de captação e qualidade das águas, soma ao cadastro realizado pela CPRM de modo a colocar a RMF como uma das melhores áreas em termos de existência de dados hidrogeológicos.

Vasconcelos (1999) desenvolveu pesquisa na área de ocorrência do sistema Dunas/Paleodunas em Fortaleza, Ceará, procurando caracterizar o fenômeno de recarga hídrica para o aqüífero costeiro, utilizando poços tubulares rasos para monitoramento, e caracterizou, ainda, estas águas em termos físico-químicos.

Aguiar (1999) estudou os impactos da ocupação urbana sobre as águas subterrâneas na faixa costeira de Caucaia – Ceará, utilizando a hidroquímica comparativa e isótopos ambientais. As análises químicas das águas subterrâneas do sistema Dunas/Barreiras foram feitas em 32 amostras coletadas em poços tubulares, amazonas e cacimbas e mostram condutividades elétricas que chegam a 1.630 µS/cm, observando-se a presença de águas predominantemente bicarbonatas sódicas e cloretadas cálcicas.

A pesquisa representa uma importante contribuição para o entendimento da influência da ocupação urbana em faixas costeiras, particularmente em Caucaia, levando a uma análise de uso e ocupação do meio físico como parâmetros de influência na modificação da composição química natural das águas subterrâneas. A utilização de análises físico-químicas e de isótopos ambientais serve de marco pioneiro para estudos das águas subterrâneas da faixa costeira de Caucaia.

Cordeiro (2000) utiliza o método geofísico VLF (*Very Low Frequency*) na prospecção de águas subterrâneas em diferentes tipos litológicos fraturados no Ceará, mais especificamente na área das Bacias Metropolitanas e assim dimensiona o grau de eficiência na locação de poços em rochas fraturadas. Faz análise comparativa com dados de poços locados com eletrorresistividade e mostra que os resultados obtidos com VLF são satisfatórios para, finalmente, recomendar maior atenção com todas as fases envolvidas na locação de poços e a utilização integrada de métodos geofísicos a fim obter-se melhores resultados, minimizando erros na locação.

Quesado Jr. & Cavalcante (2000) abordam a hidrogeologia do município de Fortaleza mostrando que o impacto do crescimento urbano e industrial acelerado poderá causar danos à qualidade de vida das populações, sendo Fortaleza um exemplo típico dessa situação, onde se tem uma urbanização desordenada aliada a uma geologia que, em alguns locais, é altamente vulnerável a poluição e contaminação de qualquer natureza. Em termos quantitativos o sistema

Dunas/Paleodunas é o mais importante, possuindo uma reserva renovável de 16,5 milhões de m^3/ano, representando inúmeras vezes a única fonte para abastecimento de água para as comunidades mais carentes que não são atendidas pela rede de abastecimento.

Analisando as águas de poços tubulares, os autores observaram que cerca de 70% destas se encontram com concentrações altíssimas de contaminação por coliformes fecais, oriunda da ausência de esgotamento sanitário. Não obstante, em termos físico-químicos as águas subterrâneas encontram-se dentro dos padrões de potabilidade recomendados pela Organização Mundial de Saúde – OMS.

O trabalho constitui uma referência a sobre potencialidade e qualidade das águas subterrâneas de Fortaleza, fornecendo uma visão integrada da hidrogeologia com uso e ocupação do meio físico, enfocando os aspectos pertinentes a doenças de veiculação hídrica.

6. RESUMOS TÉCNICOS

Os resumos técnicos dos principais trabalhos e estudos sobre a Região Metropolitana de Fortaleza são apresentados a seguir.

CAPTAÇÃO DE ABREULÂNDIA
RELATÓRIO FINAL DE CONSTRUÇÃO DOS POÇOS
DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO

PLANAT

Fonte: CAGECE /PLANAT, 1978

Na área de captação da Abreulândia, Fortaleza-CE, operada pela COHAB, que conta com 16 poços tubulares rasos para abastecimento do Conjunto Habitacional José Walter, foram perfurados mais 30 poços tubulares rasos, dos quais 25 se revelaram efetivamente produtores.

Os 5 poços não aproveitáveis devido a problemas de baixa permeabilidade e/ou transmissividade, revelam que o aqüífero apresenta características distintas de um local para outro dentro da área estudada, uma vez que foi empregada a mesma técnica construtiva para todos os poços (método de percussão e lavagem), chegando-se a uma vazão média de 6,40 m^3 /h por poço.

Como trabalhos preliminares foram executados 17 furos de sondagens que permitiram caracterizar os perfis litológicos e as espessuras saturadas da unidade. De acordo com os resultados das sondagens e perfurações efetuadas na área, o aqüífero é representado por depósitos de dunas, constituído de areias finas a médias, homogêneas, com intercalações de níveis de argilas orgânicas escuras, que repousam sobre os sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras.

A espessura saturada do aqüífero varia de 4,32 a 9,32 m com média de 6,13 m adotando-se para fins de cálculo um valor da ordem de 4,50 m. O coeficiente de permeabilidade destaca-se como parâmetro fundamental na avaliação da capacidade de produção em aqüíferos do tipo livre. Segundo as determinações a partir dos testes de produção, o valor médio encontrado é da ordem de 7.10^{-4} m/s, sendo que o valor mais freqüente situa-se em torno de 5.10^{-4} m/s, considerado muito alto para areias finas de dunas, cujos valores reais normalmente não ultrapassam os $2{,}5.10^{-4}$ m/s.

Há restrições quanto aos teores de ferro e pH e as águas são de boa qualidade para consumo apresentando uma concentração de sólidos totais geralmente inferior a 200 mg/L e em alguns casos, excesso de matéria orgânica.

Com base nas características da área: permeabilidade do aqüífero 5.10^{-4} m/s, espessura saturada de 4,50 m e largura da frente de escoamento de 500 m supondo um gradiente hidráulico de 4%, estima-se uma vazão máxima de 45 L/s.

Com base na equação de Dupuit indica-se para os 25 poços em conjunto uma vazão explorável de 55,8 L/s. Considerando porém a proximidade do oceano e o fato de que a estimativa de vazão de escoamento natural indica um valor da ordem de 45 L/s para a vazão máxima disponível, este ultimo valor (80% do máximo explorável) é o que deve prevalecer para evitar os riscos de avanço da interface que podem culminar com uma futura salinização dos poços por intrusão marinha.

Os 5 poços não aproveitáveis (17%) representam um percentual bastante elevado, merecendo portanto uma avaliação mais aprofundada para determinar as causas de tal fato.

Sem sombra de dúvida os resultados obtidos foram prejudicados pelo fato dos testes dos poços novos terem sido efetuados com os poços antigos em funcionamento e com as interrupções em decorrência das faltas de energia.

ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE FORTALEZA

Rolf Pohling
Marlúcia Freitas Santiago
Joaquim Raul Torquato
Linda Garrett

Fonte: BNB – 1981 - Estudos Hidrológicos do Nordeste. Série Monografias.

Com vistas ao conhecimento da qualidade de água da Região Metropolitana de Fortaleza, foram coletadas águas provenientes das diversas fontes de consumo, tais como rios, poços, cacimbas e lagoas, efetuadas análises químicas dos cátions Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} e K^{+} e dos ânions Cl^{-}, SO_4^{--}, HCO_3^{-} e NO_3^{-}, análises espectrométricas de oxigênio-18/oxigênio-16 e deutério/hidrogênio e determinações de idade através do método de carbono-14.

Os resultados das concentrações totais dos sais em meq/L das amostras apresentaram variação de 1,43 a 47,37 meq/L. As quantidades de cada um dos sais encontrados nos sessenta e cinco poços revelaram que 95% das amostras são ricas em íons de cloro, destas 62% são águas cloretadas e as outras, 33%, uma mistura de íons de cloro e bicarbonato, sendo portanto, águas cloretadas-bicarbonatadas. Nos 5% restantes, o cloro aparece junto com íons de sulfatos, dando origem a águas cloretadas-sulfatadas.

Os autores concluíram que: o lençol de água que abastece Fortaleza é do tipo não confinado; as concentrações dos sais variam com os locais estudados, sendo maiores nas regiões de maior densidade populacional; a presença de sais no lençol é explicada por processos diversos, tais como meteorização das rochas cristalinas, evaporação da água no poço, dissolução do carbonato de cálcio do concreto que é utilizado na construção dos poços e, principalmente, através das precipitações.

Durante o período das chuvas as concentrações decrescem até atingir um nível constante; as precipitações produzem um abaixamento na concentração dos sais nos poços, mas, nos casos em que o terreno ao redor deles contém lixo doméstico, as concentrações aumentam durante as estações das chuvas; a água do mar não parece contribuir para o abastecimento do aqüífero; com exceção dos nitratos; dos 65 poços estudados somente 89 têm concentrações acima dos limites recomendados; são eles os poços: 22 com excesso de sulfato; 5, 11, 21 e 22 com excesso de sódio e 5, 22, 39, 53 e 59 com excesso de cloreto; 45% das amostras estudadas têm níveis de nitrato acima do permissível. Estas amostras situam-se nas regiões mais populosas.

GEOLOGIA DA REGIÃO SUDOESTE DE FORTALEZA – CEARÁ. ÁREA 5.

Eugênio Augusto Marinho Magalhães & José Irismar Landim

FONTE: Relatório de Graduação. Departamento de Universidade Federal do Ceará. 1983, 43p.

É um trabalho de mapeamento geológico básico utilizando-se de campo e descrição de lâminas delgadas, o que acrescenta um certo detalhamento a nível regional.

A área estudada está situada entre os paralelos 3°52´ e 4° de latitude sul e os meridianos 38°50´03´´ e 38°55´06´´ de longitude oeste, ocupando uma área de 130 km², localizada entre os municípios de Caucaia e Maranguape. Basicamente, o embasamento cristalino cobre quase toda a área o qual é constituído por gnaisses, granito-gnaisses, migmatitos e anfibolitos; coberturas colúvio-eluviais e aluviões existentes ao longo de algumas drenagens. Geotectonicamente, a área enquadra-se no bloco orogênico Itapagé. Geomorfologicamente, a área enfocada está inserida na feição denominada de Superfície Sertaneja, interrompida às vezes, por morros e serrotes residuais. Quanto à geologia estrutural, a área destaca-se, principalmente, por intenso fraturamento, originado por esforços cisalhantes; e dobramentos de pequeno porte, variando de poucas a dezenas de centímetros. No que diz respeito à geologia econômica, a área possui poucos recursos minerais, ficando restrita às ocorrências de calcário em pequenas lentes encontradas, principalmente, na porção oeste.

As rochas são do Pré-Cambriano, Terciário, Tércio-quaternário e Quaternário. As rochas do Pré-Cambriano compreendem litotipos gnáissicos e migmatíticos, que predominam na área mapeada, além de anfibolitos, granito-gnaisses e pegmatitos. As do Terciário, em menor proporção, são gabros, basaltos, andesitos, dacitos e fonólitos. As coberturas colúvio-eluviais, de idade tércio-quaternária, recobrem discordantemente as rochas do embasamento, e são caracterizadas por uma composição areno-argilosa de tonalidade variando de creme a marrom clara e granulação que varia de fina a média. As aluviões, de idade quaternária, são sedimentos de composição que varia desde cascalhos a siltes e argilas, com predominância de areia grossa, coloração cinza-escura, localmente com gradações granulométricas.

CAPTAÇÃO DE ABREULÂNDIA DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

PLANAT

Fonte: CAGECE/PLANAT, 1984

Os trabalhos efetuados na área de captação da Abreulândia constaram de limpeza e teste de produção de curta duração para avaliar a eficiência atual dos 25 poços tubulares rasos existentes. O diagnóstico mostrou que apenas 18 poços apresentaram condições de serem testados, 4 encontram-se obstruídos e 3 estão com os filtros rompidos pois apresentaram carreamento de cascalho.

Dentre os 18 poços caracterizados como em bom estado, 5 que ocupam o quadrante NE da área apresentam águas salinizadas em virtude do avanço da interface marinha. Em decorrência desse fato, 4 poços (situados na retaguarda da frente) devem permanecer como simples unidades de observação para controle periódico de qualidade da água visando estacionar o avanço da interface marinha.

De acordo com os esboços piezométricos a vazão de escoamento natural para a área de captação é de apenas 75 m^3/h. Considerando que para deter o avanço da interface, a vazão explorável deve ser inferior ao escoamento natural, recomenda-se como máxima explorável, nas condições atuais, uma vazão de 70 m^3/h, a ser captada de 8 poços. Entretanto, em decorrência das limitações impostas pelos rebaixamentos de alguns, os oito poços somente poderão produzir uma vazão da ordem de 62 m^3/h, tornado-se pois necessária a perfuração de dois novos poços para atingir a vazão máxima permissível.

O poço 12, apesar de incluído dentre os 13 poços considerados aproveitáveis, não consta da relação dos que podem ser efetivamente bombeados nem dos que serão utilizados apenas como poços de observação, entretanto em função de sua localização (NE), acreditamos que será utilizado apenas como poço de observação.

BIANCHI et al.

Fonte: AUMEF, 1984

Constitui o presente documento o Relatório Técnico n° 1, referente aos estudos básicos, onde se prevê a realização de levantamentos e tratamento preliminar de informações, que hão de constituir o acervo basilar no desenvolvimento do PARH.

As atividades desenvolvidas nesta fase, bem como seus respectivos produtos, obedecem à classificação dos fatores condicionantes referentes ao programa de atividades.

Exame dos Fatores Condicionantes Relativos à Demanda:

- Demografia: o foco de interesse foi a obtenção de dados para permitir o reconhecimento da influência na avaliação quantitativa, na definição da natureza e na localização da demanda.

- Uso e Ocupação do Solo e Atividades Produtivas: estes dois fatores têm importância capital no dimensionamento e na distribuição espacial da demanda, no período de alcance temporal do PARH.

- Situação Atual do Saneamento Básico: o exame deste fator vincula-se associadamente à demanda e à oferta de recursos hídricos. Evidenciou-se a generalizada insatisfação do atendimento, simultânea à progressiva deterioração das coleções de água. O atendimento com água potável restringe-se a apenas cerca de 30% da população urbana. A quase totalidade do universo urbano da RMF não é servida por sistema público coletor de esgoto. O serviço de limpeza pública é deficitário e a drenagem de águas pluviais não é satisfatório.

Exame dos Fatores Condicionantes Relativos à Oferta:

Os fatores condicionantes da oferta foram diferenciados, privilegiando-se a hidrologia e a hidrogeologia e focalizando-se os demais componentes do espaço natural apenas nas suas interfaces.

No estudo relativo aos Recursos Hídricos Subterrâneos estão explícitos os objetivos e a metodologia do trabalho, onde se faz uma avaliação quantitativa da potencialidade dos aqüíferos metropolitanos e apresenta-se recomendações quanto ao uso do solo nas áreas de recarga.

No estudo sobre os Recursos Hídricos Superficiais, feito a partir de fotografias aéreas, onde se fez a indicação da divisão em bacias e foram destacadas as informações relativas a solo, vegetação e relevo e apresenta como resultados os volumes potenciais médios mensais de águas superficiais e a descarga superficial específica por bacia.

Fatores Condicionantes Relativos à Gestão dos Recursos Hídricos:

- **De Ordem Institucional** – Para este mister, foi criada a Autarquia da Região Metropolitana de Fortaleza - AUMEF, composta de uma superintendência executiva e dois conselhos: um deliberativo e outro consultivo. Especificamente, vinculam suas atividades a recursos hídricos um número apreciável de instituições, pertencentes aos três níveis do Poder, em sua maioria sediadas na capital.

- **De Ordem Legal** - A legislação relativa aos recursos hídricos, em vigor no país, é vastíssima. A respeito, no V CONIRD foi apresentada uma Lista Cronológica dos Atos Legais sobre Recursos Hídricos no Brasil, constituída por cento e vinte e oito itens.

PROJETO FORTALEZA
HIDROGEOLOGIA E CONTROLE TECNOLÓGICO NAS PERFURAÇÕES DE POÇOS TUBULARES NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA - CE
VOLUME I

MORAIS et al.

Fonte: Morais et al, 1984. CPRM REFO

Os recursos hídricos armazenados no subsolo vêm assumindo, mais recentemente, grande importância no desenvolvimento urbano e industrial do município de Fortaleza, em vista das características climáticas, que restringem as disponibilidades de água superficiais, especialmente pela ocorrência muitas vezes de sucessivos períodos de reduzidas aportações pluviométricas.

Este trabalho apresenta uma avaliação das reservas de água subterrânea por aqüífero, proporcionado uma orientação sobre as características dos reservatórios, assim como as possibilidades de explotação, para atender à demanda da população periférica do município de Fortaleza.

Este documento técnico ao mesmo tempo em que divulga sucintamente a quantidade e a qualidade das águas subterrâneas do município, procura despertar os organismos responsáveis por seu desenvolvimento para a necessidade de um melhor aproveitamento dos recursos hídricos subterrâneos existentes.

Os resultados obtidos estão sintetizados principalmente: Mapa Hidrogeológico – escala 1: 40.000, Mapa dos Poços Executados com características hidrodinâmicas definidas – escala 1: 40.000 e Carta de Planejamento para Captação de Água Subterrânea – escala 1: 40.000, que cobrem a superfície de 336 km^2 concernente ao município de Fortaleza.

Os dados obtidos a partir do acompanhamento da perfuração dos poços, num total de apenas 101, que foram utilizados para elaboração do presente estudo, mostram-se insuficientes para uma definição dos objetivos propostos. Entretanto, o presente trabalho, pelo seu pioneirismo e ousadia, constitui-se num marco importante nos estudos em hidrogeologia para a região do município de Fortaleza.

BALANÇO HÍDRICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA
(PARH - FASE II) - ANÁLISE PROSPECTIVA

Fonte: AGUASOLOS, 1985

O presente trabalho, corresponde à Fase II do Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da RMF.

