

PROJETO SINFOR - Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza



Informações Básicas para Gestão Territorial

Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA**

*Ministro de Estado
Secretário de Minas e Metalurgia*

**Raimundo Mendes de Brito
Otto Bitencurt Neto**

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

*Presidente
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos
Diretor de Hidrogeologia e Gestão Territorial
Diretor de Administração e Finanças
Diretor de Relações Institucionais e
Desenvolvimento
Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Chefe da Residência de Fortaleza*

**Carlos Oití Berbert
Antônio Juarez Milmann Martins
Gil Pereira de Souza Azevedo
José de Sampaio Portela Nunes

Augusto Wagner Padilha Martins
Cássio Roberto da Silva

Thales de Queiroz Sampaio**

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
CPRM – Serviço Geológico do Brasil
Residência de Fortaleza

**SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO
TERRITORIAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA -
PROJETO SINFOR**

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

Execução

Geól. Ricardo de Lima Brandão – CPRM/Serviço Geológico do Brasil

Consultoria Técnica

*Geól. Itabaraci Nazareno Cavalcante - UFC
Geógr. Marcos José Nogueira de Souza - UECE*

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL
Volume 01

**Fortaleza
Janeiro/98**

**Serviço Geológico do Brasil
CPRM**

**Programa Gestão e Administração Territorial
GATE**

**Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da
Região Metropolitana de Fortaleza
Projeto SINFOR**

Coordenador Executivo
Assistente de Produção GATE
Assistente de Produção DRI
Editoração Eletrônica

Revisão Final do Texto

Clodionor Carvalho de Araújo
Jaime Quintas dos Santos Colares
Francisco Edson Mendonça Gomes
Ricardo de Lima Brandão
José Alberto Ribeiro
Homero Coelho Benevides

Coordenação Editorial a cargo do
Serviço de Edição Regional - SER/REFO da
Diretoria de Relações Institucionais e
Desenvolvimento
CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Brandão, R. L.

Sistema de Informações para Gestão e Administração
Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto
SINFOR: Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas
de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de
Fortaleza: CPRM, 1995.

105p. il

1. Zoneamento Geoambiental. 2. Impactos Ambientais. 3. Ceará
4. Brasil

I. CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

II. Título.

1998
2ª Impressão

Apresentação

As questões ambientais têm sido alvo de discussões que, quantitativa e qualitativamente, cresceram nas duas últimas décadas. Parece, finalmente, ter o homem tomado consciência da importância que um convívio harmônico com o seu meio ambiente terá para as futuras gerações e para a melhoria da qualidade de vida, desde já. Na verdade, essa é uma premissa que está na base da conceituação de desenvolvimento sustentável, este, tão necessário à perpetuação da civilização humana.

A CPRM, na qualidade de Serviço Geológico do Brasil, atendendo aos anseios da sociedade, de maneira criativa e embasada em conhecimentos técnicos multidisciplinares, apresenta, de forma clara e inteligível, este Diagnóstico Geoambiental da Região Metropolitana de Fortaleza que, não se pretende completo nem definitivo, mas sim, nos dá uma visão do “todo” para que possamos compreender e planejar o estudo de suas partes, sem descuidarmos dessa compreensão integrada. É preciso pois, uma abordagem sistêmica dos nossos problemas ambientais, já que eles estão interligados e são interdependentes. Acreditamos, dessa forma, que este trabalho será de grande utilidade para governantes, prefeitos, planejadores, gestores, enfim para a nossa sociedade como um todo.

Dentro dessa concepção holística, gostaria de lembrar que a educação é outra premissa que está no alicerce de qualquer programa de desenvolvimento que se pretenda sustentável. Como muito bem disse Fritjof Capra, *“um desafio do ambiente natural ou social provoca uma resposta criativa numa sociedade, ou grupo social, a qual induz essa sociedade ao processo de civilização”*.

Thales de Queiroz Sampaio
CPRM – Residência de Fortaleza

SUMÁRIO

I - Introdução	1
II - Metodologia	3
III - A Área de Estudo	6
III.1 - Situação Geográfica	6
III.2 - População	6
III.3 - Principais Atividades Econômicas	8
IV - Os Condicionantes Geoambientais	10
IV.1 - Contexto Geológico	10
IV.1.1 - Litoestratigrafia	10
IV.1.2 - Recursos minerais	14
IV.2 - Unidades Geomorfológicas	16
IV.2.1 - Planície Litorânea	16
IV.2.2 - Glacis Pré-Litorâneos	19
IV.2.3 - Depressão Sertaneja	19
IV.2.4 - Maciços Residuais	20
IV.3 - Condições Climáticas	20
IV.3.1 - Condições Regionais	20
IV.3.2 - Condições Locais	21
IV.4 - Recursos Hídricos	24
IV.4.1 - Águas Superficiais	24
IV.4.2 - Águas Subterrâneas	28
IV.5 - Caracterização Sumária das Classes de Solos	30
IV.6 - Cobertura Vegetal: Unidades Fito-Ecológicas	34
V - Esboço de Zoneamento Geoambiental	41
VI - Impactos Ambientais: Principais Problemas Relacionados ao Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza	50
VI.1 - Migração de Dunas	50
VI.2 - Erosão da Linha de Costa	54
VI.3 - Degradação de Áreas de Acumulação Inundáveis	59
VI.4 - Movimento de Massas	63
VI.5 - Enchentes	67
VI.6 - Poluição dos Recursos Hídricos	70
VI.7 - Disposição de Resíduos Sólidos	73
VI.8 - Impactos da Mineração	77

VII - Considerações Finais	82
VIII - Referências Bibliográficas	85
• Anexos	
Documentação fotográfica	
Relação das Figuras	
Relação dos Quadros	

Relação das Figuras

- 1 - Fluxograma de metodologia
- 2 - Localização geográfica
- 3 - Divisão municipal
- 4 - Esboço geológico
- 5 - Esboço geomorfológico
- 6 - Distribuição das precipitações
- 7 - Principais registros meteorológicos
- 8 - Esboço dos recursos hídricos
- 9 - Esboço das associações de solos
- 10 - Esboço fito-ecológico
- 11 - Esboço de zoneamento geoambiental
- 12 - Avanço de dunas sobre áreas de mangues
- 13 - Dunas associadas a promontórios
- 14 - Difração das ondas no porto do Mucuripe
- 15 - Dinâmica costeira na foz do rio Ceará
- 16 - Manguezal do rio Ceará
- 17 - Áreas ameaçadas por movimentos de massas
- 18 - Áreas ameaçadas por enchentes
- 19 - Vulnerabilidade das unidades hidrogeológicas
- 20 - Localização das áreas de disposição de resíduos sólidos
- 21 - Principais atividades de extração mineral

Relação dos Quadros

I - População da R.M.F.

II - Indústrias e indicadores econômicos da R.M.F.

III - Bacias hidrográficas da R.M.F.

IV - Classificação ecodinâmica do ambiente

V - Características geoambientais da planície litorânea

VI - Características geoambientais dos glaciais pré-litorâneos

VII - Características geoambientais da depressão sertaneja

VIII - Características geoambientais dos maciços residuais úmidos e sub-úmidos

IX - Características geoambientais das planícies fluviais

Capítulo I

Introdução

O acelerado crescimento populacional verificado nas últimas décadas, associado ao desenvolvimento industrial da Região Metropolitana de Fortaleza (R.M.F.), tem trazido inúmeros problemas relacionados ao uso e ocupação do solo, que se refletem num quadro de degradação ambiental, comparável ao que ocorre em outros grandes centros populacionais do país.