Nesta fase foram catalogados os principais parâmetros para o modelo do Balanço Hídrico da Região.

Foram avaliados os elementos de oferta e demanda de água a partir das fontes hídricas e atividades consumidoras. Estes elementos foram definidos e detalhados a nível de subárea procurando racionalizar a unidade hidrográfica com a divisão do espaço político administrativo.

Para tanto, considerado o sistema fluvial como o caminho natural das águas de superfície, foi estabelecida uma matriz bidimensional relacionando o espaço físico entre a Bacia e o Distrito. Procedimento idêntico foi utilizado para as subterrâneas, cruzando a unidade geológica com o universo político administrativo.

Os elementos de oferta d'água foram escritos na Fase I, denominada o Exame dos Fatores Condicionantes, compreendendo a coleta dos dados necessários ao desempenho da Fase II, e fazem parte dos documentos denominados "Avaliação dos Recursos Hídricos Superficiais da RMF" e "Recursos Hídricos Subterrâneos da RMF", da AUMEF.

Em face de algumas limitações na quantidade e qualidade dos dados disponíveis, o plano foi concebido de forma flexível e clara, permitindo que a discussão em torno da matéria possa ajustar ainda mais parâmetros e coeficientes adotados pela equipe técnica, que por outro lado valeu-se de alguma experiência anterior na região e na área objeto do estudo.

É importante ressaltar que participaram do trabalho, técnicos familiarizados com a zona metropolitana e com o semi-árido nordestino, o que de certa forma contribuiu para uma definição coerente das variáveis que interferem no balanço hídrico da RMF.

RIBEIRO, J. A. P.; SAMPAIO, T. de Q.; OLIVEIRA, D. P.; GURGEL Jr, J. B.

Fonte: CPRM/REFO, 1985

Este relatório apresenta os resultados da pesquisa desenvolvida quando do acompanhamento dos 30 poços tubulares do Projeto Fortaleza – Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares em Fortaleza (volume I), no qual está alicerçado este volume de forma complementar do primeiro documento.

Os trabalhos realizados consistiram no cadastramento dos poços perfurados, nos tipos litológicos atravessados, na delimitação e no teste dos diversos aqüíferos encontrados, que se traduzem em termos práticos no potencial explorável de água subterrânea e na coleta de água para análises físico-química e bacteriológica, visando a exploração controlada das potencialidades hídricas em locais previamente estabelecidos.

Os resultados estão registrados principalmente no Mapa Geológico – escala 1:40.000, contendo as unidades geológicas da área, Mapa Hidrogeológico – escala 1:40.000, contendo as curvas piezométricas, o divisor de água subterrânea, os eixos de drenagem e o Mapa de Controle Estrutural que contém a distribuição espacial dos poços, com os dados técnicos.

GEOLOGIA DA REGIÃO DE MINGAÚ CAUCAIA, CE

Ivanilda Maria Rocha de Queiroz

FONTE: Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. 1988, 69p.

É um trabalho que traz boas informações com relação às rochas do embasamento cristalino, detalhando a geologia estrutural, resultando em informações importantes no contexto de RMF.

O trabalho relata o mapeamento geológico, à escala de 1:25.000, de uma área de 130 km² situada 10 km a sudoeste de Fortaleza-CE. Foram individualizadas e mapeadas unidades litoestratigráficas pré-cambrianas de rochas parametamórficas, ígneas plutônicas e hipabissais, bem como intrusões básicas e alcalinas terciárias e sedimentos quaternários. A área parece estar estruturada como um domo gnaisse-granítico de SALOP (1970), com núcleo granodiorítico sin-tectônico, tendo as relações de contato entre as unidades pré-cambrianas obscuras. Não foram encontrados indícios de novos recursos minerais, além dos materiais de construção civil já em exploração.

As unidades litológicas encontradas na área vão desde rochas metamórficas e um complexo de rochas ígneas plutônicas e vulcânicas a rochas sedimentares, e estão definidas a seguir: Biotita-gnaisse tonalítico, ocorre na serra do Juá na forma de relevo de maciços residuais; Granodiorito deformado, esta unidade é predominante, perfazendo um total de 70% da área mapeada; superfícies de pediplanação foi a forma de relevo identificada; Granodiorito é a segunda maior unidade mapeada, aproximadamente 20% da área, e a forma de relevo que a caracteriza é a de Maciços Residuais; Diques ácidos; Diques alcalinos; Diques básicos; Sedimentos coluvio-eluviais ocorrem dispersos na área e recobrindo discordantemente as rochas gnáissicas e granodioríticas, aparecem principalmente nos sopés das elevações, com formas planas e estreitas; as Aluviões são constituídas por argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos, ocorrendo nas várzeas estreitas resultantes da deposição fluvial. A área estudada mostra feições de zonas de cisalhamento dúctil nas rochas do embasamento cristalino, além de feições características de zonas de cisalhamento frágeis, como juntas e diáclases.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE FORTALEZA-CE

CAVALCANTE, I.N.; VASCONCELOS, S.M.S.; ARAÚJO, A.L *LEAL, S.E.C.; BIANCHI, L.*

Fonte: Revista de Geologia 1990, DEGEO/UFC. Vol. 3:

O trabalho utilizou análises de água de 65 poços tubulares (52,4%) e 59 cacimbas (47,6%). Destes, 22 poços encontram-se na região do cristalino com vazões que variam em torno de 3 m^3/h e com 85% das amostras classificadas como águas cloretadas e 18% bicarbonatadas, no geral apresentam um baixo risco de sódio e alta salinidade.

Os poços, totalizando 17, encontrados sobre a Formação Barreiras com vazões entre 1 e 5 m^3/h, com águas, na sua maioria, cloretadas sódicas (58,8%), sendo o restante bicarbonatadas sódicas, mistas e cálcicas, tem no geral água de boa potabilidade e com um baixo risco de sódio e de baixo (29,4%) a médio (47%) perigo de salinidade.

No sistema de dunas/paleodunas concentram-se 56 poços, com vazões de até 13 m^3/h, suas águas são cloretadas (85,7%) e destas, 70% são sódicas e 30% mistas tendendo a sódicas. O risco de sódio apresenta-se baixo (91%) e o perigo de salinidade é variável, predominando de médio (32,1%) a forte (42,2%).

As aluviões constituem-se regiões pequenas e isoladas na área, com apenas 4,8% dos poços selecionados, com águas cloretadas sódicas. O risco de sódio é baixo (83,3%) e o de salinidade é, no geral, médio.

Não existem restrições, no geral, para o consumo humano das águas subterrâneas no município. Para irrigação, o risco de sódio é baixo e o perigo de salinidade varia de médio a forte, indicando que deve existir controle na intensidade de uso. Dos aqüíferos da região os melhores são os constituídos pelo sistema dunas e paleodunas.

ESTUDO FÍSICO, QUIMICO E BACTERIOLÓGICO DO RIO COCÓ

André Leitão Mavignier

Fonte: UFC, 1992

Este trabalho de pesquisa propõe-se verificar e divulgar informações das características químicas, físicas e biológicas, detalhada e sistemática, sobre os recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Cocó.

O principal curso de água da bacia do rio Cocó tem aproximadamente 50 km desde suas nascentes, no município de Pacatuba, até seu estuário na costa leste de Fortaleza, sofrendo ações nocivas quando adentra na região urbana em seus 24 km finais.

Considerando os usos atuais e previsto o rio Cocó classifica-se como:

- Águas salobras (Classe 7) – no trecho que começa na foz (km 0) e vai até o cruzamento com a Av. Washington Soares (km 8), apresentando concentrações salinas com valores maiores que 0.5%.

- Águas doces (Classe 3) – no trecho que da continuidade ao anterior até as cabeceiras apresentando salinidades com valores iguais ou inferiores a 0.5%.

As ações antrópicas que provocam agressões claramente detectadas são:

- Aterros para expansão urbana em áreas de proteção;
- Extração de madeira das matas ciliares;
- Esgotos pluviais e domésticos lançados;
- Esgotos industriais despejados;
- Aterro sanitário próximo às margens;
- Olarias etc.

O monitoramento do rio Cocó, executado no período de 21/02/90 a 21/05/91 (quinze meses), foi realizado através da coleta de água em pontos estratégicos num total de 11 estações de coleta.

Em seus sete primeiros quilômetros, a partir da foz, sofre forte influência da água do mar em função do movimento das marés, o que proporciona uma renovação e redução da concentração de substâncias poluentes.

A alternância da água do mar no mangue garante condições de balneabilidade durante a maré cheia nos três primeiros quilômetros; daí em diante a contaminação orgânica se constitui no principal problema do rio, apresentando NMP de coliformes que aumenta progressivamente até o Distrito Industrial de Maracanaú, chegando a uma contaminação de até 300 vezes o máximo admissível.

As concentrações de metais pesados na água apresentam-se baixas estando em 95% dos casos na faixa aceitável, estes resultados são certamente influenciados pelo pH ligeiramente básico que inibe a dissolução de metais e favorece sua deposição.

O enriquecimento do teor de metais nos seres vivos ocorre pela contaminação dos sedimentos, da flora e da fauna aquática, conforme se tornou evidente após a análise de camarões e caranguejos, onde foi encontrada uma concentração excessiva de cobre e chumbo.

Estas condições tornam visível a péssima situação sanitária do rio, sem a existência de vida aeróbica em alguns trechos, constituindo um habitat propício ao desenvolvimento e a propagação de doenças transmissíveis através da água.

Um programa de monitoramento permanente por órgão competente deve ser implementado para localizar e debelar os agentes poluidores do rio, bem como um controle no uso e ocupação do solo, de acordo com a lei Estadual N° 10.147 de 01/12/77, no que se refere à proteção das faixas de 1ª e 2ª categorias.

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO PRELIMINAR DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (CE)

COLARES, J.Q.S.

Fonte: Colares, 1995. UNESP

O mapeamento geotécnico preliminar da Região Metropolitana de Fortaleza (CE), foi desenvolvido com base na proposta metodológica de Zuquette (1987 e 1993), em escala 1:100.000, objetivando a compartimentação da região em unidades geotécnicas.

Os resultados do levantamento dos dados geológico-geotécnicos anteriores, associados aos obtidos especificamente para este trabalho, permitiram a elaboração de oito documentos gráficos, sendo: mapa de documentação, carta de declividade, mapa de substrato rochoso, mapa de materiais inconsolidados, mapa das áreas com problemas ambientais e das cartas de recursos hídricos e de zoneamento geotécnico preliminar.

A área foi compartimentada em 175 unidades geotécnicas preliminares, que foram definidas por meio do método de sobreposição de mapas e combinação de atributos, tendo como base os mapas de substrato rochoso, materiais inconsolidados e a carta de declividade, o que possibilitou a análise das unidades frente a alguns aspectos relacionados aos processos de ocupação, ou seja, disposição de resíduos urbanos e cemitérios, fundações, disposição de águas servidas residenciais e condições de escavabilidade.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS DE PARTES DOS MUNICÍPIOS DE EUSÉBIO E AQUIRAZ.

Elísio Vieira Filho & Francisco Onivaldo de Oliveira

FONTE: Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. 1995, 90p.

O trabalho apresenta informações sobre poços tubulares e qualidade das águas subterrâneas de municípios inseridos na RMF. Não existe um detalhamento maior, mas é importante à medida em que contribui com cadastramento de campo e análises físico-químicas das águas subterrâneas.

O trabalho é um estudo hidrogeológico de partes dos municípios de Eusébio e Aquiraz, localizado a nordeste do Estado do Ceará, totalizando uma área de 100 km², e estruturalmente inserida no Bloco Tectônico de Itapajé. Como objetivo, visou-se a realização de um mapeamento geológico e avaliação qualitativa das águas subterrâneas e suas diversas maneiras de captação. Estratigraficamente, a área em estudo é representada por rochas deformadas do Pré-Cambriano na parte basal, constituída por quartzitos micáceos, seguidas por rochas cenozóicas Tércio-Quaternárias representadas por sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras e o Quaternário por aluviões representando o topo da seqüência. As unidades aqüíferas principais são: Aqüíferos Cristalino, Barreiras e Aluvionar. No geral, as águas destes aqüíferos foram classificadas em 40% Bicarbonatada Sódica, 40% Cloretada/Sulfatada Sódica (mista), 10% Cloretada Cálcica e 10% Cloretada Sódica. Estas águas apresentam uma potabilidade bastante satisfatória para o consumo humano. Quanto ao uso para irrigação estas águas apresentam um baixo risco de sódio e salinidade fraca a média, podendo ser utilizada em todos os solos e quase todas as culturas.

DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL E OS PRINCIPAIS PROBLEMAS DE OCUPAÇÃO DO MEIO FÍSICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Ricardo de Lima Brandão

Fonte: CPRM/REFO, 1995

Os estudos apresentados no presente diagnóstico geo-ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) têm base em uma revisão sistemática dos levantamentos setoriais anteriormente procedidos e em trabalhos de campo visando o reconhecimento da verdade terrestre.

As análises temáticas foram desenvolvidas de modo a demonstrar a clara interdependência entre os componentes geoambientais e serviram de base para a proposição de um esboço de zoneamento geo-ambiental.

Os condicionantes geoambientais inter-relacionados, permitem uma visão integrada da área, destacando os componentes do potencial geoecológico e da exploração biológica.

No contexto geológico, a RMF é caracterizada pela presença de terrenos cristalinos e coberturas sedimentares cenozóicas. Estas últimas assumem uma posição de destaque na avaliação do meio físico, pois representam os terrenos que interagem mais diretamente com a atividade antrópica.

A compartimentação do relevo da RMF é representada, basicamente, por quatro domínios geomorfológicos: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos, Depressão Sertaneja e Maciços Residuais, cujos limites são estabelecidos com base na homogeneidade das formas de relevo, posicionamento altimétrico, estrutura geológica, atividade tectônica, bem como nas características de solo e vegetação. Em algumas feições os processos morfogenéticos estão sendo profundamente modificados pela ação antrópica, como nos campos de dunas, por exemplo, em que a transformação de dunas fixas em dunas móveis, pela retirada da cobertura vegetal.

As condições climáticas influenciam nos processos naturais tais como relevo, solo, vegetação, recursos hídricos e, principalmente, a vida humana. O Ceará esta inserido em região do semi-árido nordestino, submetido as condições anômalas com períodos prolongados de seca, em que as atividades socioeconômicas são profundamente modificadas, através da queda da produção, êxodo rural, crescimento da miséria etc.

Na RMF o clima é razoavelmente homogêneo, estando as pequenas variações diretamente ligadas ao regime pluviométrico. Com base nos índices de precipitação média anual, pode-se esboçar o seguinte zoneamento pluviométrico:

- Uma zona predominante com índice pluviométrico médio entre 1.200 a 1.400 mm
- Clima localizado (altitude elevadas) pluviometria média entre 1.400 a 1.600 mm.
- Clima mais seco na porção ocidental pluviometria média entre 900 a 1.200 mm

Na RMF, onde a demanda de água supera em muito a oferta, o abastecimento agrava-se durante os períodos de seca, quando a falta de precipitação provoca uma drástica diminuição na capacidade dos principais reservatórios superficiais existentes. Nesses períodos, a complementação da demanda é feita através da captação das águas subterrâneas localizadas principalmente nas unidades geológicas dunas e paleodunas e Formação Barreiras.

O conhecimento dos solos constitui uma das principais bases nos programas de planejamento territorial. Na RMF foram individualizadas dez classes de solos cartografadas.

Dentre as profundas modificações impostas ao meio ambiente pela atividade antrópica, destaca-se a remoção da cobertura vegetal, que vem ocorrendo de maneira acelerada nas últimas décadas. A vegetação é um recurso natural que fornece uma quantidade enorme de benefícios aos seres humanos e deve ser preservada o quanto possível.

As unidades territoriais foram delimitadas em função das combinações mútuas entre fatores do potencial geoecológico (condições geológicas, geomorfológica, climática e hidrológicas/ hidrogeológicas) e os fatores da exploração biológica, com ênfase para os solos e a vegetação.

Foram caracterizadas, no âmbito da RMF, as seguintes unidades geoambientais maiores (geossistemas).

1. Planície Litorânea: constitui-se de uma estreita faixa de terra que concentra elevados estoques de sedimentos de neoformação modelados por processos eólicos, marinhos, fluviais e misto.
2. Glacis Pré-Litorâneos: Ocupam parcelas expressivas dos municípios de Aquiraz, Eusébio, Fortaleza e Caucaia, além dos setores setentrionais dos municípios de Itaitinga, Pacatuba e Maracanaú.
3. Depressão Sertaneja: é a unidade de maior expressão territorial, compreendendo os sertões que dominam amplos trechos dos municípios de Caucaia, Guaiúba e Maracanaú, além das porções meridionais dos municípios de Maranguape, Itaitinga e Pacatuba.
4. Maciços Residuais Úmidos e Sub-Úmidos: Destacam-se as serras de Maranguape, Pacatuba/ Aratanha, Juá e Conceição, que apresentam clima úmidos e sub-úmidos.
5. Planícies Fluviais: distribuem-se dispersamente nos terrenos da depressão sertaneja e dos glacis pré-litorâneos.

Com base nas características físicas/biológicas e na configuração geo-ambiental da área, torna-se possível a compreensão da interação dos processos naturais com as atividades antrópicas. Os principais impactos, decorrentes do uso e ocupação do espaço territorial, identificados são: migração de dunas, erosão da linha de costa, degradação de áreas de acumulação inundáveis, movimentos de massas, enchentes, poluição dos recursos hídricos, disposição de resíduos sólidos e impactos da mineração.

Desenvolver dentro dos limites da capacidade de suporte do meio físico, deve ser a regra para se alcançar a sustentabilidade. Atualmente essa estratégia tem sido debatida e disseminada nos mais diversos "fóruns", o que significa uma grande conquista em relação às décadas passadas. Entretanto esse progresso tem sido lento em termos práticos, principalmente devido à idéia, ainda prevalecente, de que conservação e desenvolvimento são pólos opostos.

ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS ASSOCIADOS À RECARGA DO SISTEMA DUNAS/PALEODUNAS, FORTALEZA-CE

Sônia Maria Silva Vasconcelos
Marlúcia Freitas Santiago
Aldo da Cunha Rebouças

Fonte: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte (MG), 1999

O resultado da análise físico-química de águas de 32 poços, os autores classificaram hidroquimicamente as águas do sistema Dunas/Paleodunas como cloretadas sódicas a mista que pode estar relacionada com a água de recarga, no caso, influenciada pela proximidade do

oceano, e com os processos responsáveis por mudanças de concentrações de sais, tais como a evapotranspiração.

Na água coletada através de bombeamento, observa-se leve diferença entre as concentrações iônicas antes e após o período de precipitações no sentido de uma redução de concentração, excetuando-se o íon nitrato que varia para valores mais altos. Este comportamento não se verifica na água do poço surgente, onde as concentrações iônicas se mantêm aproximadamente constantes.

Na água coletada por bombeamento, observam-se picos de concentração dos íons de cloro e sódio que podem estar associadas a um maior conteúdo em sais carreados nas primeiras precipitações. A defasagem dos outros íons reflete processos mais lentos de aumento de magnésio, sulfato e nitrato, que especialmente no caso dos nitratos, está associado à poluição ocasionada por fontes como fossas sépticas e depósitos de lixo.

Constata-se que as águas coletadas no poço por bombeamento apresentam conteúdos de sólidos totais variando de 340 mg/L para 190 mg/L, que é o valor para a água coletada no poço surgente. Este fato parece indicar que, no período seco, há um processo de precipitação de sais que gera uma variação gradacional crescente do teor salino, do topo para a base do sistema aqüífero. Esta variação gradacional desaparece quando a água de recarga é adicionada ao sistema.

Estes dados mostram que o sistema aqüífero não está comprometido hidroquimicamente, embora apresente alguns valores de NO_3^- acima do aconselhável, mesmo sendo vulnerável pela rápida resposta a realimentação durante o período chuvoso. O processo natural de recarga do sistema aqüífero provoca uma diluição dos sais concentrados em profundidade reduzindo a diferença de STD entre os dois poços analisados.

A vulnerabilidade do aqüífero pode ser observada através das flutuações nas concentrações de NO_3^- no poço surgente e no poço bombeado, acompanhadas de flutuações na concentração de oxigênio consumido.

MAPEAMENTO GEOTÉCNICO DA VERTENTE SUDESTE DA SERRA DE MARANGUAPE (CE)

Helano Régis da Nóbrega Fonteles

Fonte: Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. 1999. 111p.

Este trabalho possui real importância quanto às informações geológicas acrescidas no mapeamento geológico, na sedimentologia e na geologia estrutural da área envolvendo a Serra de Maranguape, particularmente por detalhar mais a geologia regional encontrada somente no âmbito do Projeto Fortaleza.

A Serra de Maranguape situa-se a 26 km ao sudoeste da cidade de Fortaleza. A área de trabalho possui 92 km², contemplando a vertente sudoeste da referida serra. O regime de ventos no Ceará é caracterizado por um sentido SE-NW, no qual capacita a porção sudeste da Serra de Maranguape, a apresentar um microclima tropical úmido. Geologicamente, a serra é constituída por granitóides diversos, tais como monzogranitos, granodioritos, etc., sendo que alguns destes tipos encerram xenólitos alongados de composição quartzo-diorítica. O pediplano circundante é constituído por sedimentos inconsolidados a semi-consolidados arenosos, onde ocorrem, com freqüência, blocos decimétricos a métricos de granitóides associados a escorregamentos recentes e antigos. Geomorfologicamente, a serra constitui um maciço residual que foi modelado nas diversas fases erosivas.

A análise de campo e dos documentos cartográficos permitiu delimitar algumas áreas ao longo da vertente que apresentam predisponência a novos movimentos coletivos de solos e rochas, como aquele acontecido em 1974 (IPT, 1975). Os elementos diagnósticos de campo observados foram: fendas de tração em rochas, zona de queda blocos na meio-encosta e tronco encurvados, denunciando movimentos lentos do tipo rastejo.

A estratigrafia pré-cambriana é constituída por rochas graníticas agrupadas em três tipos litológicos, a saber: sienogranitos/monzogranitos, monzogranitos e granodioritos. O Terciário é representado por rochas alcalinas que ocorrem como diques, petrograficamente classificados como fonólitos e são observados como um alinhamento de blocos soltos, segundo a direção NE-SW. Os trabalhos de campo mostraram que os elementos estruturais presentes na área são característicos de eventos deformacionais dúcteis/rúpteis. As fraturas exercem forte controle no entalhe da rede de drenagem nas encostas da serra. O autor produziu um mapa de materiais inconsolidados que compreende as coberturas residuais, depósitos elúvio-coluviais, depósitos coluviais e sedimentos aluviais. As coberturas residuais são representadas pelos perfis de alteração *in situ* desenvolvidos sobre o substrato rochoso granítico. Os perfis desenvolvidos nas encostas atingem no máximo 2,5 m, enquanto que na Depressão Sertaneja, os perfis chegam a 4,0 m. Os depósitos elúvio-coluviais são constituídos por sedimentos semi-consolidados a inconsolidados de coloração laranja avermelhada, com textura silte-arenosa com horizonte eluvial enriquecido em óxido de ferro. Depósitos coluviais são representados basicamente pelas áreas de acumulação de blocos e matacões rochosos e estão posicionados geralmente nas meio-encostas. Os sedimentos aluviais constituem a carga sedimentar das drenagens ativas, são essencialmente arenosas, com espessura variando entre 1 e 2 m.

IMPACTOS DA OCUPAÇÃO URBANA SOBRE AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA FAIXA COSTEIRA DE CAUCAIA-CEARÁ

Robério Bôto de Aguiar

Fonte: Dissertação de Mestrado, DEGEO/UFC, 1999.

O trabalho se propõe a identificar o efeito da ocupação urbana sobre as águas subterrâneas, através da caracterização hidroquímica, isotópica e bacteriológica das águas. O resultado das medidas de pH revelaram que as águas são predominantemente ácidas.

Hidroquimicamente há predominância das águas do tipo bicarbonatada mista a cálcica e cloretada sódica nas duas coletas e que não existe água sulfatada. Os resultados mostram que, nas duas coletas, os cloretos estão bem relacionados com a condutividade elétrica e com as concentrações de Na^{+} e Mg^{++}, assim como, os bicarbonatos que só estão bem relacionados com as concentrações de Ca^{++}. Observou-se que nem todas as águas do conjunto de poços amostrados possuem as mesmas características, ou seja, não pertencem a um único sistema aqüífero.

Nas águas cloretadas, depois do período chuvoso(junho/99), os valores da razão rMg^{++}/rCa^{++} tendem a valores mais baixos, principalmente no intervalo de 0,25 a 1,75. É um comportamento semelhante ao observado na razão rCl^{-}/rNa^{+}. Estes resultados mostram que as águas de recarga não são do tipo das águas armazenadas, mas que há processos internos no sistema aqüífero que modificam a composição química das águas, como é esperado. São processos que aumentam o sódio em relação aos cloretos e aumentam o cálcio em relação ao magnésio. As razões rCl^{-}/rNa^{+}, da ordem encontradas na água do mar indicam os aerossóis marinhos como uma das fontes de Cl^{-} e Na^{+}.

Nas águas bicarbonatadas a dissolução de calcita é o principal processo de produção dos íons de Ca^{++} e HCO_3^{-}. Com base nos isótopos estáveis versus os valores de condutividade elétrica (CE) três grupos distintos de água: as águas evaporadas seriam representadas pelos valores de $\delta^{18}O$ (-2,41‰ a – 1,71‰) e condutividade elétrica variando de 170 µS/cm a 939 µS/cm; águas com característica isotópica de pouca evaporação representadas por valores médios de $\delta^{18}O$ das chuvas regionais (-3‰) e CE variando de 365 µS/cm 4.400 µS/cm; e a águas que não sofreram evaporação e que tiveram uma rápida infiltração, com valores menores de $\delta^{18}O$, (-3,62‰ a – 3,38‰) e CE variando de 173 µS/cm a 794 µS/cm. As análise bacteriológica mostraram que, 52 amostras apresentaram contaminações por microorganismos, sendo 21 amostras por bactérias do tipo Escherichia coli, 21 por Klebsiella e 10 pelo Pseudomonas.

HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO SISTEMA DUNAS/BARREIRAS NO MUNICÍPIO DE CAUCAIA-CEARÁ

Robério Bôto de Aguiar
Maria Marlúcia Freitas Santiago

Fonte: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte/MG, 1999.

O objetivo do trabalho é qualificar as águas subterrâneas caracterizando-as quimicamente e identificando a origem dos íons predominantes. A condutividade elétrica, que mede os sais dissolvidos na água, apresenta larga faixa de variação. Observa-se que das 32 amostras, 7 tem baixa salinidade (CE ≤ 250 µS/cm), 18 têm salinidade média (750 µS/cm ≤ CE ≤ 250 µS/cm) e 7 têm salinidade muito alta (750 µS/cm ≤ CE ≤ 2250 µS/cm).

Há uma predominância de águas bicarbonatadas cálcicas a mistas e cloretadas sódicas, bem como a ausência de águas sulfatadas. A presença de água bicarbonatada está associada à processos naturais como: dissolução de dióxido de carbono na água e dissolução de carbonato por efeito do ácido carbônico.

As águas amostradas são quimicamente apropriadas para consumo humano, com exceção de 3 dos 32 poços que têm elevados valores de nitrato; são águas do tipo bicarbonatadas cálcicas e cloretadas sódicas. Os íons são provenientes de processos naturais: Ca^{++} e HCO_3^-, tem origem principalmente da dissolução de calcários e Na^+ e Cl^- provêm da deposição de aerossóis e da dissolução de NaCl.; A contribuição de outros processos é observada nas águas de mais elevadas condutividades elétricas que não estão armazenadas somente nas dunas; o sistema estudado não mostrou interferência de processos antrópicos na composição química das águas.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO AMARANTE

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de São Gonçalo do Amarante situa-se na porção norte do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Trairi, Paraipaba, Caucaia, Paracuru, São Luís do Curu e Pentecoste e é banhado pelo oceano Atlântico. O município apresenta quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas. A população, em 1993, era de 30.211 habitantes, com maior concentração na zona rural.

O substrato geológico é composto por gnaisses e migmatitos do Pré-cambriano e por sedimentos arenosos inconsolidados, aluviais, do Quaternário.

O município de São Gonçalo do Amarante está totalmente inserido na bacia hidrográfica Metropolitana e apresenta como principais drenagens o rio São Gonçalo e os riachos Pau d'Óleo, Madeira e São Pedro.

No município de São Gonçalo do Amarante pode-se distinguir três domínio hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares.

O levantamento realizado no município de São Gonçalo do Amarante registrou a presença de 147 poços, dos quais 27 são públicos e 120 são particulares.

Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que existem 96 em rochas cristalinas e 51 poços no domínio sedimentar (Formação Barreiras).

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por baixas vazões e péssima qualidade de água. É neste contexto que se encontra a maioria dos poços tubulares (96 dos 147 poços) cadastrados no município.

Depósitos aluvionares também estão presentes na região. Apesar disso, parecem pouco explorados.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 33%, considerando poços públicos e privados, ou 66% considerando apenas os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços no domínio sedimentar apresenta águas com teores de sais dissolvidos médios a baixos (águas do tipo salobra e doce), enquanto no domínio das rochas cristalinas a maioria das amostras e de águas salobras e salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário (lavar, banho etc.).

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE PACATUBA

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Pacatuba situa-se na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Fortaleza, Maracanaú, Guaiúba, Itaitinga e Maranguape. O município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas. A população, em 1993, era de 46.025 habitantes, com maior concentração na zona rural.

Pacatuba está inserida sobre rochas graníticas do Pré-Cambriano e sedimentos areno-argilosos, com níveis conglomeráticos, de idade tércio-quaternária, pertencentes à Formação Barreiras. Ocorrem ainda coberturas aluvionares, quaternárias, formadas por areias, siltes, argilas e cascalhos, que se distribuem ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município.

Pacatuba contribui para a bacia hidrográfica Metropolitana. Como principal drenagem superficial pode-se mencionar o rio Cocó.

No município de Pacatuba pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, sedimentos tércio-quaternários da Formação Barreiras e depósitos aluvionares.

O levantamento realizado no município de Pacatuba registrou a presença de 41 poços, todos do tipo tubular profundo, sendo 13 públicos e 28 privados.

Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que todos encontram-se em rochas cristalinas.

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por baixas vazões e péssima qualidade de água. É neste contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (41 poços) cadastrados no município.

Depósitos aluvionares também estão presentes na região. Apesar disso, não há poços do tipo amazonas ou tubulares captando água desse domínio.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 94%, considerando poços públicos e privados, ou 39% considerando apenas os públicos.

Em termos de qualidade, as amostras analisadas mostraram que a quase totalidade dos poços tubulares amostrados apresenta águas com teores de sais dissolvidos elevados, sendo que 37% dos poços tubulares amostrados possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARANGUAPE

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Maranguape situa-se na região metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do Ceará, limitando-se com os municípios de Caridade, Maracanaú, Caucaia, Guaiúba, Pacatuba, Pentecoste, e Palmácia. O município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido. A população, em 1993, era de 17.297 habitantes, com maior concentração na zona urbana.

O município de Maranguape apresenta um quadro geológico onde predominam rochas do embasamento cristalino pré-cambriano, representadas por gnaisses e migmatitos diversos, quartzitos, xistos e metacalcários, além de rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica. Ocorrem também rochas vulcânicas alcalinas, de idade terciária. Coberturas aluvionares, quaternárias, formadas por areias, siltes, argilas e cascalhos, distribuem-se ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município.

O município de Maranguape insere-se na bacia hidrográfica Metropolitana. Como principais drenagens superficiais os rios Maranguape, Baú e Água Verde, além dos riachos Amanari e da Cruz.

No município de Maranguape pode-se distinguir dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas e depósitos aluvionares.

O levantamento realizado no município de Maranguape registrou a presença de 201 poços, todos do tipo tubular profundo, sendo 36 públicos e 165 privados.

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por baixas vazões e péssima qualidade de água. É neste contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (201 poços) cadastrados no município.

Depósitos aluvionares também estão presentes na região. Apesar disso, nenhum poço do tipo amazonas ou tubular capta água desse domínio.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 4%, considerando somente os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços analisados apresenta águas com teores de sais dissolvidos inferiores a 1.500 mg/L (águas doces e salobras), sendo que somente 17% dos poços tubulares analisados possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ITAITINGA

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Itaitinga situa-se na região metropolitana de Fortaleza, limitando-se com os municípios de Fortaleza, Aquiraz, Eusébio, Horizonte, Guaiúba e Pacatuba.

Itaitinga é um município jovem com os mesmos agravos nas áreas social e econômica da grande maioria dos municípios nordestinos, refletidos nos baixos indicadores de qualidade de vida. Sua população, em 1996, era de era de 25.886 habitantes com maior concentração na zona rural.

O município insere-se no domínio das rochas metamórficas ou cristalinas pré-cambrianas, que tem como constituintes principais granitóides diversos e gnaisses de composição ácida, intercalados por quartzitos e metacalcários.

Os principais cursos d'água do 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, que juntos armazenam até 457 milhões de m^3 de água.

No município de Itaitinga pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos: rochas cristalinas, formações sedimentares e depósitos aluvionares. As coberturas sedimentares compreendem manchas isoladas de sedimentos detríticos que, em função das espessuras bastante reduzidas, têm pouca expressão como mananciais para captação de água subterrânea. Os depósitos aluvionares correspondem aos sedimentos areno-argilosos recentes.

O levantamento realizado no município de Itaitinga registrou a presença de 63 poços, dos quais 62 do tipo tubular profundo (37 públicos e 25 privados) e somente um poço do tipo amazonas, público.

O domínio hidrogeológico predominante é o das rochas cristalinas, com baixo potencial hídrico, caracterizado por baixas vazões e péssima qualidade de água. É neste contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (62 poços) cadastrados no município. Depósitos aluvionares também estão presentes na região. Apesar disso, somente um poço do tipo amazonas capta água desse domínio.

Caso fossem recuperados os poços tubulares paralisados, públicos e privados, passíveis de entrar em funcionamento, haveria um incremento na oferta de água do município de cerca de 61%.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a grande maioria dos poços tubulares (85%) apresenta águas com teores de sais dissolvidos elevados, classificadas como salobras ou salinas. 30% dos poços amostrados possuem águas salgadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário. O único poço amazonas cadastrado apresentou águas com baixos teores de sais (água doce).

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE EUSÉBIO

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Eusébio situa-se na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Fortaleza, Aquiraz e Itaitinga. O município apresenta quadro socioeconômico favorável, com relação ao desenvolvimento industrial e turismo, por encontrar-se dentro da Região Metropolitana de Fortaleza. A população, em 1993, era de 22.447 habitantes, com maior concentração na zona rural

Sob o ponto de vista geológico, seu substrato é constituído por sedimentos areno-argilosos com níveis conglomeráticos do Terciário/Quaternário e pelos sedimentos arenosos das dunas e paleodunas do Quaternário.

O município de Eusébio está totalmente inserido na bacia hidrográfica Metropolitana e tem como drenagem principal o rio Coaçu.

No município de Eusébio pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares.