O êxodo rural, que ocorre com mais intensidade a cada período de seca, tornou-se, ultimamente, um dos principais fatores a contribuir para a queda da qualidade ambiental e, conseqüentemente, da qualidade de vida nos centros urbanos. A falta de um programa habitacional consistente, bem como de uma política de planejamento para uso e ocupação do solo, fazem com que grandes contingentes da população de baixa renda sejam assentados desordenadamente, num processo crescente de favelização, que se distribui em terrenos geologicamente instáveis, como margens de rios e lagoas, mangues e dunas, promovendo a degradação desses ambientes e criando áreas de risco relativas a enchentes e deslizamentos de terra.

Por outro lado, a especulação imobiliária também tem participado de forma significativa para o agravamento da situação, através de loteamentos e construções mal planejadas, estabelecidas inadequadamente tanto nas áreas urbanas quanto na faixa costeira da R.M.F.

Destaca-se também a atividade agrícola, desenvolvida principalmente na

região serrana, onde o desmatamento e a ocupação ocasionam erosão e deslizamentos de encostas, que muitas vezes acontecem de forma catastrófica.

A excessiva produção de resíduos sólidos urbanos constitui, atualmente, um dos mais graves problemas de planejamento territorial em regiões metropolitanas, tendo em vista o alto nível de poluição que esses dejetos podem causar ao meio ambiente. Sua disposição de forma adequada requer estudos geológico-geotécnicos detalhados, que mostrem as propriedades de rochas e solos, evitando-se a escolha de áreas onde, por infiltração, haja contaminação dos recursos hídricos subterrâneos.

Outrossim, é importante racionalizar a exploração dos recursos minerais existentes na região. É necessária uma avaliação dos níveis de impacto ao meio ambiente, impostos pela atividade minerária. Só assim, será possível compatibilizar a preservação dos ecossistemas com a produção de insumos básicos para a agricultura, atividade industrial e o fornecimento de materiais para a construção civil, tão necessários ao desenvolvimento de nossa sociedade.

Considerando-se que o desenvolvimento racional de uma região só é possível se os planejadores/administradores públicos levarem em conta as potencialidades e as limitações impostas pela natureza, torna-se imprescindível a execução de um

diagnóstico global do meio físico, enfocando temas que, conjugados, estabeleçam um suporte para as tomadas de decisões. Nesse contexto, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, através da Residência de Fortaleza - REFO, realiza o Projeto Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial - SINFOR, concebido com a finalidade de fornecer subsídios técnicos que permitam, por parte daqueles envolvidos com planejamento territorial a níveis municipal, estadual e federal, um gerenciamento mais adequado no que diz respeito ao uso e ocupação dos solos urbano e rural da R.M.F. Com esse objetivo principal, o SINFOR propõe-se a executar, juntamente com outros órgãos que atuam na área, uma avaliação geoambiental detalhada da R.M.F, através de estudos multitemáticos, enfatizando aspectos da geologia, geomorfologia, solos, vegetação etc., os quais deverão viabilizar a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas para os problemas levantados.

Como parte deste programa, o presente trabalho tem a finalidade de apresentar um zoneamento geoambiental preliminar, assim como identificar e caracterizar, sucintamente, os principais problemas relacionados ao meio físico da região, a fim de subsidiar a formulação de ações a serem desenvolvidas nas etapas posteriores do SINFOR. Futuramente, as questões aqui apresentadas, serão objeto de discussões mais aprofundadas e elaboração de planos de trabalho com os demais órgãos setoriais, detentores de grande parte das informações técnicas sobre o meio físico da R.M.F. Da mesma forma serão consultadas todas as prefeituras municipais, maiores conhecedoras da realidade de suas áreas de atuação, para que, identificando suas necessidades, possam formular propostas juntamente com as comunidades rurais e urbanas, formando-se assim, um processo participativo que envolva toda a sociedade, na busca de uma melhor qualidade de vida para as gerações presentes e futuras.

Capítulo II

Metodologia

Os estudos apresentados no presente diagnóstico geoambiental da R.M.F. 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. Elas serviram de base para a proposição de um esboço de zoneamento geoambiental.

Seqüencialmente, as análises temáticas destacaram os componentes do potencial geoecológico e da exploração biológica, assim definidos: no contexto geológico foram apresentadas e caracterizadas as unidades litoestratigráficas que compõem o espaço metropolitano, enfatizando-se os seus respectivos recursos minerais. As unidades geomorfológicas foram estabelecidas de acordo com as suas características morfogenéticas. Nas condições climáticas tratou-se do mecanismo de circulação atmosférica e dos seus reflexos sobre os climas regionais e locais. Os recursos hídricos foram abordados de modo a evidenciar as potencialidades das águas superficiais e subterrâneas, definidas, respectivamente, pelas bacias hidrográficas e pelos principais aquíferos. Os solos foram sumariamente caracterizados por classes dominantes nas suas diversas associações. Finalmente, apresentou-se uma caracterização das principais unidades

fitoecológicas com base em critérios fisionômicos e florísticos.

Para cada setor de estudo foi organizado um esboço cartográfico unitemático em escala de Levantamento Exploratório-Reconhecimento, os quais foram tratados digitalmente através do programa gráfico *Corel Draw* - versão 4.0.

Com base nos estudos setoriais, propôs-se um esboço de zoneamento geoambiental, fundamentando-se em referencial sistêmico onde os componentes dos meios físico e biológico mantêm relações mútuas e funcionam de maneira harmoniosa, desde que desequilíbrios ambientais muito evidentes não se manifestem.

O zoneamento geoambiental que encerra a caracterização do meio físico da R.M.F. foi proposto de acordo com as concepções metodológicas contidas em Bertrand (1969), Sotchava (1976), Beroutchachivili & Bertrand (1977) e Tricart (1977).

Identificados geossistemas e geofácies, partiu-se para a organização de quadros sumários onde foram descritas as condições naturais dominantes, as potencialidades e limitações do ambiente, as condições ecodinâmicas e a vulnerabilidade ambiental. Os quadros culminam com a apresentação de diretrizes que tratam do uso compatível da terra para os geossistemas e geofácies, de conformidade com suas condições potenciais visando a sustentabilidade a médio/longo prazos.

Elaborou-se também um cartograma de zoneamento geoambiental, tratado pelos mesmos recursos gráficos utilizados para os estudos setoriais.

Abordou-se, finalmente, a identificação e discussão a respeito dos impactos ambientais que afetam negativamente o meio físico da R.M.F. Sob esse aspecto e com base na interpretação de aerofotos, de imagens de satélite e em trabalhos de campo, foram destacados os problemas derivados da migração das dunas; erosão da linha de costa; degradação e deterioração das áreas

de acumulação inundáveis; movimentos de massas que afetam as serras úmidas e as dunas inadequadamente ocupadas; enchentes que se manifestam durante os períodos de chuvas excepcionais afetando drasticamente as populações ribeirinhas; poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; disposição dos resíduos sólidos urbanos e dos impactos oriundos das atividades de mineração.

O roteiro metodológico a seguir apresentado (Figura 1), sintetiza os procedimentos adotados para a concretização do presente trabalho.