Para o município de Eusébio foram considerados para efeito de cálculos, os domínios das rochas cristalinas e sedimentares que abrangem, respectivamente, 27% e 73% das captações de água subterrânea existentes. Considerando a diretriz proposta, foi adotada, para o domínio das rochas cristalinas uma vazão média de 1,7 m^3/h, resultado de uma análise estatística de mais de 3.000 poços no cristalino do estado do Ceará (Möbus *et alli,* 1998). Para o domínio das rochas sedimentares (Formação Barreiras), considerou-se uma vazão média de 3,9 m^3/h, resultado de uma análise estatística das informações de vazão de 203 poços, obtidas no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH-CE, 1992).

Em termos de domínio hidrogeológico predominam os sedimentos da Formação Barreiras, onde encontra-se a maioria dos poços tubulares (272 dos 374 poços) e dos poços amazonas (3 dos 4 poços) cadastrados no município.
Depósitos aluvionares também estão presentes na região, mas parecem ser pouco explorados.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 16%, considerando poços públicos e privados, ou 13%, considerando, apenas, os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços no domínio sedimentar apresenta águas com teores de sais dissolvidos baixos (cerca de 95% das amostras são de águas do tipo doce), enquanto no domínio das rochas cristalinas predominam as águas do tipo doce (48% das amostras) e salobras (também 48% das amostras).

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAUCAIA

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Caucaia situa-se na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Fortaleza, S. Gonçalo do Amarante, Maracanaú, Maranguape, Pentecoste, além do oceano Atlântico.

Apresenta quadro socioeconômico estável, com destaques para o setor industrial e turismo. A população, em 1993, era de 182.865 habitantes, com maior concentração na zona urbana.

O município situa-se na região hidrográfica Metropolitana, e seus rios de maior porte são o Ceará e o Cauhipe.

Geologicamente, os terrenos locais são representados por gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano, sedimentos areno-argilosos com níveis conglomeráticos e vulcânicas alcalinas do Terciário/Quaternário, e por sedimentos arenosos inconsolidados das dunas e aluviões, do Quaternário.

No município de Caucaia pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, coberturas sedimentares e depósitos aluvionares.

As rochas cristalinas predominam totalmente na área e representam o que é denominado comumente de “aqüífero fissural”. O domínio representado pelos sedimentos da Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas.

O levantamento realizado no município de Caucaia registrou a presença de 643 poços tubulares, dos quais 138 são públicos e 505 são particulares.

Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que existem 594 poços em rochas cristalinas e 49 poços no domínio dos sedimentos do Grupo Barreiras.

Avaliar as potencialidades dos depósitos aluvionares que, aparentemente, são pouco explotados e poderiam constituir uma alternativa para abastecimento de diversas localidades.

Os poços desativados e não instalados deveriam entrar em programas de recuperação e instalação de poços, para aumentar a oferta de água da região.

MUNICÍPIO DE AQUIRAZ

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Aquiraz situa-se na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Eusébio, Itaitinga, Horizonte, Pindoretama e com o oceano Atlântico. Apresenta um quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas. A população, em 1993, era de 49.242 habitantes, com maior concentração na zona rural.

O embasamento gnáissico-migmatítico, pré-cambriano, ocorre em áreas restritas do município.

O quadro geológico é dominado por sedimentos areno-argilosos, com níveis conglomeráticos, de idade tércio-quaternária, pertencentes à Formação Barreiras, além de depósitos eólicos formados por areias de paleodunas e dunas recentes do Quaternário. Ocorrem ainda coberturas aluvionares, quaternárias, formadas por areias, siltes, argilas e cascalhos, que se distribuem ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município (a exemplo da planície aluvionar do rio Pacoti).

O município de Aquiraz está totalmente inserido na bacia Metropolitana e apresenta como drenagens principais o rio Pacoti e os riachos Caponga Funda e Catu. Segundo a CAGECE, 16% da população urbana é abastecida com água através da lagoa Catu, pela adução de 55 m^3/h.

No município de Aquiraz pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, rochas sedimentares e depósitos aluvionares. As rochas cristalinas representam o que é denominado comumente de "aqüífero fissural"; O domínio representado pelos sedimentos da Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica, com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos variáveis de acordo com o contexto local.

Em termos de domínio hidrogeológico predominam os sedimentos da Formação Barreiras, onde encontra-se a maioria dos poços tubulares (325 dos 466 poços) e dos poços amazonas (6 dos 11 poços) cadastrados no município; Depósitos aluvionares também estão presentes na região onde 2 poços do tipo amazonas captam água desse domínio.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 11%, considerando poços públicos e privados, ou 13%, considerando apenas, os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços no domínio sedimentar apresenta águas com teores de sais dissolvidos baixos, ou seja, cerca de 88% das amostras são de água doce. No domínio das rochas cristalinas este percentual é de 43% sendo que cerca de 33% possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CHOROZINHO

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Chorozinho situa-se na microrregião homônima, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Acarape, Barreira, Ocara, Cascavel e Pacajus.

O município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido e castigado por fatores climáticos adversos onde a população, em 1993, era de 16.135 habitantes.

Chorozinho está inserido na bacia hidrográfica Metropolitana, tendo como principal drenagem superficial o rio Choró, merecendo destaque os riachos Cacavas, das Cabras e Areré (cabeceiras).

No município pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, sedimentos da Formação Barreiras e depósitos aluvionares. As rochas cristalinas apresentam um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por baixas vazões e péssima qualidade de água. É nesse contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (38) cadastrados no município; Nos depósitos aluvionares não foram cadastrados poços.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 12%, considerando tanto poços públicos como privados.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços apresenta águas com teores de sais dissolvidos elevado, sendo que 66% dos poços tubulares possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE HORIZONTE

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Horizonte situa-se na porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Pindoretama, Pacatuba, Guaiúba, Cascavel, Itaitinga e Pacajus.

Horizonte apresenta quadro socioeconômico com boas perspectivas de bem-estar para seus habitantes, oferecido pelo seu parque industrial têxtil em expansão. A população, em 1993, era de 20.329 pessoas, com grande concentração à margem da BR-116.

O município de Horizonte compõe a bacia hidrográfica Metropolitana. Como principais drenagens superficiais tem-se o rio Malcozinhado e o riacho Ereré, este último na divisa com o município de Pacajus.

No município de Horizonte pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, formações sedimentares e depósitos aluvionares. As rochas cristalinas representam o que é denominado comumente de "aqüífero fissural". As rochas sedimentares estão representadas por sedimentos tercio-quaternários do Grupo Barreiras e coberturas recentes.

Apresentam grande distribuição areal, cobrindo quase que totalmente o município, mas têm reduzida espessura e conseqüentemente, importância como aqüífero.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas.

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por reduzidas vazões e baixa qualidade de água. É neste contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (201 poços) cadastrados no município.

Depósitos aluvionares também estão presentes na região, mas nenhum poço do tipo amazonas ou tubular capta água desse domínio.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento significativo na oferta de água do município de cerca de 19%, considerando somente os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços analisados apresentam águas com teores de sais dissolvidos inferiores a 1.500 mg/L (águas doces e salobras), sendo que somente 17% dos poços tubulares analisados possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Maracanaú situa-se na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maranguape e Pacatuba, apresentando um quadro socioeconômico satisfatório. A população, em 1993, era de 203.533 pessoas, com maior concentração na zona urbana.

No município ocorrem sedimentos detríticos areno-argilosos com níveis conglomeráticos do Terciário/Quaternário, cobrindo rochas graníticas do Pré-Cambriano, aflorantes mais a sul.

O município de Maracanaú contribui para a bacia hidrográfica Metropolitana. Como principais drenagens superficiais tem-se o rio Maranguape e os riachos que alimentam o rio Cocó, dentre eles o riacho Lameirão.

No município de Maracanaú pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, formações sedimentares e depósitos aluvionares.

O levantamento realizado no município de Maracanaú registrou a presença de 120 poços, todos do tipo tubular profundo, sendo 27 públicos e 93 privados.

Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que todos os poços tubulares ocorrem em rochas cristalinas.

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por baixas vazões e restrições do ponto de vista de qualidade de água. É neste contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (120 poços) cadastrados no município.

Depósitos aluvionares também estão presentes na região, ainda assim, nenhum poço do tipo amazonas ou tubular capta água desse domínio.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 107%, considerando somente os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a maioria dos poços analisados apresenta águas com teores de sais dissolvidos elevados, superiores a 500 mg/L e 19% dos poços possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE GUAIÚBA

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Guaiúba situa-se na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do estado do Ceará, limitando-se com os municípios Pacatuba, Maranguape, Redenção, Palmácia, Itaitinga, Acarape, Horizonte e Pacajus. O município apresenta um quadro socioeconômico empobrecido, castigado por fatores climáticos adversos.

Geologicamente, há um predomínio de rochas do embasamento cristalino de idade Pré-Cambriana, representadas por gnaisses, granitos e migmatitos. Sobre esse substrato, repousam coberturas aluvionares, de idade Quaternária, encontradas ao longo dos principais cursos d'água que drenam o município.

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico, caracterizado por baixas vazões e péssima qualidade de água. É nesse contexto que se encontra a totalidade dos poços tubulares (16 poços) cadastrados nos município.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semi-áridas com predomínio de rochas cristalinas, mas não foram cadastrados poços do tipo amazonas ou tubulares captando água desse domínio.

Levando em conta os poços tubulares paralisados passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de cerca de 300% considerando poços públicos e privados, ou 267%, considerando apenas, os poços públicos.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras analisadas mostraram que a totalidade dos poços tubulares amostrados apresenta águas com teores de sais dissolvidos elevados, sendo que 57% dos poços tubulares amostrados possuem águas salinizadas, somente recomendadas para o consumo animal e uso humano secundário.

CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE PACAJUS

CPRM/REFO

Fonte: CD ROM Atlas dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará - CPRM, 1999

O município de Pacajus situa-se na porção nordeste do Ceará, limitando-se com os municípios de Chorozinho, Horizonte, Guaiúba, Acarape e Cascavel.
Pacajus apresenta quadro socioeconômico empobrecido, castigado pela irregularidade das chuvas onde a população em 1993 era de 33.372 habitantes, com maior concentração na zona rural.

O município de Pacajus situa-se na região hidrográfica Metropolitana, e o rio Choró e o riacho Areré são suas principais drenagens. O substrato litológico local é formado por gnaisses e migmatitos do Pré-Cambriano e sedimentos areno-argilosos, com níveis conglomeráticos, do Terciário/Quaternário.

No município pode-se distinguir três domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, formações sedimentares e depósitos aluvionares.

O levantamento realizado no município registrou a presença de 147 poços, dos quais 145 do tipo tubular profundo (86 públicos e 59 privados) e 2 do tipo amazonas (público).

Em termos de domínio hidrogeológico predomina o das rochas cristalinas, que apresenta um baixo potencial hidrogeológico com baixas vazões e sofrível qualidade de água. É nesse contexto que se encontra a quase totalidade dos poços tubulares e amazonas cadastrados.

Nos depósitos aluvionares foram cadastrados apenas 2 poços tubulares.

Considerando-se os poços tubulares passíveis de entrar em funcionamento, pode haver um aumento na oferta de água do município de 28%, considerando poços públicos e privados.

Em termos de qualidade das águas subterrâneas, as amostras revelaram que a maioria dos poços possuem águas com teores de sais dissolvidos inferiores a 1.500 mg/L, onde 24% dos poços possuem água salinizadas, somente recomendada para consumo animal e uso humano secundário.

MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO ESTUARINA DO RIO PACOTI – AQUIRAZ, CE.

FONTE: Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará., 124p.

O trabalho tem um enfoque muito bom com relação a geomorfologia e sedimentologia, contribuindo para o conhecimento maior das formações sedimentares da RMF.

O trabalho é um estudo geológico-geomorfológico do estuário do rio Pacoti, na região Metropolitana de Fortaleza–CE, totalizando uma área de 100 km², realizado na escala de 1:20.000. Como objetivo, essa pesquisa visou a determinação das características dos sedimentos cenozóicos da região, através de análises de campo e laboratório. A área é constituída por rochas vulcânicas alcalinas, sedimentos consolidados a inconsolidados terciários e quaternários. O vulcanismo alcalino é muito pouco representado na área aparecendo apenas um exemplo localizado na foz do rio Pacoti, sendo classificado como fonolito de acordo com o diagrama de Strekeisen. O Terciário é representado por sedimentos inconsolidados a semiconsolidados da Formação Barreiras, aparecendo como falésias, cortes e na superfície de tabuleiros. O Quaternário compõe-se de sedimentos inconsolidados que formam a planície costeira como terraços marinhos, dunas, mangues e praias e por arenitos consolidados situados na embocadura

do rio Pacoti, denominados rochas de praia. O relevo da área apresentam formas que estão divididas em quatro unidades distintas: Fonólito do Caruru, Superfície de Tabuleiros, Planície Arenosa Litorânea e Planície Aluvial.

Os sedimentos da Formação Barreiras, em sua grande maioria, compõem as superfícies de tabuleiros, cobertas por areias recentes de origem eólica e por sedimentos de planície de inundação. Litologicamente é representada por arenitos argilosos de coloração avermelhada a creme-amarelada com matriz argilosa e cimento argiloso e argilo-ferruginoso. Localmente podem aparecer níveis conglomeráticos bastante oxidados com seixos de quartzo sub-angulosos. Os terraços holocênicos estão separados da praia por uma linha de microfalésias e são constituídos por grãos de quartzo, minerais pesados, como ilmenita, hornblenda, turmalina e epidoto, entre outros, além de concentração de conchas. As rochas de praia constituem uma linha de arenitos cimentados por um material carbonático, dispostos paralelamente a costa, apresentando-se muitas vezes fraturados ou diaclasados, sulcados e geralmente corroídos em sua superfície e são formados por arenitos de coloração cinza a levemente amarelado, de granulometria média a grossa, com níveis conglomeráticos e cimento carbonático. As dunas existentes estão dispostas discordantemente sobre a Formação Barreiras e os terraços holocênicos.

TEXTO EXPLICATIVO
MAPA GEOLÓGICO DA RMF

BRANDÃO, R.L.

Fonte: CPRM/REFO

Este documento refere-se, exclusivamente, ao tema Geologia e procura mostrar, sumariamente, o grau de conhecimento adquirido até o momento sobre a área.

A região estudada insere-se, em sua maior parte, no contexto geológico/geotectônico da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana de Brito Neves (1975). Na porção central da área verifica-se o domínio de massas granitóides-migmatíticas, designadas de Complexo Granitóide-Migmatítico, posicionadas no Proterozóico Inferior As áreas gnáissicas circundantes, correspondem aos terrenos parametamórficos, ocupando a maior área no âmbito da RMF, sendo adotada a designação de Complexo Gnáissico-Migmatito, posicionadas, também no Proterozóico Inferior.

As vulcânicas de natureza alcalina, em jazimentos sob as formas de necks e diques, constituem uma província petrográfica geneticamente relacionada com os vulcanitos do arquipélago de Fernando de Noronha, cujas idades são atribuídas ao Terciário (em torno de 30 m.a.).

Encimando o arcabouço estratigráfico da área, foram individualizadas as coberturas sedimentares cenozóicas, representadas pela Formação Barreiras, Coberturas Colúvio-Eluviais, Paleodunas, Dunas Móveis e Depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangues.

A Formação Barreiras distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais As coberturas Colúvio-Eluviais,

distribuem-se de forma irregular na área constituindo manchas ou "ilhas" que se assentam diretamente sobre os litotipos pré-cambrianos.

As Paleodunas 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. As Dunas Recentes ou Móveis, são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praias pela deflação eólica e distribuem-se como um cordão contínuo.

Um depósito contínuo, alongado por toda extensão da costa desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis, constitui a unidade denominada de Praias Recentes, que por uma questão de escala, não se encontra representada no Mapa Geológico, estando inserida na faixa correspondente às Dunas Recentes.

Os Depósitos Fluvio-Aluvionares e de Mangues, são representados, essencialmente, pelos depósitos de areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes.

O arranjo geométrico visualizado no mapa mostra os principais traços estruturais dispostos, preferencialmente, segundo o trend NE-SW e, subordinadamente, a NW-SE, WSW e NNE.

O comportamento dúctil é impresso com mais evidência nos litocomponentes do Complexo Gnáissico-Migmatítico, que possuem feições plano-lineares resultantes do seu envolvimento em um regime deformacional cisalhante dúctil, de caráter não coaxial ou rotacional.

A tectônica ruptural parece ser mais expressiva nos domínios do Complexo Granitóide-Migmatítico em que diferenças reológicas ou de competência entre esta unidade e o conjunto gnáissico-migmatítico, resultaram em graus de deformação distintos.

As dunas e paleo-dunas constituem as unidades geológicas de maior potencialidade aqüífera da RMF.

Estudos hidrogeológicos desenvolvidos por Bianchi *et al.* (1984) estimaram, para os campos de dunas identificados na RMF, uma reserva explorável da ordem de 55,0 x 10^6 m^3/ano. As vazões dos poços perfurados situam-se na faixa de 5 a 10 m^3/h. Devido à elevada permeabilidade das areias (K = 1,8 x 10^{-4} m/s) e à pequena profundidade do nível freático, as dunas são altamente susceptíveis à poluição de seus mananciais hídricos.

A Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica, com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos diferenciados, de acordo com o contexto local. O armazenamento d'água localiza-se nos seus níveis arenosos. Bianchi *et al.* (*op. cit.*), considerando uma área de distribuição de 681,6 km^2, uma espessura saturada média de 15 m e uma porosidade efetiva de 10%, calcularam uma reserva total de 1.022,4 x 10^6 m^3, da qual, um terço pode ser considerada reserva explorável.

Apesar de ainda mal dimensionados hidrogeologicamente, as aluviões representam fontes importantes de abastecimento, especialmente através de poços para uso doméstico. De um modo

geral, admite-se que em função da capacidade específica, os depósitos aluvionares constituem formações de bom potencial hidrogeológico.

No domínio dos terrenos cristalinos a porosidade primária de suas rochas é quase nula, conferindo-lhes uma permeabilidade extremamente baixa. A infiltração de água ocorre, essencialmente, nas zonas fraturadas, com circulação restrita às fraturas abertas.

O trabalho atingiu o objetivo proposto, entretanto poderia ter sido conclusivo em relação à dificuldade de distinção observada em alguns pontos, entre os sedimentos da Formação Barreiras e a capa de intemperismo (sotoposta) bem como com os sedimentos eólicos edafizados (sobreposto), já citados em trabalhos anteriores, merecendo atenção em futuros estudos de natureza sedimentológicos a fim de determinar suas relações.

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR E HIDROGEOLÓGICA DA FAIXA COSTEIRA LESTE DA RMF

Itabaraci Nazareno CAVALCANTE, I.N. & RIBEIRO, J.A. P.

Fonte: I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. 2000 Fortaleza/CE.

Na faixa costeira leste da Região Metropolitana de Fortaleza ocorrem depósitos cenozóicos, representados pelos sedimentos terciários da Formação Barreiras e depósitos quaternários formados pelas dunas e paleodunas, além de sedimentos de praia e de mangue. Essas unidades, do ponto de vista hidrogeológico formam dois sistemas hidráulicos, denominados de sistema aqüífero Barreiras e sistema aqüífero Dunas/Paleodunas.

Esses aqüíferos apesar de apresentarem semelhanças do ponto de vista físico-químico, não apresentam semelhantes condições de armazenamento de água subterrânea, marcando diferentes processos de deposição dos sedimentos na faixa considerada.

Neste trabalho estão analisados os domínios hidrogeológicos aflorantes, definidos e caracterizados com base nos aspectos climáticos, litológicos e hidrodinâmicos. Alguns dados foram extraídos tanto de trabalhos já concluídos como antecipados de trabalhos que se encontram em fase de conclusão.

GRANULITOS DE CHOROZINHO (NE DO CEARÁ): LEVANTAMENTO GEOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA COMO ROCHAS ORNAMENTAIS.

Ana Paula Lima Costa

Fonte: Relatório de Graduação. Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. 2000, Mapa. 64p.

O trabalho tem significância com relação à caracterização tecnológica dos granulitos como rochas ornamentais e na caracterização geológica das rochas do embasamento cristalino.

Este trabalho foi realizado na região nordeste do Estado do Ceará, localizado no município de Chorozinho, em escala de 1:50.000. De modo geral a geologia é representada por uma seqüência de rochas metamórficas de alto grau formadas por silimanita-granada gnaisses, granada gnaisses, enderbitos e gonditos. O conjunto apresenta foliação principal segundo NE-SW com mergulhos entre 50º e 60º para SE, e por vezes, essa mesma foliação está disposta de forma plano axial a dobras isoclinais em escalas diversas (centimétricas a dezenas de metros). Quanto ao seu grau metamórfico, foram alcançadas temperaturas de pelo menos 770ºC a 800ºC e pressões entre 6 e 7 Kbares. Dentre os vários tipos rochosos, duas amostras de granada gnaisses e uma de enderbito foram escolhidas para estudos direcionados ao aproveitamento como rochas ornamentais. Os granada gnaisses possuem associação mineral constituída por plagioclásio – feldspato potássico – quartzo – biotita – granada ± sillimanita, e mostram estrutura bandada. As granadas são pré-cinemáticas, sendo envoltas pela foliação formada por biotitas (± sillimanita), que se alternam com bandas quartzo-feldspáticas. Os enderbitos exibem textura granoblástica inequigranular, e registram associação com clinopiroxênio – ortopiroxênio – plagioclásio – hornblenda – granada – quartzo. Simplectitos de plagioclásios/piroxênios e coroas de reação em torno de granadas envolvidas por plagioclásios e piroxênios, são feições freqüentemente encontradas nesses litotipos. Relativo a caracterização tecnológica, todos os ensaios empregados seguiram normas específicas da ABNT, e corresponderam a determinação de Índices Físicos (massa específica aparente; porosidade aparente; absorção de água), Desgaste por Atrito (Desgaste Amsler), Resistência a Compressão Uniaxial Simples e Resistência a Flexão. Os resultados obtidos estão dentro dos parâmetros reconhecidos nacionalmente pelo IPT (São Paulo). Os dois litotipos estudados apresentam aspectos qualitativos e estéticos favoráveis, com considerável potencial para utilização como rochas ornamentais.

Os litotipos que compõem os terrenos pré-cambrianos são representados por gnaisses, granulitos metassedimentares (granada-gnaisse) e ortoderivados (enderbitos), classificados em Unidade Gnaisses e Unidade Granulítica, baseado em dados estruturais e metamórficos. A unidade Granulítica representa cerca de 43% do total da área e corresponde às rochas metassedimentares e ortoderivadas. A unidade Granulítica, que ocupa 4% da área mapeada, constitui-se predominantemente de biotita-gnaisse.

Os sedimentos Cenozóicos, que totalizam 53% da área, compreendem aqueles constituintes da Formação Barreiras, Coberturas Colúvio-Eluviais, Depósitos Flúvio-Aluvionares e de mangue. A Formação Barreiras está representada na área por sedimentos arenoso finos de cor branca, sobrepondo-se ao embasamento cristalino de forma discordante. As Coberturas Colúvio-Eluviais são compostos por sedimentos grosseiros, inconsolidados, em sua maior parte por grãos de

quartzo imaturos, apresentando localmente horizonte laterítico. Repousam discordantemente sobre o embasamento. Os depósitos Flúvio-Aluvionares e de Mangues são representados por depósitos de areias finas, cascalhos, siltes e argilas e encontram-se em faixas alongadas e estreitas ao longo do Rio Choró e dos Riachos da Lagoa Seca e Aruá.

APLICAÇÃO DO MÉTODO GEOFÍSICO VLF (VERY LOW FREQUENCY) NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM DIVERSOS TIPOS LITOLÓGICOS FRATURADOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS METROPOLITANAS NO ESTADO DO CEARÁ

CORDEIRO, W.

Fonte: Dissertação de Mestrado. DEGEO/UFC. 2000

A aplicação desta metodologia como ferramenta auxiliar na locação de poços em rochas cristalinas tem aumentado a eficiência na locação de poços produtivos no Nordeste semi-árido, conseguindo bons resultados na locação de poços em rochas cristalinas, o que nos levou a demonstrar a aplicabilidade do método geofísico VLF, na prospecção de águas subterrâneas, em diferentes tipos litológicos fraturados no Estado do Ceará, mais especificamente na área das Bacias Metropolitanas e assim, estabelecer o seu grau de eficiência na locação de poços em rochas fraturadas.

A comparação dos resultados dos poços locados com a técnica VLF com os do banco de dados, locados em condições geológicas semelhantes e por critérios variados, mostrou um desempenho superior da metodologia aqui utilizada (4,4 m^3/h em média) com relação à vazão média obtida de 2,89 m^3/h dos poços do banco de dados e destaca-se também fato que nas locações com VLF os poços obtiveram vazões iguais e superiores a 10 m^3/h em 19,09% do total, já nos poços do banco de dados apenas em 4,14%.

As vazões dos poços locados com VLF sobre os sedimentos do Grupo Barreiras (poços mistos) e em rochas cristalinas mostraram valores acima de 1,0 m^3/h em 93,94% e 68,83% dos casos, respectivamente, contra 77,06% e 57,34% dos poços locados com outros recursos, respectivamente. A análise comparativa das vazões médias dos poços locados com o auxílio do VLF com as dos poços locados com outros recursos, demonstra uma eficiência maior para o método VLF, que apresenta um aumento da vazão média em todas as litologias prospectadas.

Concluindo, pode-se dizer, que os resultados obtidos com o uso de VLF como ferramenta auxiliar para a locação de poços em rochas fraturadas são animadores, justificando a continuação do mesmo na busca da ampliação e consolidação do conhecimento específico, mas deve ficar claro que esta é apenas uma das componentes da metodologia dotada, e que os resultados aqui alcançados devem-se ao uso conjunto de todas as ferramentas e conhecimentos disponíveis, pois nenhuma destas usada isoladamente trará resultados satisfatórios, na difícil tarefa de “extrair água de pedras”.

HIDROGEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA

QUESADO Jr, N. & CAVALCANTE, I.N.

Fonte: I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. 2000. Fortaleza/CE.

O impacto do crescimento urbano e industrial acelerado poderá causar danos à qualidade de vida das populações se o homem não vier a tomar consciência de que este dano poderá ser irremediável.

O município de Fortaleza é um exemplo típico dessa situação, onde se tem uma urbanização desordenada aliada a uma geologia que, em alguns locais, é altamente vulnerável a poluição e contaminação de qualquer natureza.

Analisando as águas de poços tubulares profundos se observa que cerca de 70% destas se encontram com índices altíssimos de contaminação por coliformes fecais, oriunda do esgotamento sanitário doméstico. Não obstante, em termos físico-químicos as águas subterrâneas se encontram dentro dos padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde – OMS.

Em termos quantitativos, o sistema Dunas, um dos mais importantes em termos hidrogeológicos, possui uma reserva renovável de 6,5 milhões de m³/ano. O sistema Paleodunas, em algumas vezes, nos seus níveis arenosos, é a única fonte para abastecimento de água para as comunidades mais carentes que não é atendida pela rede de abastecimento, nele se tem uma reserva renovável de 10,7 milhões de m³/ano.

7. LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES

7.1 Uso e Ocupação dos Solos e Fontes de Contaminação

Com o objetivo de dar subsídio à realização dos trabalhos de identificação e caracterização das áreas críticas de demanda de água, e de suas respectivas áreas estratégicas de abastecimento, foi iniciado um estudo sobre o uso e ocupação do meio físico, Região Metropolitana de Fortaleza. Este estudo contempla os seguintes aspectos:

- Distribuição demográfica;
- Áreas de intensa ocupação humana, favelas;
- Áreas de ocupação indígena;
- Utilização industrial;
- Utilização agrícola;
- Distribuição do sistema de saneamento;
- Distribuição da rede hoteleira;
- Áreas de usos específicos (universidades, aeroporto, quartéis militares, governo);

- Áreas de disposição de resíduos sólidos domésticos, comerciais e industriais – aterros sanitários;
- Cemitérios;
- Postos de distribuição de combustíveis;
- Hospitais, centros de saúde e creches;
- Áreas de preservação ambiental, praças públicas, áreas de lazer, praias e parques temáticos; e;
- Estuários, áreas antigas de lagoas, sistema de drenagem e mangues.

Posto isto, constata-se que os treze municípios que compõem a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) dispõem de lei de planejamento de uso e ocupação do solo, porém a expansão urbana acelerada, atualmente em estágio avançado de desenvolvimento na maioria dos municípios e, principalmente, no entorno das sedes municipais, apontam em curto prazo, para um conflito entre a utilização do solo e o meio ambiente, destacando-se os recursos hídricos. Fato esse denotado pela ausência de saneamento básico, oferta de coleta de lixo, acondicionamento adequado dos resíduos sólidos e implantação do aparelho urbano sobre áreas de recarga dos aqüíferos subterrâneos.

No tocante às áreas de preservação e outras formas de restrição ambiental são poucas as áreas efetivamente criadas por meio de instrumentos legais pertinentes. Existem diversas propostas, principalmente, para a proteção de áreas dunas e mangues de interesse turístico, paisagístico e ecológico, de importância inquestionável para preservação/conservação do meio ambiente.

A Área de Proteção Ambiental da Serra de Maranguape foi a única unidade de conservação delimitada cartograficamente, pois apresenta seus limites definidos com precisão e uma superfície representável na escala do trabalho, ficando as demais com indicações iconográficas.

Apresenta-se, a seguir, um estudo por município sobre o comportamento do uso do solo na Região Metropolitana de Fortaleza, contemplando a situação atual da ocupação rural e urbana (Desenho 07 – Anexo III).

7.1.1 Aquiraz

Segundo o Iplance (2002) o município tem uma área de 482,80 km^2, uma população de 60.469 habitantes, densidade demográfica de 126,01 hab/km^2, taxa de urbanização de 90,44% e um índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 95,06%.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 146.532,50 e PIB per capita (1998) (R$): 2.674,63. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (19,09%), indústria (37,35%) e serviços (43,57%).

Está incluído na bacia hidrográfica do rio Pacoti, que ocupa uma superfície de 417 km^2 dentro dos limites municipais A importância principal dessa bacia deve-se ao fato de nela estar implantado o sistema de açudes que abastece a Região Metropolitana de Fortaleza, no Município de Itaitinga, a montante de Aquiraz.

Situado no litoral leste, e distando 26 km de Fortaleza, o município experimenta uma intensa ocupação de suas praias e de sítios de veraneio, alem de inúmeros loteamentos, fazendo com que apresente um significativo processo de parcelamento e ocupação do solo, verificado de forma desordenada e caótica. Primeira povoação do Ceará a ser elevada à categoria de vila, conserva acervo significativo da época: a igreja e o museu de São José do Ribamar e ruínas do antigo Colégio dos Jesuítas, entre outros.

Município rico em recursos naturais, com boas condições de acesso e proximidade dos centros consumidores, além de outras vantagens, tornando-o dotado para o desenvolvimento de atividades diversificadas.

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, que fazem o município contar com expressiva população flutuante. O território do município é cortado pela BR-116 e a CE-040, localizado próximo aos principais mercados consumidores do estado, constituindo ainda corredor de passagem em direção às praias do litoral leste.

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.

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.

A Lei Orgânica do município de Aquiraz, promulgada em 5 de abril de 1990, estabelece no seu artigo 177 as seguintes áreas de proteção permanente: Rio Catu, Rio Pacoti, Barra do Iguape, Barra do Barro Preto, manguezais, dunas, Lagoa da Encantada e outras lagoas de acesso público.

O Decreto Lei nº. 10.147, do Governo do Estado do Ceará, de 1º de dezembro de 1977, dispõe sobre o disciplinamento do uso do solo para proteção dos mananciais hídricos, com a criação de faixas de primeira e segunda categorias para rios, riachos e lagoas da Região Metropolitana de Fortaleza. Acredita-se que em um curto espaço de tempo ocorra a conurbação entre as áreas de Porto das Dunas, Prainha e a sede municipal. A presença do campo de dunas, áreas de mangues, lagoas e planícies fluviais demanda critérios mais rigorosos quanto à ocupação, devendo-se conciliar o parcelamento do solo com a preservação dos recursos naturais. A ocupação da zona costeira de Aquiraz, apesar de estar em conformidade com a legislação em vigor, tem provocado distorções, contribuindo para a degradação ambiental da área. A criação da APA da Lagoa da Encantada promoveu a valorização dos atributos naturais do município, devendo-se elaborar um exame detalhado das condições atuais e traçar diretrizes quanto ao seu monitoramento.

A rodovia CE-040 sobressai no estado como uma das vias de maior volume de tráfego e com maior ocupação de suas margens. Faz a ligação entre Fortaleza e o Rio Grande do Norte, margeando todo o litoral leste do estado. Ao longo de seu percurso, localizam-se empresas prestadoras de serviço, pequenas indústrias, granjas, equipamentos de serviço, matadouros,

pequenos comércios, entre outras atividades. Quando atravessa a cidade, esse corredor de atividades confunde-se com a própria malha urbana; como tem tendência a ser densamente ocupado, poderá tomar-se uma cidade linear num futuro próximo.

Existe projeto de integração regional ao longo da BR-116, tendo em vista que essa rodovia corta os municípios de Fortaleza, Eusébio, Itaitinga, Aquiraz, Horizonte e Pacajus.

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 necessidade de compatibilizar a extração com a preservação do solo para futuro uso futuro, uso urbano, agrícola ou ampliação do sistema viário. Para tal, devem ser adotadas medidas de controle e reabilitação como: estabilização de taludes, delimitação de cotas para a lavra controle da erosão etc. As lavras de areia grossa, argila e diatomito, praticadas nas planícies fluviais e lacustres, merecem atenção especial, por situarem-se em áreas de preservação ambiental.

7.1.2 Caucaia

Segundo o Iplance (2002) Caucaia tem uma área de 1.195,60 km², constitui o 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 Pentecoste. A população em 2000 era de 250.479 habitantes, a densidade demográfica de 210,22 hab/km^2, a taxa de urbanização de 90,25% e o índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 95,12%.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 438.797,09 e PIB per capita (1998) (R$): 1.927,80. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (4,56%), indústria (38,22%) e serviços (57,22%).

Existe o domínio de três grandes bacias hidrográficas:

1. Rio Ceará, situada no limite com Fortaleza, com uma extensão territorial de 568,73 km^2;
2. Rio Cauhipe e Riacho Juá, localizados na área central do município, ocupando uma área de 296,99 km^2,
3. Rio São Gonçalo, situada na porção oeste, no limite com São Gonçalo do Amarante, de 464,59 km^2, com apenas 50% localizados em Caucaia.

As bacias do Rio Ceará e do Cauhipe/Juá apresentam em conjunto no município, uma capacidade de aproximadamente 50.943 milhões de metros cúbicos, distribuídos em 51 açudes e 44 lagoas.

No Rio Ceará, sobressaem os manguezais, a mata ciliar e a área estuarina, com a presença de algumas dunas. No rio Cauhipe e no riacho Juá, ressalta-se o barramento parcial dessas águas

pelo cordão de dunas, formando uma das áreas mais belas do litoral cearense - o Lagamar do Cauhipe - que vem sendo bastante utilizada para lazer (projetos turísticos) e nos períodos de estiagem (secos) abastece o município por meio de carros pipas.

Merecem atenção ainda os aqüíferos da faixa litorânea, no cordão de dunas, que abastecem as áreas ocupadas, principalmente as localidades de veraneio (Iparana, Pacheco, Icaraí, Tabuba e Cumbuco).