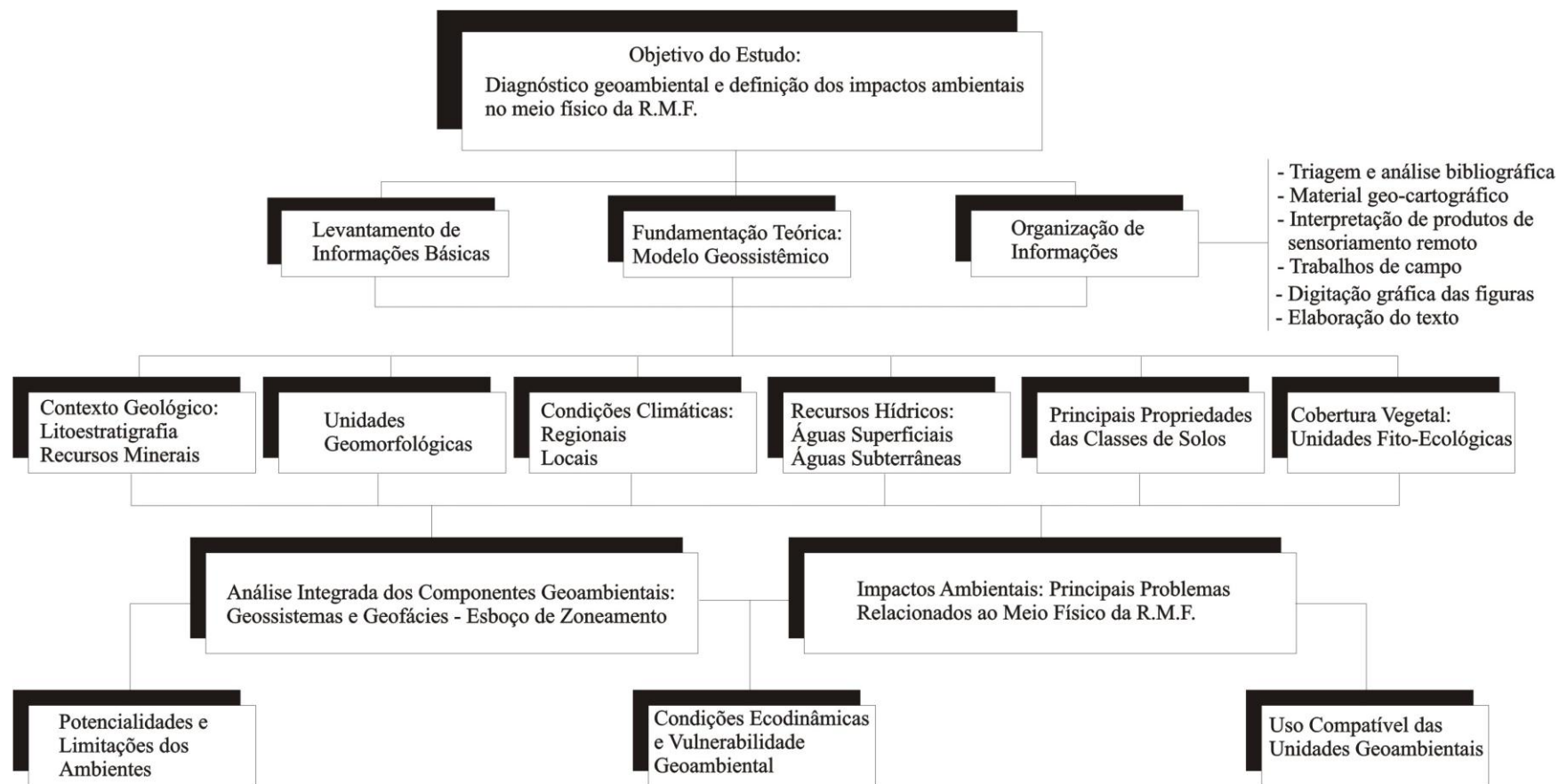


Figura 1 - Fluxograma de metodologia

Capítulo III

A Área de Estudo

Como outras regiões metropolitanas do Brasil e do mundo, a área em questão caracteriza-se por um conjunto de problemas decorrentes da enorme concentração populacional e do acelerado desenvolvimento econômico/industrial. Fortaleza é hoje a quinta cidade mais populosa do país, contando com um parque industrial significativo e uma economia que se fortalece a cada ano.

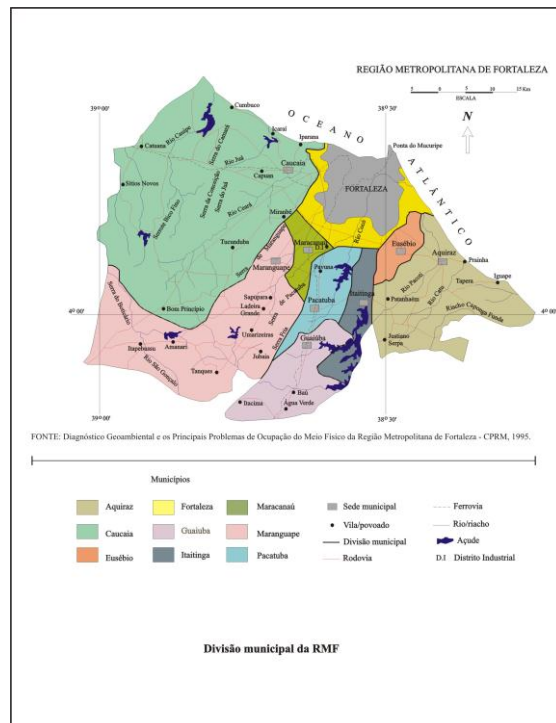
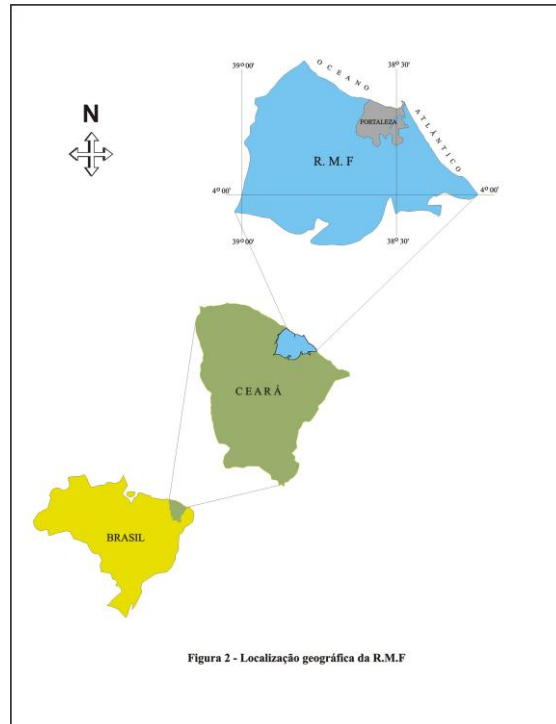
III.1 - Situação Geográfica

A R.M.F. situa-se na porção nordeste do estado do Ceará (Figura 2), limitando-se a norte com o oceano Atlântico; a sul com os municípios de Caridade, Palmácia, Redenção, Acarape, Pacajus e Horizonte; a leste com o município de Pindoretama e com o oceano Atlântico, e a leste com os municípios de São Gonçalo do Amarante e Pentecoste.

Perfazendo uma área de 3.483 km², ela é integrada por nove municípios (Figura 3): Aquiraz (471 km²), Caucaia (1.293 km²), Eusébio (75 km²), Fortaleza (336 km²), Guaiúba (259 km²), Itaitinga (154 km²), Maracanaú (82 km²), Maranguape (672 km²) e Pacatuba (141 km²).