As lagoas do Banana, do Parnamirizinho, Barra Nova e outras de pequeno e médio porte, situadas na faixa interdunar, constituem um grande reservatório para abastecimento humano, além da utilização como pontos de lazer, de grande importância turística e paisagística.

É indiscutível a interferência que o território de Fortaleza exerce sobre os demais municípios da Região Metropolitana. Em função da proximidade da capital do Estado com as áreas urbanas do município de Caucaia, como Tabapuá, Jurema, Tabapuazinho, os conjuntos habitacionais implantados pela Cohab constituem verdadeiras cidades dormitório para a maior parte dos operários que trabalham em Fortaleza.

Entre as atividades primárias, a agropecuária aparece em todo o território do município de Caucaia, onde aproximadamente 60% das propriedades têm menos de 1.000 hectares.

O setor aparece com os seguintes dados:

- na faixa entre a BR-222 e o cordão de dunas, encontra-se uma grande atividade de criação de gado leiteiro, como a Fazenda do Garrote, localizada ao longo da estrada do mesmo nome;
- a produção de coco e caju, com áreas irrigadas, absorve uma acentuada parcela de mão-de-obra local;
- na porção do sertão, aparece a produção de cera de carnaúba, associada à cultura de subsistência e à criação extensiva de gado, tendo como exemplo o Grupo Ernani Viana;
- a extração de madeira para produção de carvão vegetal e produção de "estacas", na faixa dos tabuleiros e nas áreas serranas, representa uma atividade intensa na época de estiagem, que resultam em grandes desmatamentos.

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, 1977) Os principais produtos são coco-da-baia, mandioca, cana-de-açúcar, banana, castanha de caju, manga e feijão.

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 trans-portes, através daquelas rodovias e da via férrea Fortaleza-Teresina, 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 infra-estrutura para a implantação de projetos industriais.

São dignas de atenção as indústrias implantadas no município a partir de 1990. A força de trabalho é absorvida em estabelecimentos industriais, como indústrias alimentícias, minerais não metálicos, vestuários e calçados e construção civil.

Caucaia posiciona se em terceiro lugar na Região Metropolitana de Fortaleza em consumo de energia industrial e em alguns indicadores econômicos (arrecadação do ICMS, receita orçamentária e renda interna municipal).

No setor terciário, a atividade turística concentra-se nas Praias de Icaraí 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 macro-área 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 partir do estuário do Rio Ceará, evidencia-se as seguintes atividades de uso e ocupação do solo:

- Concentração de grandes áreas já urbanizadas ou loteadas, como as praias de veraneio de Iparana, Boi Choco, Pacheco, Icaraí, Tabuba e Cumbuco;
- Existência de chácaras e pequenos sítios em áreas não ocupadas com atividades urbanas.

Quanto ao uso do solo propriamente dito:

- Agropecuária intensiva, com algumas grandes propriedades;
- Mineração de areia grossa nos leitos dos Rios Ceará, Anil, São Gonçalo e Cauipe, de areia fina da Formação Barreiras em Pirapora, e areias quartzosas de dunas (Cumbuco, Iparana, Pacheco e Icaraí);
- Agricultura realizada em médias propriedades e com as culturas de subsistência (feijão e milho) e as culturas industriais (castanha de caju e coco-da-baía).

A faixa de praia e o campo de dunas constituem áreas com grande potencialidade ao eco-turismo (conservação ambiental), pesca artesanal, uso controlado dos recursos hídricos subterrâneos e corpos de água superficiais.

A ocupação de áreas junto aos aqüíferos litorâneos vem comprometendo a recarga das águas subterrâneas, merecendo um maior controle, bem como aplicação de legislação especifica de preservação das dunas.
Segundo a Secretaria de Obras de Caucaia, nas praias de veraneio, 95% dos imóveis são de proprietários que residem em Fortaleza. O planejamento da drenagem local, a locação e perfuração de poços subterrâneos, bem como os aterros e desmontes de dunas, quando

necessários, têm ficado sob a responsabilidade de cada loteador ou responsável pela construção. 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 aqüíferos através das fossas sépticas.

O parcelamento do solo nas serras úmidas, para uso e ocupação diversos, embora já protegido por leis estadual (n° 12.521/95) e federal (n° 6.766/79), mereceria cuidados especiais pelos poderes públicos, em relação à sua preservação, principalmente com as atividades de agricultura de subsistência e de mineração (pedreiras).

A Lei estadual n° 12.521, de 15 de dezembro de 1995, define no artigo 1°, inciso I, o território do município de Caucaia, ao longo de sua faixa litorânea, como área de interesse especial para o Estado do Ceará, para efeito do exame e anuência prévia do poder público estadual, por intermédio da SEDURB, para projetos de parcelamento do solo para fins urbanos, na forma do artigo 13, inciso I, da Lei federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.

Segundo o artigo 2° da citada lei estadual, não será permitido o parcelamento do solo nos ambientes abaixo relacionados, cabendo à Semace a definição, em instalações, nos seguintes casos:

- Áreas costeiras, quando constituídas por falésias, dunas reliquiares, pontas ou promontórios, desembocaduras de rios, bem como em áreas recobertas por vegetação primária localizadas à retaguarda de dunas, ou ainda aquelas com acelerado processo erosivo;
- Serras úmidas e chapadas, em áreas recobertas por vegetação primária e secundária, definidas nos termos da Resolução do Conama n° 25, de 7 de dezembro de 1994.

A Lei Orgânica do município promulgada em 5 de julho de 1990, estabelece no artigo 192 que as praias, as lagoas, as serras, os manguezais, os rios e suas nascentes, a Barra do Ceará, do Cauhipe e a Barra Nova são consideradas áreas de proteção permanente.

A implantação do complexo industrial portuário do Pecém, localizado em uma área de 335 km^2, no limite dos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante, exigirá a execução de uma correspondente infra-estrutura Os projetos industriais ancoras, 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.

Projeto que provocará um sensível desenvolvimento para o município e a região é a implantação do trem metropolitano de Fortaleza (Metrofor).

Com a construção do Porto do Pecém, haverá um aumento no volume de cargas ferroviárias, acarretando a necessidade de implantação de um canal exclusivo ligando Caucaia ao terminal de cargas em Maracanaú.
A mineração é considerável no município tendo grande importância principalmente para a Grande Fortaleza, uma vez que contempla todos as substancias minerais de uso imediato na construção civil, tais como areia grossa, areia fina (vermelha), argila, pedras britadas (pedreiras

de rochas granitóides/migmatitos/gnaisses) e calcário. Essa atividade econômica primária desenvolve-se tanto de modo organizado como de forma clandestina. As pedreiras de grande porte, como as das empresas Britap (Britagem Pontes), Pyla (Pedreira Yolita), Júlia Moreira Sales e Pedreira Coité, direcionadas ao mercado da capital do Ceará, representam 90% da produção local. A produção de areia grossa dos leitos dos Rios Cauipe, 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". Há muitos pontos isolados de atividade clandestina desse material no Rio Ceará, próximo à BR-222.

7.1.3 Chorozinho

Segundo o Iplance (2002) o município tem uma área de 308,30 km^2, uma população de 18.707 habitantes, densidade demográfica de): 60,97 hab/km^2, taxa de urbanização de 50,65% e um índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 97,82%.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 27.554,95 e PIB per capita (1998) (R$): 1.694,96. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (9,17%), indústria (16,32%) e serviços (74,51%).

7.1.4 Eusébio

Segundo o Iplance (2002) o município tem uma área de 78 km^2, uma população de 31.500 habitantes, densidade demográfica de 405,47 hab/km^2, taxa de urbanização de 100% e um índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 116,21%.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 241.069,68 e PIB per capita (1998) (R$): 8.020,95. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (0,36%), indústria (53,15%) e serviços (46,48%).

Considerado eminentemente urbano, por não possuir oficialmente área rural, o município apresenta, entretanto, ocupação bastante irregular, com áreas densamente ocupadas, outras somente loteadas e sítios de veraneio.

Zona intermediária entre a capital e as praias do litoral leste, e distando apenas 8 km de Fortaleza, 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.

A consolidação da BR-116 como um importante corredor industrial, a partir da implantação do parque industrial de Horizonte/Pacajus, estimulado por meio de políticas de atração de novos investimentos, deverá contemplar também os municípios de Eusébio, Aquiraz e Itaitinga.

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.

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 Lei Orgânica do Município, promulgada em 5 de abril de 1990, no seu artigo 179, considera como áreas de proteção permanente as dunas do Cararu, os manguezais do Rio Pacoti, o açude Perigoso, o Rio Coaçu, os Riachos Tapeba, Jacundá e outros, as Lagoas da Precabura, dos Pássaros e Parnamirim, do Eusébio.
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 Sabiaquaba. 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, visando à preservação de sua integridade.

7.1.5 Fortaleza

Segundo o Iplance (2002) o município tem uma área de 313,80 km^2, uma população de 2.141.402 habitantes, densidade demográfica de 6.844,54 hab/km^2, taxa de urbanização de 100% e um índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 94,43%.

A população urbana de Fortaleza, até o inicio do século XX, utilizava para dessendentação e demais usos as águas dos rios, riachos, lagoas e açudes da cidade; era água de boa qualidade relativa, quando não existia abastecimento da rede pública. 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.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 7.197.917,54 e PIB per capita (1998) (R$): 3.514,53. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (0,23%), indústria (36,10%) e serviços (63,67%).

Existem no município três grandes bacias hidrográficas: do Rio Cocó (215,9 km^2), do Rio Maranguapinho (96,5 km^2) e da vertente marítima (23,6 km^2), que possuem conformação e dinâmica subordinadas a condicionantes geológicas, morfológicas e climáticas, sendo também influenciadas pelas oscilações de marés das águas oceânicas.

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 psicultura. Salienta-se que, pela baixa taxa de

saneamento básico, dos resíduos líquidos tanto domésticos como industriais, esse mananciais encontram-se inteiramente poluídos, o que impossibilita seu uso doméstico ou mesmo agrícola.

É o maior município de arrecadação do estado do Ceará, tendo 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, localizada na macro-zona de transição, que não é suficiente para atender o mercado local.

A lei (nº. 7.061, de 16 de janeiro de 1992) do plano diretor de desenvolvimento urbano, em seus artigos 40 e 41, estabelece a divisão do território em três grandes partes:

1. Macro-zona urbanizada - áreas atendidas integralmente pela rede de abastecimento de água e parcialmente pela rede de esgoto, incluídas as expansões projetadas, onde verifica-se a maior concentração da população e das atividades urbanas com as melhores condições de infra-estrutura.

2. Macro-zona adensável - áreas atendidas em parte pelo sistema de abastecimento de água, mas sem sistema de coleta de esgotos, e nas quais se verifica uma tendência da expansão das atividades urbanas, possibilitando o ordenamento e direcionamento da implantação da infra-estrutura, sem prejuízo da ocupação existente.

3. Macro-zona de transição - áreas sem infra-estrutura de água e esgotos, com características urbanas e rurais, configurando-se faixas reservadas para expansão urbana.

Foram previstas ainda 10 zonas especiais, que, por suas peculiaridades físicas, culturais, econômicas e de especificidade de usos, demandam tratamento próprio, quanto ao uso e à ocupação do solo:

- Áreas de urbanização especial - Aquelas com potencialidades turísticas.
- Área de preservação - Setores não edificáveis, onde serão permitidas apenas instalações relativas às atividades que por natureza e porte não comprometem sua função, tais como: esportes ao ar livre, excursionismo, pesca artesanal, esporte náuticos, florestamento e reflorestamento.
- Áreas de proteção - considerados para esse fim o riacho drenante do Açude João Lopes, o do Canal Aguanambi, o Riacho Maceió e as Lagoas do Mondubim, de Messejana, Canaã e da Aldeia Velha.
- Áreas de interesse ambiental - compreendem a faixa arenosa do litoral leste (dunas), caracterizando-se por elevada permeabilidade, baixa fertilidade natural, vegetação escassa, além de suas condições físicas, químicas e morfológicas. Áreas que deverão apresentar uma baixa densidade populacional, a horizontalidade na paisagem urbana, com predomínio do uso residencial unifamiliar, número restrito de atividades de comércio e serviços de apoio ao uso residencial, com pequeno e baixo fluxo de transporte.

- Áreas da faixa de praias - São representadas pelas Praias da Barra do Ceará, do Pirambu/Cristo Redentor, da Avenida Leste Oeste, do Poço da Draga, de Iracema, do Meireles/Mucuripe, do Iate Clube, da Área Industrial do Porto, do Futuro e da Sabiaguaba.
- Áreas de interesse urbanístico - São as Praias de Iracema e Mansa, destinadas não só a preservação, como também a revitalização, com incentivos aos usos habitacional, cultural, de lazer e de hotelaria.
- Áreas da orla marítima contíguas às áreas da faixa de praias, representam uma porção que, por suas características de solo, aspectos paisagísticos e potencialidades turísticas, exige regulamentação especifica (Barra do Ceará, Poço da Draga, Monsenhor Tabosa, Meireles/Mucuripe, late Clube, Praia do Futuro e Sabiaguaba), devendo ser destinada somente ao turismo e lazer.
- Áreas institucionais - Compreendem os campus da Pici, da Unifor e do Itaperi, o Centro Administrativo Governador Virgilio Távora e os Aeródromos Pinto Martins e Alto da Balança. Requerem padrões específicos de ocupação, além de soluções de acesso e circulação interna, definidas em planos urbanísticos específicos.
- Áreas de urbanização prioritária - Abrangem bairros e distritos - Centro, Aldeota, Carlito Pamplona, Antônio Bezerra, Porangaba, Messejana e Seis Bocas. Setores onde localizam-se as vias comerciais.
- Áreas industriais - Encerram o Porto do Mucuripe e o Distrito industrial.

Ocorrem diversos conflitos entre a mineração e a urbanização no município de Fortaleza, tais como:

- Na margem esquerda do Rio Coco, notadamente no trecho entre a Cidade 2000 e a Praia do Futuro, a urbanização promoveu o impedimento da extração de areia vermelha dos sedimentos da Formação Barreiras, material esse de largo emprego na construção civil, como argamassas. Soma-se ainda o fato de esse local ter sido considerado com área de interesse ambiental.

A expansão da malha urbana em direção ao sul praticamente inviabilizou a extração de saibros para aplicação em bases de pistas de rolamentos.

A região de Sabiaguaba, na porção leste do município, de grande potencial para areia vermelha, encontra-se em zona de interesse ambiental, razão pela qual a mineração está praticamente inviabilizada.

As lagoas que apresentam potencial para diatomito estão também compreendidas nas áreas de interesse ambiental e protegidas pela lei que disciplina o uso do solo para proteção dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Fortaleza (n° 10.147, de 19 de dezembro de 1977), razão pela qual não existe atividade de exploração para esse bem mineral.

7.1.6 Guaiúba

Distante cerca de 31 km ao sudoeste de Fortaleza, o município desenvolveu-se em função do entreposto comercial ferroviário, tronco sul, que liga a capital ao Sul do Estado.

Desmembrado em 1987 do município de Pacatuba, possui área de 259 km^2, abrangendo, além da sede, os Distritos de Itacima e Água Verde. Com uma população estimada de 19.648 habitantes (Iplance, 1997), ocupa uma faixa ao longo da rodovia CE-060, que a interliga com a capital, com a Serra de Baturité - importante centro agrícola e turístico - com o sertão central.

- População Residente (2000): 19.884 habitantes
- Densidade demográfica (2000): 73,61 hab/km²
- Taxa de urbanização (2000) : 78,51%
- Taxa de escolarização líquida no ensino fundamental (2000): 94,09%

Predomina em seu território a área rural embora apresente uma taxa de urbanização em torno de 78,51%, com uma densidade demográfica de 73,61 hab./km^2 e uma taxa de crescimento anual de 2,38%. Verifica-se acelerada migração da população rural para a zona urbana de Guaiúba, caracterizando formas de ocupação desordenada e não sistemática, configurada pela falta de infra-estrutura básica.

Guaiuba por sua localização próximo a Fortaleza, principal centro consumidor estadual, e ao Maciço de Baturité, 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.

Ressalte-se a existência de terras férteis e proximidades de mercados de comercialização e de abastecimento, tendo como exemplo a Ceasa. O sistema de abastecimento de água possui suas origens nos reservatórios superficiais que constituem o curso médio do Rio Pacoti e seus afluentes, interligados ao sistema Pacoti/Riachão através de canais fluviais.

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, esta principalmente no canal ativo do Rio Pacoti e Riachos da Água Verde e do Baú.

7.1.7 Horizonte

Segundo o Iplance (2002) o município tem uma área de 191,90 km^2, uma população de 33.790 habitantes, densidade demográfica de 176,91 hab/km^2, taxa de urbanização de 83,24% e um índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 103,21%.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 351.463,83 e PIB per capita (1998) (R$): 12.393,82. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (3,96%), indústria (83,69%) e serviços (12,35%).

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 de abastece a Região Metropolitana de Fortaleza.

Município rico em recursos naturais, com boas condições de acesso e proximidade dos centros consumidores, além de outras vantagens, tornando-o dotado para o desenvolvimento de atividades diversificadas.

O território do município é cortado pela BR-116, localizado próximo aos principais mercados consumidores do estado. O 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

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.

7.1.8 Itaitinga

Os Distritos de Jereraú e Itaitinga foram desmembrados de Pacatuba em 1992, formando o município de Itaitinga, cuja população c de 28.320 habitantes, com uma área de 154 km^2. Município integrante da Região Metropolitana de Fortaleza, localizado na Região Administrativa I, apresenta elevada taxa de urbanização, em torno de 87% e baixa densidade demográfica (176,45 hab/km^2), devido grande área de seu território ser ocupada pelos Açudes Pacoti e Riachão, que abastecem a população de Fortaleza, Caucaia e Maracanaú. Situa-se a 23 km da capital, com acesso pela BR-116.

Itaitinga 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. Faz limite com Fortaleza, Eusébio, Aquiraz, Horizonte, Guaiuba, Pacatuba e localiza-se próximo a Maracanaú. Identifica-se como município de produtos básicos para a construção civil da Região Metropolitana de Fortaleza.

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. Há também lagoas próximo a área urbana, que podem ser utilizadas como pólos de lazer.

Itaitinga 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.

Algumas iniciativas econômicas locais já se verificam em Itaitinga como pedreiras, tratamento de pedras graníticas, casas de shows, olarias e confecções.

A proteção dos recursos hídricos, uma das diretrizes do Plano de Desenvolvimento de Itaitinga, deverá merecer especial atenção, uma vez que esses mananciais 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.

Somente a oferta no município de infra-estrutura de limpeza pública, água, esgoto e drenagem garantirão um ambiente mais salubre. Serão necessárias a implantação de todos esses sistemas, com exceção do abastecimento de água, já em funcionamento, mas que precisa ser monitorado, objetivando atender o crescimento futuro.

A mineração ocupa áreas voltadas para o aproveitamento de granito, sobressaindo as frentes de lavra nas Serras de Itaitinga e no Sitio Santa Luzia.

É necessário evitar o avanço de habitações para áreas de risco próximo às pedreiras, a par da adoção de medidas de controle objetivando a convivência harmônica da mineração com as áreas já ocupadas no seu entorno.

7.1.9 Maracanaú

Esse município, um dos menores da Região Metropolitana de Fortaleza, ocupa uma superfície de 82 km2, com uma população de 219.121 habitantes (Iplance, 1997).

Em apenas uma década, Maracanaú apresentou um aumento populacional de 405%, tendo na atualidade sua superfície quase completamente edificada.

Em termos de recursos hídricos superficiais, salientam-se os rios Timbó, afluente do rio Cocó pela sua margem esquerda, e o médio curso do rio Maranguapinho. Trata-se de cursos intermitentes, que bordejam as Serras de Maranguape e Aratanha. O Timbó tem suas nascentes e a desembocadura dentro do limite municipal. São águas impróprias ao consumo humano, animal e agrícola, pelas altas taxas de coliformes fecais e de resíduos químicos das indústrias.

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.

Maracanaú apresenta elevado índice de ocupação do solo por edificações, fruto da implantação do distrito industrial e da maioria dos conjuntos habitacionais construídos pela Cohab em toda a área.

A explosão demográfica dos últimos anos constitui o principal vetor de diversos problemas que vêm ocorrendo com grande intensidade, entre outros 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 sede e o Distrito de Pajuçara localiza-se no interflúvio dos rios Maranguapinho e Timbó, estando esse espaço praticamente ocupado por edificações de um só pavimento. Pajuçara ainda apresenta alguma possibilidade de expansão no sentido leste, estando, no entanto, quase que totalmente loteado. Essa ocupação deverá ser monitorada, visando a proteção e preservação do rio Timbó.

Existe um processo de conurbação de Fortaleza com Maracanaú ao longo das rodovias CE-060 e CE-065, bem como nas margens da ferrovia. A expansão no sentido sul também deverá ser monitorada, por causa da implantação do aterro sanitário nesse segmento.

A Lei Orgânica do Município de Maracanaú, promulgada em 10 de abril de 1990, estabelece (artigo 177) como faixas de proteção permanente as seguintes áreas: Santo Antônio de Pitaguari; todas as porções territoriais da Colônia Antônio Justa; Rio Timbó e sua foz; Lagoas do Acaracuzinho, Mingau, Jaçanaú, Raposa, Jonhson e Jupaba; Açudes Novo e dos Pratas; horto florestal; e a Serra do Pitaguari.

Maracanaú dispõe satisfatoriamente de material para construção civil para atender o mercado local, como brita, argila (cerâmica vermelha) e areia grossa para concreto A maioria dessas extrações ocorre de modo informal (clandestina).

Outro recurso mineral do município são os saibros, localizados ao norte, no limite com Fortaleza, e que se encontram praticamente recobertos por edificações e loteamentos.

7.1.10 Maranguape

Ocupa uma área de 672 km^2, com uma população estimada de 81.304 habitantes, representando 3,02°/0 da Região Metropolitana de Fortaleza, segundo dados do Iplance (1997).

Apesar de não possuir recursos hídricos de grande porte, o município é detentor de nascentes de vários rios e riachos, como o Tangueiro, o Baú e o Papara, que contribuem para o sistema de abastecimento de água na região.

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 apresenta, principalmente, indústrias 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 esta 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.

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".

Composta por um cenário de grande beleza e por um clima agradável durante grande parte do ano, 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 pelo governo do estado ao setor turístico, e a proximidade com a capital, portão de entrada do fluxo turístico nacional e internacional, 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 (n° 1.168/93), mas que não vem sendo cumprida.

No setor mineral destacam-se as lavras de granitos e areia para agregado, utilizados na construção civil.

7.1.11 Pacajus

Segundo o Iplance (2002) o município tem uma área de 241,90 km^2, uma população de 44.070 habitantes, densidade demográfica de 181,94 hab/km^2, taxa de urbanização de 77,78% e um índice de escolaridade liquida no ensino fundamental de 101,22%.

O produto interno bruto a preço de mercado atingiu segundo Iplance (1998) as seguintes cifras: PIB total (1998) (R$ mil): 304.645,18 e PIB per capita (1998) (R$): 7.754,15. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (5%), indústria (79,27%) e serviços (15,73%).

Está incluído nas bacias hidrográficas dos rios Pacoti e Choró. Dentro dos seus limites estão inseridas parte das bacias hidráulicas dos açudes Pacoti e Pacajus, responsáveis pelo abastecimento do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

Município rico em recursos naturais, com boas condições de acesso e proximidade dos centros consumidores, além de outras vantagens, tornando-o dotado para o desenvolvimento de atividades diversificadas.

O território do município é cortado pela BR-116, localizado próximo aos principais mercados consumidores do estado. O 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

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.

7.1.12 Pacatuba

Possui uma população de 48.240 habitantes, com uma área de 141 km2. A taxa de urbanização de 96,54% do município é um dos maiores do estado.

A proximidade de Fortaleza - cerca de 25 km é melhor explicação para a elevada taxa de crescimento dos distritos que compõem o território atual, em segundo lugar no estado.

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.

Pacatuba sobressai ainda pela baixa taxa de analfabetismo e de mortalidade infantil.

A economia municipal é bastante incipiente quando se compara com a média estadual, em quase todos os indicadores - renda, repasse do ICMS, comunicações, transporte e energia.

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. Importante salientar a existência de uma escola agrícola de projeção nacional.

Na mineração existem áreas oneradas para granito na localidade de Morro da Mongoba; fonolito em Bujari; argila e areia em Riachão; areia em Jenipapo e Fazenda Labirinto; e argila em São Paulo e Alto Fechado.

7.1.13 São Gonçalo do Amarante

Abrange uma área de 845,80 km^2 (Iplance, 2002), constitui o segundo município em extensão territorial da Região Metropolitana de Fortaleza, com uma população residente de (Iplance, 2000) de 35.608 habitantes, densidade demográfica (Iplance, 2000) de 42,20 hab/km^2, taxa de urbanização de 62,05% e uma taxa de escolaridade liquida no ensino fundamental de 97,16%.

Segundo o Iplance (1998) o município apresentou um PIB total (R$ mil): 59.245,65; e, um PIB per capita (1998) (R$): 1.736,75. Quanto a estrutura setorial do PIB verificou-se para agropecuária (14,68%), indústria (22,55%) e serviços (62,77%).

Existe o domínio de duas grandes bacias hidrográficas a do Rio São Gonçalo e Curu. Nas faixas interdunares existem diversas lagoas destacando-se o Lagamar do Gereraú e lagoa do Talos,

constituem um grande reservatório para abastecimento humano, além da utilização como pontos de lazer, de grande importância turística e paisagística

Merecem atenção ainda os aqüíferos da faixa litorânea, no cordão de dunas, que abastecem as áreas ocupadas, principalmente as localidades de veraneio (Pecém).

Entre as atividades primárias, a agropecuária aparece em todo o território do município onde a maioria das propriedades têm menos de 1.000 hectares.

O setor aparece com os seguintes dados:

- na faixa entre a BR-222 e o cordão de dunas, encontra-se uma grande atividade de criação de gado leiteiro;
- na porção do sertão, aparece a produção de cera de carnaúba, associada à cultura de subsistência e à criação extensiva de gado;
- a extração de madeira para produção de carvão vegetal e produção de "estacas", na faixa dos tabuleiros e nas áreas serranas, representa uma atividade intensa na época de estiagem, que resultam em grandes desmatamentos.

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 infraestruutura viária e elétrica constituí o maior atrativo para implantação de projetos industriais.

No setor terciário, a atividade turística concentra-se na 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 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 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.

Quanto ao uso do solo propriamente dito evidencia-se agropecuária intensiva, com algumas grandes propriedades; Mineração de areia grossa nos leitos dos rio Anil, São Gonçalo e Curu, de areia fina para argamassa na Formação Barreiras no distrito do Pecém; Agricultura realizada em médias propriedades e com as culturas de subsistência (feijão e milho) e as culturas industriais (castanha de caju e coco-da-baía).

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 aqüíferos litorâneos vem comprometendo a recarga das águas subterrâneas, merecendo um maior controle, bem como aplicação de legislação especifica de preservação das dunas.

O complexo industrial portuário do Pecém, 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.

O Distrito de Pecém, com uma população de cerca de 5.500 habitantes, projeta para os próximos 15 anos uma população de aproximadamente 150.000 pessoas, com uma geração de 30.000 empregos.

8. CONCLUSÕES

Do exposto obtém-se as seguintes conclusões:

1) A base cartográfica obtida na escala 1:100.000 representa um acervo importante para o desenvolvimento de etapas posteriores, devido à abrangência, escala e atualização do material desenvolvido;

2) Não existem trabalhos de hidrogeologia que integrem completamente a atual RMF (com os seus 13 municípios), haja visto que quatro municípios foram incorporados apenas recentemente.

3) A pesquisa bibliográfica foi exaustiva, tendo sido possível coletar praticamente quase todos os trabalhos até hoje publicados para a RMF, incluindo alguns de caráter interno, a exemplo dos Relatórios Internos de Pesquisa Hidrogeológica/Geofísica. Aqueles trabalhos que, porventura, não foram relacionados, prende-se ao fato de estarem em bibliotecas setoriais, sem acesso momentâneo ao público, a exemplo de bibliotecas dentro da Universidade Federal do Ceará, ora em greve nacional.

4) O conhecimento sobre os trabalhos anteriores já realizados e analisados, considerando ainda a identificação de outros estudos em realização no momento sobre a RMF, permite respaldar a realização do Projeto ora contratado, sem riscos de atividades superpostas.

5) O número de títulos sobre a RMF é significante, necessitando, porém, da integração sistemática dos trabalhos.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Todos os documentos obtidos durante a pesquisa bibliográfica estão listados a seguir, primeiro em ordem cronológica e, depois, em ordem alfabética.

9.1 Ordem Cronológica dos Documentos

9.1.1 Trabalhos Técnicos Apresentados em Revistas, Congressos, Simpósios, Seminários e Reuniões Técnicas

CAVALCANTE, I.N - 1986. Caracterização Hidroquímica Preliminar da Captação de Abreulândia – Fortaleza –CE .Inédito. Seminário Geoquímica das Águas. IG/USP. 24p.

MENEZES, M.A.S. & ARAÚJO, J.R. – 1998 – Causas da salinização dos poços da praia de Abreulândia em Fortaleza – Ceará. V Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. São Paulo – SP. p165 – 174.

CAVALCANTE, I. N.; VASCONCELOS, S.M. S.; ARAÚJO, A. L. ; BIANCHI, L. – 1990 - Qualidade das Águas Subterrâneas de Fortaleza – CE. Revista de Geologia, DEGEO/UFC. v. 3; 89-97.

FREIRE, G.S.S. & MAIA, L.P. – 1991 – Frente salina e balanço do sal no estuário do rio Pacoti – Ceará. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. v. 4 p. 33 – 41.

FREIRE, G.S.S.; MAIA, L.P.; BRANCO, M.P.N.C. – 1991– Regime hidrodinâmico do estuário do rio Pacoti – Ceará. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. v. 4 p. 29 – 32.

FREIRE, G.S.S. & MAIA, L.P.; MEIRELES, A.J.A.; R.F. – 1991– Natureza do material em suspensão do estuário do rio Pacoti. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. v. 4 p. 12 – 20.

LEITE, C.E.S. – 1994 – Uso da água subterrânea na agricultura irrigada do Estado do Ceará. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. ABRH. ANAIS. Fortaleza – CE, p. 284 – 291.

VASCONCELOS, S.M.S. - 1994 - Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico - Exemplo de Fortaleza, CE. Revista de Geologia, v.7. - Fortaleza, Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará.

CAVALCANTE. I.N.; REBOUÇAS, A.C.; VERÍSSIMO, L.S. – 1996 – As águas subterrâneas do município de Fortaleza. IX Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ANAIS. ABAS. Salvador – BA. 15p.

CAVALCANTE, I.N.; TAJRA, A A. ; FRANGIPANI, A ; VERISSIMO, L.S. – 1997 - As águas subterrâneas do Estado do Ceará. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. ANAIS do Fórum da Águas, DRH/MMA/IICA, 12p. Brasília, DF, p. 78 web.

CEARÁ – 1998 - Sobre os sistemas lacustres litorâneos do Município de Fortaleza. Fortaleza, Ceará. SEMACE.. Trabalho apresentado no XXV Congresso Internacional de Engenharia Sanitária Ambiental, Lima - Peru. 5p.

VASCONCELOS, S.M.S.; SANTIAGO, M.M.F.;REBOUÇAS, A.C. – 1999 - Aspectos físico-químicos associados à recarga do sistema Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE. XII Simpósio Bras. de Recursos Hídricos. ANAIS. Belo Horizonte/MG.

AGUIAR, R.B. & SANTIAGO, M.M.F. – 1999 – Hidroquímica das águas subterrâneas do Sistema Dunas/Paleodunas do município de Caucaia – Ceará. XII Simpósio Bras. de Recursos Hídricos. ANAIS. Belo Horizonte/MG.

QUESADO Jr. N. & CAVALCANTE, I.N. – 2000 – Hidrogeologia do município de Fortaleza, Ceará - Brasil. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE.

CORDEIRO, W. & MARINHO, J. M. L. – 2000 – Aplicação hidrogeológica do método VLF (Very Low Frequency) em áreas de coberturas sedimentares cenozóicas do Ceará, Brasil. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE.

OLIVEIRA, J.F. de I. & CASTELO BRANCO, R.M.G. – 2000 – Contribuições da eletrorresistividade na caracterização geoelétrica dos aqüíferos na Região Metropolitana de Fortaleza. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE.

SABADIA, J.A.B.; CASAS, A; MAIA, L.P.; HIMI, M. – 2000 – Salinização dos aqüíferos da praia do Pacheco – município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE

AGUIAR, R.B.; SANTIAGO, M.M.F.; VASCONCELOS, S.M.S. – 2000 – Potabilidade das águas subterrâneas do litoral do município de Caucaia – Ceará. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE

9.1.2 Projetos Governamentais Desenvolvidos no Âmbito da RMF – Por Ordem Cronológica

SILVA, A. B. da -1970 – Inventário Hidrogeológico do Nordeste – Folha Nº 5 – Fortaleza – SO. Ministério do Interior/SUDENE. Recife, PE.

BELTRÃO, A.E. & MANOEL FILHO, J. - 1973 - Abastecimento de água da área metropolitana da cidade de Fortaleza - CE. SUDENE. Série Hidrogeológica 44, Recife - PE. 294 p.

BRASIL – 1981 - Projeto RADAMBRASIL, Folha AS. 24 Fortaleza. Levantamento de Recursos Naturais 21. Rio de Janeiro, MME,.483p.

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.

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.

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.

MORAIS, J.B.A.; SAMPAIO, T. de Q.; SALES, J.W.M. – 1984 – Projeto Fortaleza. Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza – CE. Relatório Final. Fortaleza CE. DNPM/CPRM, vol.1, Mapas. 208 p.

OLIVEIRA, R.R. & FRACALOSSI Jr., M. – 1984 - Pesquisa Hidrogeológica Através de Eletroresistividade na Praia do Futuro em Fortaleza/CE. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), Relatório Inédito, Fortaleza/CE.

OLIVEIRA, R.R. et al – 1984 - Pesquisa Hidrogeológica Através de Eletroresistividade no Conjunto Habitacional Polar na Barra do Ceará. Fortaleza/CE. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), Relatório Inédito, Fortaleza, CE.

RIBEIRO, J.A.P.; SAMPAIO, T.Q.; OLIVEIRA, D.P.; GURGEL Jr, J.B. – 1985 – Projeto Fortaleza. Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza – CE. Relatório Final. Fortaleza – CEDNPM/CPRM. Vol. II Anexos. 23 p.

BIANCHI, L.; MORAES, J.B.A.; GURGEL Jr, J.B. - 1985 – Diretrizes para exploração das águas subterrâneas da RMF. *In*: AUMEF. Secretaria do Planejamento e Coordenação. Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da R.M.F. - Fase II. Fortaleza. SEPLAN-AUMEF, 1985. Fase II . 63 p.

AUMEF - 1986 - PARH – Diretrizes para utilização de águas subterrâneas PARH. Plano de aproveitamento dos recursos hídricos da RMF. AGUASOLOS/VBA Consultores. Fortaleza/CE.

SUDEC- 1986- Resultado de trabalhos da SUDEC na área de proteção ambiental. Fortaleza. DRN-SUDEC. 68 p.

PLANAT – 1987 – Captação de Abreulândia. Relatório final de construção dos poços e definição das condições de exploração. Inédito. CAGECE. Fortaleza – CE. 245 p.