III.2 - População

Segundo o Perfil Analítico do Ceará (1992) a população da R.M.F, recenseada em 1991, era de 2.234.510 habitantes, constituindo a área do estado



que atingiu os maiores índices de crescimento populacional na década de 80. Esses índices foram estabelecidos, essencialmente, por quatro municípios: Fortaleza, Maracanaú, Caucaia e Pacatuba (incluindo-se Itaitinga, que na época ainda não havia se emancipado). A população da R.M.F. no ano de 1994, de acordo com os dados fornecidos pelo IPLANCE (1995), era de 2.524.426 pessoas, representando quase 40% da população cearense, que é estimada em 6.811.132 habitantes.

A população de Fortaleza passou de 1.307.611 habitantes em 1980, para 1.758.334 em 1991 e, em 1994, atingiu a marca de 1.909.945 habitantes, representando uma taxa de crescimento anual de 2,7%. Tal fato é, em grande parte, resultante do elevado êxodo de famílias sertanejas que fogem das dificuldades impostas pelas constantes secas que assolam o interior do estado. Em conseqüência, Fortaleza também experimenta um elevado crescimento do número de favelas existentes, o qual passou de 293 em 1985 para 355 em 1991, correspondendo a uma população de 544.730 pessoas ou 108.946 famílias, de

acordo com o levantamento oficial mais recente realizado pela Secretaria de Ação Social do Estado, em 1991. Da mesma forma, dados da COHAB, de fevereiro de 1995, mostram um *déficit* habitacional de 130.000 unidades para a R.M.F.

Maracanaú, Caucaia e Pacatuba chegaram a triplicar o número de habitantes na década de 80. Maracanaú teve um crescimento espetacular em sua população, que foi de 37.000 habitantes em 1980 para 157.062 em 1991. A instalação e o desenvolvimento do Distrito Industrial, assim como a construção de diversos conjuntos residenciais, são as duas causas que explicam o crescimento acelerado desse município. Do mesmo modo, em Caucaia e Pacatuba os conjuntos habitacionais provocaram o aumento significativo do número de pessoas, transformando esses municípios em grandes dormitórios e promovendo a sua integração e união com a capital.

O quadro abaixo mostra a população recenseada nos municípios da R.M.F. em 1980, 1991 e 1994, e as respectivas densidades demográficas referentes a 1994.

Municípios	População (1980)	População (1991)	População (1994)	Dens. Demogr. -1994 (hab./km ²)
Aquiraz	33.016	46.225	50.378	106,96
Caucaia	94.108	163.793	186.858	144,52
Eusébio	12.095	20.388	22.959	306,12
Fortaleza	1.307.611	1.758.334	1.909.945	5.684,36
Guaiúba	13.547	17.542	18.792	72,56
Itaitinga	-	-	20.640	169,13
Maracanaú	37.894	157.062	193.704	2.362,24
Maranguape	53.232	71.166	77.367	115,13
Pacatuba	28.563 *	60.014 *	43.783	310,52

Quadro I - População da R.M.F.

* Inclui Itaitinga que ainda não havia se emancipado

III.3 - Principais Atividades Econômicas

Devido à sua localização privilegiada, a área estudada constitui-se num pólo turístico de grande significância tanto para o Nordeste quanto para o Brasil. A beleza cênica de suas praias, emolduradas por dunas e coqueiros, tem atraído grandes fluxos de turistas brasileiros e estrangeiros, representando uma importante fonte de renda para os três municípios litorâneos - Aquiraz, Caucaia e Fortaleza, assim como para o governo estadual. No ano de 1994 Fortaleza recebeu 231.111 visitantes.

As serras de Maranguape e Pacatuba, localizadas nos municípios homônimos, possuem condições climáticas mais amenas, constituindo enclaves no contexto semi-árido, e apresentam uma cobertura vegetal caracterizada como resquício da Mata Atlântica. Essas condições ambientais também incentivam a atividade turística, embora em menor proporção comparativamente com aquela verificada nas áreas litorâneas, ou seja, é um turismo a nível regional/estadual. Destaca-se também a fertilidade dos solos nas áreas serranas, fazendo destas o principal núcleo de produção agrícola da região.

Os principais produtos agrícolas da R.M.F são as hortaliças, como alface, coentro e cebolinha, que abastecem todo o mercado interno e são exportadas para a região Norte do país. Merecem destaque também, as culturas de mandioca, milho, arroz, feijão, cana-de-açúcar, banana, caju, manga e coco.

Quanto à produção animal, a avicultura é o principal setor, onde observa-se um crescimento contínuo a cada ano, inclusive exportando para vários estados do país. A criação de suínos vem em segundo lugar, seguida da bovinocultura. A produção de leite conta com três grandes usinas de beneficiamento do produto e de seus derivados.

O setor pesqueiro constitui um importante segmento produtivo nos municípios litorâneos, onde um grande número de pessoas vive diretamente desta atividade. A pesca artesanal é a mais difundida, embora a industrial, muitas vezes predatória, seja amplamente praticada. Na verdade, o Ceará é um dos maiores produtores de pescado, em geral, do país, sendo que a lagosta assume o papel mais relevante. Embora a área estudada não seja uma região produtora desse crustáceo, é em Fortaleza onde é processada a sua industrialização e comercialização.

A produção mineral é, essencialmente, relacionada aos materiais de aplicação direta na construção civil, destacando-se argila, areia, calcário, diatomita e granito. São atividades de pequeno a médio porte, mas de grande importância para o desenvolvimento da R.M.F. Ressalta-se a indústria do granito, recentemente instalada na região, que é responsável pelo beneficiamento do material extraído das pedreiras existentes nos municípios de Caucaia, Itaitinga, Maranguape e Pacatuba, além da maior parte da produção do crescente Pólo Graniteiro do Ceará.

Na região metropolitana estão instaladas 3.809 indústrias (3.380 na capital), representando mais da metade das 6.078 de todo o estado (IPLANCE, 1995). O Distrito Industrial está localizado no município de Maracanaú, distando apenas 15 km do centro de Fortaleza, 12 km do aeroporto Pinto Martins e 26 km do porto do Mucuripe, ao qual é ligado por ramal ferroviário; sendo também servido por um amplo sistema rodoviário tanto federal quanto estadual (vide Figura 3). Lá estão

instalados 164 estabelecimentos industriais, observando-se uma predominância dos setores alimentício, químico e têxtil, que são responsáveis pela geração de milhares de empregos diretos.

O Quadro II mostra a quantidade de indústrias existentes, os principais indicadores econômicos e o número de eleitores para cada município em 1994, segundo IPLANCE (1995).

Município	Indústria de Transformação	Arrecadação do ICMS (R\$)	Receita Orçamentária (R\$)	Renda Per Capita (US\$)	Eleitores
Aquiraz	21	1.280.313	2.655.402	881	29.065
Caucaia	115	3.409.116	16.696.845	838	89.731
Eusébio	26	1.165.105	3.156.678	6.017	15.348
Fortaleza	3.380	404.971.610	34.489.261	2.813	995.496
Guaiúba	6	90.386	1.438.072	397	10.828
Itaitinga	-	870.612	1.833.605	493	11.850
Maracanaú	164	37.908.058	20.171.263	4.568	77.656
Maranguape	84	1.684.958	4.637.214	919	43.274
Pacatuba	19	167.969	2.886.574	293	16.813

Quadro II - Indústrias e indicadores econômicos da R.M.F.

Capítulo IV

Os Condicionantes Geoambientais

A avaliação geoambiental de uma área tem como subsídios essenciais os levantamentos multidisciplinares que envolvem os aspectos relacionados a: geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos, solos e vegetação. Esses temas, quando tratados sob o ponto de vista dos seus interrelacionamentos, permitem uma visão integrada da área e constituem fontes de informações fundamentais para o planejamento territorial.

IV.1 - Contexto Geológico

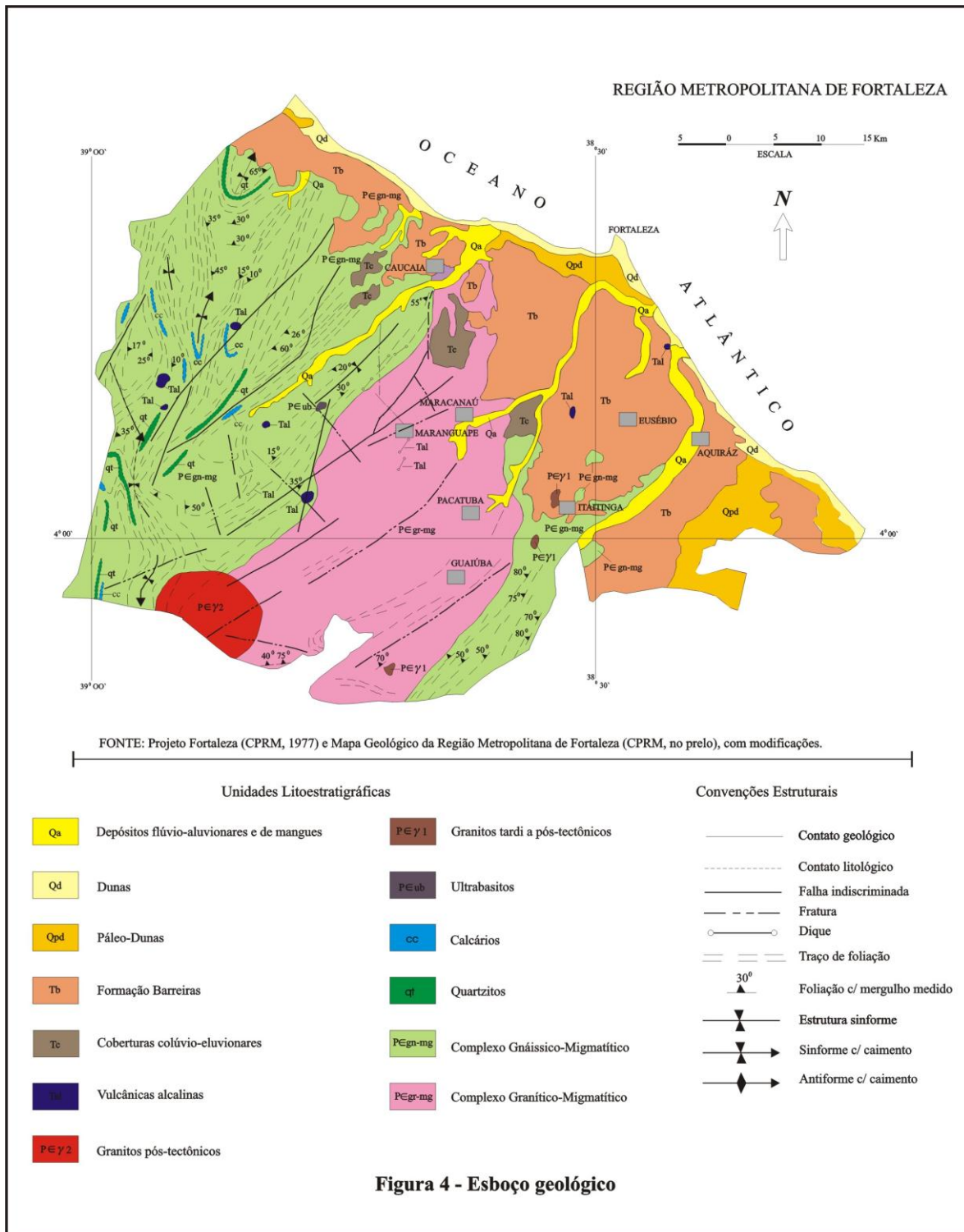
Geologicamente, a R.M.F. é caracterizada pela presença de terrenos cristalinos e coberturas sedimentares cenozóicas (Figura 4). Estas últimas assumem uma posição de destaque na avaliação do meio físico, pois representam os terrenos que interagem mais diretamente com a atividade antrópica e, quando submetidos aos processos de ocupação desordenada, têm suas características naturais modificadas em níveis variáveis, muitas vezes de caráter irreversível. Quanto aos recursos minerais, evidencia-se para a região uma significativa potencialidade para os minerais não-metálicos, que constituem os materiais de aplicação direta na construção civil.

IV.1.1 - Litoestratigrafia

Na porção central da área distribuem-se rochas ortoderivadas, de natureza granitóide-migmatítica reunidas neste

trabalho no Complexo Granitóide-Migmatítico (P_{gr-mg}). Alguns autores as posicionam no Arqueano, enquanto outros as consideram como diferenciações litológicas dentro das unidades proterozóicas. Este conjunto exhibe na periferia, rochas foliadas desde gnaisses/gnaisses migmatizados até migmatitos metatexíticos, passando, para o interior, a migmatitos diatexíticos e núcleos granitóides nas porções centrais. As melhores exposições situam-se nos setores morfologicamente mais elevados, compreendendo as serras de Maranguape e Pacatuba, as quais apresentam uma constituição predominantemente granitóide e podem ser entendidas como relevos residuais, formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas gnáissicas circundantes.

Segundo Brandão (1994), o Complexo Gnáissico-Migmatítico (P_{gn-mg}), de posicionamento estratigráfico no Proterozóico Inferior, é a unidade que ocupa maior área de distribuição no âmbito da R.M.F. Suas melhores exposições são observadas na porção ocidental, onde se descreve uma seqüência predominantemente paraderivada, constituída de gnaisses aluminosos, em parte migmatizados e freqüentemente intercalados por níveis quartzíticos (qt) e carbonáticos (cc). São biotita-gnaisses com ou sem muscovita, 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, concordantes com o bandamento gnáissico. Os tipos migmatíticos mais comuns são os de estrutura bandada/dobrada, reconhecendo-se também, em menor proporção, termos mais evoluídos, mostrando tendência à homogeneização. Os migmatitos ocorrem, em geral, intimamente associados aos demais litocomponentes da unidade.

Na porção centro-oeste da área ocorre o corpo ultrabásico ($P \in \text{ub}$) do serrote Manoel Gonçalves. Trata-se de um piroxenito de coloração preto-esverdeada, maciço, e de granulação média. Quanto ao posicionamento crono-estratigráfico, admite-se que esteja relacionado ao final do Proterozóico Inferior, com base em datação K/Ar, efetuada por Braga *et al* (1977), a qual resultou em idade aparente próxima de 1.800 m.a.