BEZERRA, E.C. – 1989 – Balanço Hídrico. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, p. 20-21.

CEARÁ. Secretaria de Agricultura e reforma Agrária – 1989 – Zoneamento Agrícola. Fortaleza, 67 p.

CNP. Conselho Nacional de Petróleo – 1989 – Sistemas de postos revendedores. Relatório 011FDP23. Fortaleza – CE.

SIRAC. Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda. –1989 – Proposta de consultoria Técnica de gerenciamento das obras de ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza. PROPOSTA TÉCNICA. 105 p.

MARQUES, A.A.F & OLIVEIRA, R.R. – 1990 - Levantamento Geofísica por Eletroresistividade na cidade de Cascavel/ CE. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), Relatório Inédito, Fortaleza, CE.

CEARÁ - SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – 1992 – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Estudos de Base II. Fortaleza – CE. SRH. p. 871 – 1114.

BNB. Banco do Nordeste do Brasil – 1993 – Consumo de produtos industriais na cidade de Fortaleza. BNB. Fortaleza – CE. 189 p.

SEMACE. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – 1993 – Levantamento das fontes potencialmente poluidoras da Região Metropolitana de Fortaleza. Programa de infra-estrutura básica. Saneamento de Fortaleza – SANEAR. Fortaleza. SDU/SEMACE. Fortaleza – CE. 48 p.

CAVALCANTE, I.N. – 1993 – Qualidade das águas do município de Fortaleza – Ceará. GEOPLAN – Geologia e Planejamento Ltda. Projeto SANEAR. Fortaleza – CE. 22 p.

ANDRADE, F.P.P. de; LEITE, C.E.S.; SABADIA, J.A.B.; LIMA, M.A.O.; CORDEIRO, W. – 1995 – Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável. Projeto Áridas. Grupo de Recursos Hídricos. Fortaleza - CE. 86 p.

BEZERRA, E.C. – 1995 - Balanço Hídrico. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, 22 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.

IPLANCE. Secretaria do Planejamento e Coordenação. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – 1995 – Atlas do Ceará. Fortaleza. 64 p.

BRANDÃO, R. de L.; CAVALCANTE, I.N.; SOUZA M.N. – 1995 - Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Projeto SINFOR. Informações Básicas para Gestão Territorial CPRM/REFO. Fortaleza. CE. 88 p.

SOUZA, M. J. N de – 1995 – Geomorfologia. In: CEARÁ Secretaria de Planejamento e Coordenação . Atlas do Ceará. Fortaleza – SEPLAN – INPLANCE. p 14-15.

SRH Secretaria de Recursos Hídrico do Estado do Ceará – 1995 - Relatório síntese do levantamento das rotas dos carros – pipas. Fortaleza – CE. 21 p.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – 1996 – Dados operacionais indicadores de desempenho. Inédito. Fortaleza – CE.

CPRM/DNPM – 1996 - Informações Para Gestão e Administração Territorial - RMF – Mapa de Potencial Mineral para Não-Metálicos.

IPLANCE - 1997 – Atlas do Ceará. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará (IPLANCE). Governo do Estado do Ceará. Secretária do Planejamento e Coordenação – SEPLAN. 65 p.

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.

BRANDÃO, R.L. - 1998 - Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meios Físico da Região Metropolitana da Fortaleza: CPRM/REFO, Vol.1, 2ª Ed. 105 p.

COGERH/VBA – 1999 - Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas. Fortaleza – CE.

CPRM/REFOR- 1999 - 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.

COGERH/VBA –.2000 - Serviços de Campo para Avaliação do Potencial de Águas Subterrâneas e de Lagos das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza – CE. Relatório Final. SRH/COGERH. Fortaleza – CE. 81 p. Anexos.

CEARÁ. Secretaria do Planejamento e Coordenação -2000 – Anuário Estatístico do Ceará 1998/1999. IPLANCE/SEPLAN. Fortaleza, CE.

9.1.3 Projetos de Pesquisa Desenvolvidos em Universidades, Compreendendo Monografias de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado – Por Ordem Cronológica

ARAÚJO, A-L- & S-E-C – 1990 - Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas do Município de Fortaleza - CE Relatório de Graduação. Inédito. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. Mapas. 123 p.

MAVIGNIER, A.L. – 1992 – Estudo físico, químico e bacteriológico do rio Cocó. Dissertação de Mestrado. Departamento de Hidráulica/Escola de Engenharia. Universidade Federal do Ceará. Inédita. Fortaleza – CE, 108 p.

GUIMARÃES, E.M.M. & LIMA, H.F.A. – 1994 – Aspectos geológicos e hidrogeológicos da região de Aquiraz/CE. Relatório de Graduação. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. 102 p.

COLARES, J.Q.S. – 1995 - Mapeamento Geotécnico preliminar da Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará. Dissertação de Mestrado. UNESP. Inédita. Rio Claro – SP. 2v. mapas.

CAVALCANTE, I.N. - 1998 - Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutoramento. Inédito. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo/USP 156 p.

9.2 Ordem Alfabética dos Documentos

9.2.1 Trabalhos Técnicos Apresentados em Revistas, Congressos, Simpósios, Seminários e Reuniões Técnicas

AGUIAR, R.B. & SANTIAGO, M.M.F. – 1999 – Hidroquímica das águas subterrâneas do Sistema Dunas/Paleodunas do município de Caucaia – Ceará. XII Simpósio Bras. de Recursos Hídricos. ANAIS. Belo Horizonte/MG.

AGUIAR, R.B.; SANTIAGO, M.M.F.; VASCONCELOS, S.M.S. – 2000 – Potabilidade das águas subterrâneas do litoral do município de Caucaia – Ceará. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE

CAVALCANTE, I.N - 1986. Caracterização Hidroquímica Preliminar da Captação de Abreulândia – Fortaleza –CE .Inédito. Seminário Geoquímica das Águas. IG/USP. 24p.

CAVALCANTE, I. N.; VASCONCELOS, S.M. S.; ARAÚJO, A. L. ; BIANCHI, L. – 1990 - Qualidade das Águas Subterrâneas de Fortaleza – CE. Revista de Geologia, DEGEO/UFC. v. 3; 89-97.

CAVALCANTE. I.N.; REBOUÇAS, A.C.; VERÍSSIMO, L.S. – 1996 – As águas subterrâneas do município de Fortaleza. IX Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ANAIS. ABAS. Salvador – BA. 15p.

CAVALCANTE, I.N.; TAJRA, A A. ; FRANGIPANI, A ; VERISSIMO, L.S. – 1997 - As águas subterrâneas do Estado do Ceará. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. ANAIS do Fórum da Águas, DRH/MMA/IICA, 12p. Brasília, DF, p. 78 web.

CEARÁ – 1998 - Sobre os sistemas lacustres litorâneos do Município de Fortaleza. Fortaleza, Ceará. SEMACE.. Trabalho apresentado no XXV Congresso Internacional de Engenharia Sanitária Ambiental, Lima - Peru. 5p.

CORDEIRO, W. & MARINHO, J. M. L. – 2000 – Aplicação hidrogeológica do método VLF (Very Low Frequency) em áreas de coberturas sedimentares cenozóicas do Ceará, Brasil. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE.

FREIRE, G.S.S. & MAIA, L.P. – 1991 – Frente salina e balanço do sal no estuário do rio Pacoti – Ceará. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. v. 4 p. 33 – 41.

FREIRE, G.S.S.; MAIA, L.P.; BRANCO, M.P.N.C. – 1991– Regime hidrodinâmico do estuário do rio Pacoti – Ceará. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. v. 4 p. 29 – 32.

FREIRE, G.S.S. & MAIA, L.P.; MEIRELES, A.J.A.; R.F. – 1991– Natureza do material em suspensão do estuário do rio Pacoti. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. v. 4 p. 12 – 20.

LEITE, C.E.S. – 1994 – Uso da água subterrânea na agricultura irrigada do Estado do Ceará. II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. ABRH. ANAIS. Fortaleza – CE, p. 284 – 291.

MENEZES, M.A.S. & ARAÚJO, J.R. – 1998 – Causas da salinização dos poços da praia de Abreulândia em Fortaleza – Ceará. V Congresso Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. São Paulo – SP. p165 – 174.

OLIVEIRA, J.F. de I. & CASTELO BRANCO, R.M.G. – 2000 – Contribuições da eletrorresistividade na caracterização geoelétrica dos aqüíferos na Região Metropolitana de Fortaleza. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE.

QUESADO Jr. N. & CAVALCANTE, I.N. – 2000 – Hidrogeologia do município de Fortaleza, Ceará - Brasil. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE.

SABADIA, J.A.B.; CASAS, A; MAIA, L.P.; HIMI, M. – 2000 – Salinização dos aqüíferos da praia do Pacheco – município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará. I Congresso Mundial Integrado de Águas Subterrâneas. ABAS/ALHSUD/IAH. Cd ROM ANAIS. Fortaleza/CE

VASCONCELOS, S.M.S. - 1994 - Estimativa da Recarga Subterrânea a partir do Balanço Hídrico - Exemplo de Fortaleza, CE. Revista de Geologia, v.7. - Fortaleza, Imprensa Universitária da Universidade Federal do Ceará.

VASCONCELOS, S.M.S.; SANTIAGO, M.M.F.;REBOUÇAS, A.C. – 1999 - Aspectos físico-químicos associados à recarga do sistema Dunas/Paleodunas, Fortaleza – CE. XII Simpósio Bras. de Recursos Hídricos. ANAIS. Belo Horizonte/MG.

9.2.2 Projetos Governamentais Desenvolvidos no Âmbito da RMF – Por Ordem Cronológica

ANDRADE, F.P.P. de; LEITE, C.E.S.; SABADIA, J.A.B.; LIMA, M.A.O.; CORDEIRO, W. – 1995 – Água subterrânea e o desenvolvimento sustentável. Projeto Áridas. Grupo de Recursos Hídricos. Fortaleza - CE. 86 p.

AUMEF - 1986 - PARH – Diretrizes para utilização de águas subterrâneas PARH. Plano de aproveitamento dos recursos hídricos da RMF. AGUASOLOS/VBA Consultores. Fortaleza/CE.

BELTRÃO, A.E. & MANOEL FILHO, J. - 1973 - Abastecimento de água da área metropolitana da cidade de Fortaleza - CE. SUDENE. Série Hidrogeológica 44, Recife - PE. 294 p.

BEZERRA, E.C. – 1989 – Balanço Hídrico. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, p. 20-21.

BEZERRA, E.C. – 1995 - Balanço Hídrico. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, 22 p.

BIANCHI, L.; MORAES, J.B.A.; GURGEL Jr, J.B. - 1985 – Diretrizes para exploração das águas subterrâneas da RMF. *In*: AUMEF. Secretaria do Planejamento e Coordenação. Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da R.M.F. - Fase II. Fortaleza. SEPLAN-AUMEF, 1985. Fase II . 63 p.

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.

BNB. Banco do Nordeste do Brasil – 1993 – Consumo de produtos industriais na cidade de Fortaleza. BNB. Fortaleza – CE. 189 p.

BRASIL – 1981 - Projeto RADAMBRASIL, Folha AS. 24 Fortaleza. Levantamento de Recursos Naturais 21. Rio de Janeiro, MME,.483p.

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. de L.; CAVALCANTE, I.N.; SOUZA M.N. – 1995 - Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Projeto SINFOR. Informações Básicas para Gestão Territorial CPRM/REFO. Fortaleza. CE. 88 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.

BRANDÃO, R.L. - 1998 - Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meios Físico da Região Metropolitana da Fortaleza: CPRM/REFO, Vol.1, 2ª Ed. 105 p.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – 1996 – Dados operacionais indicadores de desempenho. Inédito. Fortaleza – CE.

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. – 1993 – Qualidade das águas do município de Fortaleza – Ceará. GEOPLAN – Geologia e Planejamento Ltda. Projeto SANEAR. Fortaleza – CE. 22 p.

CEARÁ - SRH. Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – 1992 – Plano Estadual de Recursos Hídricos. Estudos de Base II. Fortaleza – CE. SRH. p. 871 – 1114.

CEARÁ. Secretaria de Agricultura e reforma Agrária – 1989 – Zoneamento Agrícola. Fortaleza, 67 p.

CEARÁ. Secretaria do Planejamento e Coordenação -2000 – Anuário Estatístico do Ceará 1998/1999. IPLANCE/SEPLAN. Fortaleza, CE.

CNP. Conselho Nacional de Petróleo – 1989 – Sistemas de postos revendedores. Relatório 011FDP23. Fortaleza – CE.

COGERH/VBA – 1999 - Plano de Gerenciamento das Águas das Bacias Metropolitanas. Fortaleza – CE.

COGERH/VBA –.2000 - Serviços de Campo para Avaliação do Potencial de Águas Subterrâneas e de Lagos das Bacias Hidrográficas da Região Metropolitana de Fortaleza – CE. Relatório Final. SRH/COGERH. Fortaleza – CE. 81 p. Anexos.

CPRM/DNPM – 1996 - Informações Para Gestão e Administração Territorial - RMF – Mapa de Potencial Mineral para Não-Metálicos.

CPRM/REFOR- 1999 - 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.

IPLANCE. Secretaria do Planejamento e Coordenação. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – 1995 – Atlas do Ceará. Fortaleza. 64 p.

IPLANCE - 1997 – Atlas do Ceará. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará (IPLANCE). Governo do Estado do Ceará. Secretária do Planejamento e Coordenação – SEPLAN. 65 p.

MARQUES, A.A.F & OLIVEIRA, R.R. – 1990 - Levantamento Geofísica por Eletroresistividade na cidade de Cascavel/ CE. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), Relatório Inédito, Fortaleza, CE.

MORAIS, J.B.A.; SAMPAIO, T. de Q.; SALES, J.W.M. – 1984 – Projeto Fortaleza. Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza – CE. Relatório Final. Fortaleza CE. DNPM/CPRM, vol.1, Mapas. 208 p.

OLIVEIRA, R.R. & FRACALOSSI Jr., M. – 1984 - Pesquisa Hidrogeológica Através de Eletroresistividade na Praia do Futuro em Fortaleza/CE. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), Relatório Inédito, Fortaleza/CE.

OLIVEIRA, R.R. et al – 1984 - Pesquisa Hidrogeológica Através de Eletroresistividade no Conjunto Habitacional Polar na Barra do Ceará. Fortaleza/CE. Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), Relatório Inédito, Fortaleza, CE.

PLANAT – 1987 – Captação de Abreulândia. Relatório final de construção dos poços e definição das condições de exploração. Inédito. CAGECE. Fortaleza – CE. 245 p.

RIBEIRO, J.A.P.; SAMPAIO, T.Q.; OLIVEIRA, D.P.; GURGEL Jr, J.B. – 1985 – Projeto Fortaleza. Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza – CE. Relatório Final. Fortaleza – CEDNPM/CPRM. Vol. II Anexos. 23 p.

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.

SEMACE. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – 1993 – Levantamento das fontes potencialmente poluidoras da Região Metropolitana de Fortaleza. Programa de infra-estrutura básica. Saneamento de Fortaleza – SANEAR. Fortaleza. SDU/SEMACE. Fortaleza – CE. 48 p.

SILVA, A. B. da -1970 – Inventário Hidrogeológico do Nordeste – Folha Nº 5 – Fortaleza – SO. Ministério do Interior/SUDENE. Recife, PE.

SIRAC. Serviços Integrados de Assessoria e Consultoria Ltda. –1989 – Proposta de consultoria Técnica de gerenciamento das obras de ampliação do sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza. PROPOSTA TÉCNICA. 105 p.

SOUZA, M. J. N de – 1995 – Geomorfologia. In: CEARÁ Secretaria de Planejamento e Coordenação . Atlas do Ceará. Fortaleza – SEPLAN – INPLANCE. p 14-15.

SRH Secretaria de Recursos Hídrico do Estado do Ceará – 1995 - Relatório síntese do levantamento das rotas dos carros – pipas. Fortaleza – CE. 21 p.

SUDEC- 1986- Resultado de trabalhos da SUDEC na área de proteção ambiental. Fortaleza. DRN-SUDEC. 68 p.

9.2.3 Projetos de Pesquisa Desenvolvidos em Universidades, Compreendendo Monografias de Graduação, Dissertações de Mestrado e Teses de Doutorado – Por Ordem Cronológica

ARAÚJO, A-L- & S-E-C – 1990 - Aspectos Qualitativos das Águas Subterrâneas do Município de Fortaleza - CE Relatório de Graduação. Inédito. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. Mapas. 123 p.

CAVALCANTE, I.N. - 1998 - Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na região metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutoramento. Inédito. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. São Paulo/USP 156 p.

COLARES, J.Q.S. – 1995 - Mapeamento Geotécnico preliminar da Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará. Dissertação de Mestrado. UNESP. Inédita. Rio Claro – SP. 2v. mapas.

GUIMARÃES, E.M.M. & LIMA, H.F.A. – 1994 – Aspectos geológicos e hidrogeológicos da região de Aquiraz/CE. Relatório de Graduação. DEGEO/UFC. Fortaleza – CE. 102 p.

MAVIGNIER, A.L. – 1992 – Estudo físico, químico e bacteriológico do rio Cocó. Dissertação de Mestrado. Departamento de Hidráulica/Escola de Engenharia. Universidade Federal do Ceará. Inédita. Fortaleza – CE, 108 p.

ANEXO I

DESENHOS

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Motta, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60170-040 - Brasil

ANEXO II

BANCO DE DADOS BIBLIOGRÁFICOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (FORMATO ELETRÔNICO – ARQUIVO ACCESS)

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Motta, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60170-040 - Brasil

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Motta, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60170-040 - Brasil

ANEXO III

DESENHOS

SEDE DO CONSÓRCIO: Rua Leonardo Motta, nº 699 - Aldeota - Fortaleza - Ceará - CEP: 60170-040 - Brasil