As rochas plutônicas de natureza granítica foram classificadas, preliminarmente, com referência às fases deformacionais do ciclo Brasileiro. Os granitos considerados como cedo a sintectônicos parecem ocorrer por toda a área, constituindo pequenos corpos não-cartografáveis na escala do trabalho; notadamente estratóides (dispostos segundo a foliação regional), exibindo acentuada deformação e representados por ortognaisses com ou sem facóides feldspáticos, intercalados nas seqüências eoproterozóicas. Os plutonitos tardi a pós-tectônicos ($P \in \gamma 1$) estão representados por três corpos na porção sul/sudeste da R.M.F., merecendo destaque o corpo de Itaitinga, constituído por granito mesocrático, de granulação média, estrutura isotrópica a incipientemente

foliada, encerrando enclaves gnaissificados de composição diorítica. Leucogranitos rosados, isotrópicos, ricos em muscovita e freqüentemente pegmatóides, que ocorrem no limite sudoeste da área, formando um corpo circular de dimensões batolíticas, foram considerados como de posicionamento pós-tectônico ($P \in \gamma 2$).

Rochas vulcânicas alcalinas (Tal) sob a forma de *necks* e diques, constituem uma província petrográfica geneticamente associada ao vulcanismo terciário do arquipélago de Fernando de Noronha. São litotipos classificados, predominantemente, como fonolitos e traquitos, mostrando coloração cinza-esverdeada, com pórfiros milimétricos de feldspato envoltos por uma matriz afanítica. As principais ocorrências recebem denominações locais, como os serrotes Pão de Açúcar, Japapara, Salgadinho, Cararu, Ancuri e outros, sobressaindo-se topograficamente como elevações circulares e elipsoidais, algumas com formas características de cones vulcânicos.

A Formação Barreiras (Tb), de idade miocênica superior a pleistocênica, distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Por vezes aflora na linha de praia, formando falésias vivas, a exemplo da praia de Iparana. Na porção oriental da R.M.F. chega a penetrar até cerca de 30 km em direção ao interior, constituindo o trecho mais largo da faixa. Sua espessura também é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular. Litologicamente, é formada por sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada,

creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos. Horizontes lateríticos, sem cota definida, são freqüentes e estão associados à percolação de água subterrânea. Seu caráter ambiental é 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. Durante esta época, o nível do mar era mais baixo que o atual, proporcionando o recobrimento de uma ampla plataforma.

As coberturas colúvio-eluviais (Tc) distribuem-se de forma irregular na área, configurando manchas ou “ilhas” que se assentam diretamente sobre os terrenos cristalinos. Esses depósitos são resultantes do intemperismo *in situ* ou com pequeno deslocamento gravitacional. As coberturas residuais são formadas a partir da profunda decomposição e lixiviação das rochas do embasamento, sendo caracterizadas por um material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base e, muitas vezes, conservando resquícios de estruturas gnáissicas e fragmentos de veios de quartzo.

Nas áreas serranas pode-se distinguir três zonas principais onde ocorrem movimentos com componente gravitacional dominante: a) 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. São depósitos normalmente inconsolidados, mal classificados, formados por seixos, blocos, matacões, sedimentos arenosos e, às vezes, argilas impuras.

Sobrepondo-se aos sedimentos da Formação Barreiras, ocorrem as dunas edafizadas ou páleo-dunas (Qpd), formadas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosa, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelados, alaranjados ou acinzentados. Normalmente são sedimentos inconsolidados, embora em alguns locais possam apresentar um certo grau de compactação. Trata-se de uma geração mais antiga de dunas, apresentando o desenvolvimento de processos pedogenéticos, com a conseqüente fixação de um revestimento vegetal de maior porte. As espessuras variam em torno de 15 m, próximo à linha de costa, com progressiva redução em direção ao interior e com as formas dissipadas em algumas áreas.

As dunas recentes ou móveis (Qd) são formadas a partir da acumulação de sedimentos removidos da face de praia. Distribuem-se como um cordão contínuo disposto paralelamente à linha de costa, possuindo uma largura média de 2 a 3 km e espessura da ordem de 20 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). Normalmente ocorrem capeando a geração

de dunas mais antigas, embora, em algumas áreas, estejam assentadas diretamente sobre os sedimentos terciários da Formação Barreiras. Litologicamente, são constituídas por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados e muitas vezes encerrando níveis de minerais pesados, principalmente ilmenita. 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.

As 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, nesse contexto, os *beach-rocks* ou arenitos de praia, que ocorrem em diversos trechos da área. Estas formações funcionam, muitas vezes, como proteção a determinados setores da costa, diminuindo a energia das ondas que se aproximam da face da praia e evitando a ação erosiva das mesmas. Em geral, são arenitos conglomeráticos com grande quantidade de bioclastos (fragmentos de moluscos e algas), cimentados por carbonato de cálcio. As melhores ocorrências situam-se nas praias da Sabiaguaba, Cofeco, Iparana e na enseada do Mucuripe.

Os depósitos flúvio-aluvionares e de mangues (Qa) são representados,

essencialmente, por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes. Sobre os terrenos cristalinos, os cursos d'água mostram-se freqüentemente controlados por fraturas e falhas, exibindo longos trechos retilinizados. Nestas 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 predominantemente compostas por areias finas, siltes e argilas. Nas lagoas (costeiras e interiores) são depositados, principalmente, sedimentos pelíticos e grande quantidade de matéria orgânica, sendo que 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.

IV.1.2 - Recursos Minerais

Foram cadastradas nos limites da R.M.F. 252 ocorrências/depósitos minerais, assim distribuídas: água mineral (8), amianto (2), argila (85), areia (45), calcário (12), cobre (1), manganês (3), diatomito (43), talco (6), fonolito (13), granito (33) e titânio/níquel/vanádio (1). Informações mais completas sobre a potencialidade mineral da área poderão ser encontradas no Mapa do Potencial Mineral

para Não-Metálicos da R.M.F, em escala 1:100.000 (Medeiros,1994), elaborado pelo SINFOR.

* Água mineral - as fontes distribuem-se nos municípios de Aquiraz, Fortaleza e Maranguape. Estão relacionadas aos aquíferos costeiros - Dunas e Páleo-Dunas e a meios fraturados do Complexo Granitóide-Migmatítico.

* Amianto - duas ocorrências foram registradas nos municípios de Caucaia (sítio Porteiras) e Maranguape (sítio São Francisco). A primeira ocorre de forma lenticular, encaixada em rochas anfibolíticas, apresentando cor creme, e hábito fibroso e radial (com fibras de até 1 cm), tratando-se de uma antofilita. A ocorrência do sítio São Francisco é aparentemente pequena e destituída de valor econômico.

* Argila - ocorre em abundância na maioria das aluviões presentes nos principais cursos fluviais da região, notadamente nos rios Pacoti, São Gonçalo e Cauípe. Predominam as argilas de cor creme-avermelhada, constituídas, principalmente, por argilo-minerais do grupo da caulinita. São utilizadas na fabricação de cerâmica vermelha. Localmente foram identificados alguns pequenos depósitos, cujas características permitem sua aplicação na indústria de cerâmica branca.

* Areia - ocorre em diversos pontos da R.M.F., formando concentrações econômicas nas planícies aluvionares dos principais rios (Pacoti, Ceará, São Gonçalo e Cauípe), nos depósitos eólicos (dunas antigas e recentes) e nos domínios da Formação Barreiras. Os jazimentos aluvionares são constituídos de areias variando de fina até grossa e de cor creme

a acinzentada, enquanto nas dunas são de granulometria fina a siltosa, bem selecionadas, de coloração esbranquiçada nas dunas recentes e avermelhada nas páleo-dunas, que é também a coloração característica das areias da Formação Barreiras.

* Calcário - está presente sob a forma de lentes com espessuras variáveis, desde centímetros até dezenas de metros e extensões até quilométricas, sendo os maiores jazimentos encontrados na porção ocidental da área (região de Sítio Novos). Normalmente a rocha é impura, dolomítica e com aspecto bandado, sendo explorada para a fabricação de cal.

* Cobre - localizada na fazenda Caruru (município de Caucaia). Apresenta-se na forma de calcopirita, disseminada em rocha brechada. A análise espectrográfica de emissão revelou um teor da ordem de 1.000 ppm.

* Manganês - esta mineralização consiste de impregnações e disseminações de manganês (sob a forma de pirolusita) e ferro, associadas a veios de quartzo. São conhecidas duas ocorrências, uma na fazenda Boqueirão dos Cunhas (município de Caucaia) e a outra na localidade de Itacima (município de Guaiúba), ambas destituídas de interesse econômico.

* Diatomito - os principais depósitos estão localizados nos municípios de Aquiraz, Caucaia, Eusébio, Fortaleza e Pacatuba. É um material comum nas lagoas e córregos próximos à linha de costa, tendo utilização na fabricação artesanal de tijolos e na produção de filtrantes, isolantes e cargas industriais. A desordenada expansão urbana na R.M.F. tem provocado o soterramento de várias

lagoas que, muitas vezes, encerram significativas reservas desta substância.

* Talco - é encontrado na forma de pequenas lentes ou bolsões associados a gnaisses xistosos e anfibolitos, apresentando um elevado teor de ferro. Normalmente são ocorrências pequenas, sendo que as de maior porte já foram bastante trabalhadas, estando atualmente paralisadas.

* Fonolito - são conhecidas várias ocorrências sob a forma de *necks* vulcânicos e diques, nos municípios de Caucaia, Maranguape e Fortaleza. Essas rochas são utilizadas como brita e na indústria cimenteira, por conterem uma considerável quantidade de materiais fundentes.

* Granito - envolve vários tipos petrográficos como granitos, migmatitos e gnaisses diversos, que são utilizados na produção de pedras britadas, pedras de talhe e materiais de revestimento. Na R.M.F., existem várias pedreiras localizadas em áreas de excelentes exposições, em relevos serranos e colinosos, tais como nas serras de Maranguape, Aratanha/Pacatuba, Juá, Conceição, Camará e nos serrotes de Itaitinga, Bico Fino, Baú etc.

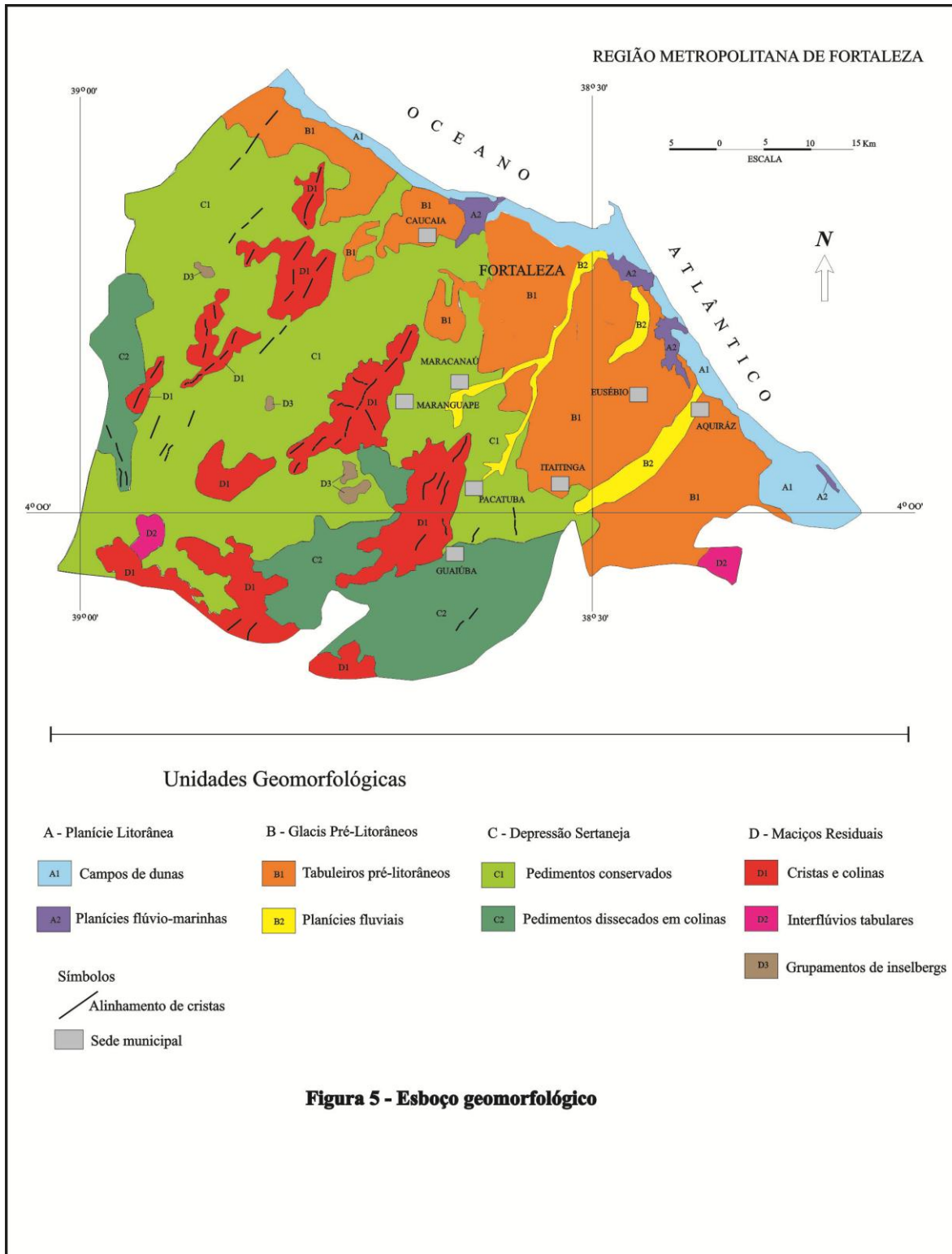
◇ Ti-Ni-Vd - estudos realizados no corpo ultrabásico (piroxenito) do serrote Manoel Gonçalves, próximo à localidade de Tucunduba, revelaram teores anômalos para titânio, níquel e vanádio. A paralisação das pesquisas não permitiram uma melhor avaliação da importância econômica dessas mineralizações.

IV.2 - Unidades Geomorfológicas

A compartimentação do relevo da R.M.F. (Figura 5) é representada, basicamente, por quatro domínios geomorfológicos (Moreira & Gatto, 1981 e Souza, 1988/1989): 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 (tipos litológicos), atividade tectônica, bem como nas características de solo e vegetação. Dentro de cada domínio ou unidade geomorfológica, foram caracterizadas tanto as formas de acumulação ou agradacionais, como as de dissecação ou degradacionais. 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, tem sido frequentemente constatada na região, ocasionando problemas em áreas urbanas e rurais.

IV.2.1 - Planície Litorânea

Compreende os campos de dunas (A1), as praias e as planícies flúvio-marinhas (A2). Por uma questão de escala, as praias não estão representadas cartograficamente na Figura 5, podendo-se entender que estejam inseridas nos limites da unidade A1. 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 sedimentos mais antigos pertencentes à Formação Barreiras, que por vezes se projetam até a linha de praia, expondo-se como falésias, ou ainda por promontórios constituídos por litologias mais resistentes (pontas do



Mucuripe e do Iguape). 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 à morfologia, geralmente esses corpos apresentam feições de barcanas (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.

À retaguarda das dunas recentes, observam-se gerações mais antigas, as quais apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos (daí serem chamadas de dunas edafizadas), resultando na fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfológicamente, exibem feições típicas de dunas parabólicas, bem visualizadas em fotografias aéreas e imagens de satélite, 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 (Formação Barreiras) e com as formas dissipadas em algumas áreas.

Os campos de dunas são responsáveis pelo barramento de algumas drenagens que possuem descargas deficientes, provocando a obstrução de suas desembocaduras e formando, conseqüentemente, uma série de lagoas costeiras. Em algumas áreas, dependendo da orientação da linha da costa, as dunas móveis podem exercer papel importante no *by pass* de sedimentos, como foi observado

na ponta do Iguape. Neste local, o promontório quartzítico ali existente funciona como uma superfície, por sobre a qual as areias das dunas que ocorrem a sudeste estão sendo transportadas, indo alimentar a deriva litorânea e, conseqüentemente, minimizando os efeitos da erosão marinha, experimentada pelo setor da costa a sotavento. Por outro lado, em alguns locais, contribuem para o assoreamento de cursos d'água, lagoas e mangues, como também podem causar problemas quando avançam sobre áreas urbanizadas e agricultadas.

As praias formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis. Os *beach rocks* ou arenitos de praia, são formações que ocorrem em diversos trechos da costa da R.M.F., constituindo corpos alongados, que normalmente afloram em dois sub-ambientes praias: na zona de estirâncio e na zona de arrebentação. Formados por sedimentos de praia, cimentados por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese média a alta, eles desempenham o papel de barreiras naturais, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

Caracterizadas pela ação conjunta de processos continentais e marinhos, as planícies flúvio-marinhas são ambientes criados pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica, onde se desenvolve a vegetação de mangue. São formadas em áreas onde se processa a mistura de água doce dos rios e lagoas, com água salgada que penetra no continente através das marés. O resultado desta mistura proporciona a deposição de material escuro e lamacento, que aumenta a cada período de maré cheia, até gerar o ambiente

favorável à instalação dos manguezais. Na R.M.F., destacam-se os manguezais associados aos rios Cocó, Ceará e Pacoti, bem como aos reservatórios naturais de água doce, como ocorre na praia do Barro Preto, ou nas lagoas costeiras que, pelo contato temporário com a água do mar, recebem a denominação de "lagamar".

IV.2.2 - Glacis Pré-Litorâneos

Os glacis pré-litorâneos (B1) são formados pelos sedimentos mio-pleistocênicos pertencentes à Formação Barreiras e distribuem-se como uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa por trás dos depósitos eólicos antigos e atuais. Formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar. Em diversos setores da costa cearense, projetam-se até a linha de praia onde formam falésias vivas, a exemplo da praia de Iparana na R.M.F.

É comum a presença de testemunhos isolados da faixa principal, recortados pela erosão fluvial. Originalmente formavam uma superfície contínua, bem mais ampla que os limites atuais, elaborada a partir da coalescência de leques colúvio-aluviais, 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 (B2) são áreas que abrigam melhores condições de solo e

de disponibilidade hídrica, constituindo-se, portanto, em zonas de diferenciação geo-ambiental no contexto dos sertões semi-áridos. No âmbito da superfície sertaneja (terrenos cristalinos), os cursos d'água formam depósitos aluvionares estreitos, enquanto sobre a zona pré-litorânea, à medida em que entalham os sedimentos da Formação Barreiras, a faixa de acumulação torna-se mais expressiva. Na R.M.F. destacam-se as planícies fluviais dos rios Pacoti, Ceará e Cocó, como as mais significativas.

IV.2.3 - Depressão Sertaneja

Este domínio geomorfológico é o que ocupa maior área de distribuição no âmbito da R.M.F. 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, cartografada como superfície pediplanada (C1). Em áreas onde a dissecação é mais evidente, interflúvios de feições convexas são isolados, formando-se relevos colinosos, aqui mapeados como superfície pediplanada colinosa (C2).

As associações de 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.

IV.2.4 - 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, predominantemente, por rochas granítico-migmatíticas e foram formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de constituição litológica (gnáissica) menos resistente. Apresentam-se dissecados em feições de topos aguçados (D1), relevos tabulares (D2) e em forma de *inselbergs* (D3).

Na R.M.F. destacam-se as serras de Maranguape e da Aratanha/Pacatuba, que atingem níveis altimétricos da ordem de 700 a 800 m. Elas caracterizam-se por apresentarem condições de umidade bastante elevadas nas vertentes voltadas para o mar, onde o intemperismo químico é predominante, favorecendo o desenvolvimento de solos espessos, do tipo podzólico vermelho-amarelo eutrófico, que sustentam uma cobertura vegetal de grande porte, formada por floresta plúvio-nebular. Nos setores de sotavento (voltados para oeste), as condições ambientais são mais agressivas, sendo o intemperismo físico o principal processo modelador da paisagem. Nessas vertentes secas, predominam os solos litólicos, rasos, com freqüentes afloramentos rochosos, condicionando o desenvolvimento de uma vegetação arbórea, intermediária entre a caatinga e a floresta plúvio - nebulosa. 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.

IV.3 - Condições Climáticas

A maior parte dos processos naturais é influenciada pelo clima. Relevo, solo, vegetação, recursos hídricos e, principalmente, a vida humana, são ajustados às condições atmosféricas e climáticas. Nos programas de planejamento territorial o conhecimento da periodicidade com que ocorrem os eventos atmosféricos e suas implicações, oferece uma contribuição indispensável para regiões marcadas pela deficiência de recursos hídricos e para a implementação de medidas que contemplem o binômio homem-meio ambiente.

IV.3.1 - Condições Regionais

As regiões semi-áridas, como o Nordeste brasileiro, são submetidas a 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. Como exemplo, pode-se citar áreas no interior do Ceará, intensamente degradadas, em que o processo de desertificação já se encontra instalado. Esses casos são produzidos pelas características agressivas do clima semi-árido, associado a técnicas inadequadas de manejo do solo, gerando o abandono das áreas e o conseqüente aumento dos cinturões de pobreza nos centros urbanos.

A circulação atmosférica no estado do Ceará é regida, basicamente, por três sistemas sinóticos geradores de precipitação: as frentes frias, com sua formação original no pólo Sul, a Zona de Convergência Intertropical, que oscila dentro da faixa de trópicos e um Centro de Vorticidade Ciclônica, com tempo de

atuação variável dentro do período de chuvas. Além desses, outros sistemas de menor escala atuam na região, como as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa e as brisas marítima e terrestre que incidem com frequência na zona litorânea (CEARÁ, 1992).

A Zona de Convergência Intertropical é o principal sistema sinótico responsável pelo estabelecimento da quadra chuvosa. Atinge sua posição máxima, no hemisfério sul, em torno do equinócio outonal (23 de março), retornando ao hemisfério norte em maio, quando o período chuvoso entra em declínio.

IV.3.2 - Condições Locais

Na R.M.F., 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 (Figura 6):

- Uma zona predominante, em que o índice pluviométrico médio situa-se no patamar de 1.200 a 1.400 mm e as temperaturas são mais amenas nas zonas litorâneas;

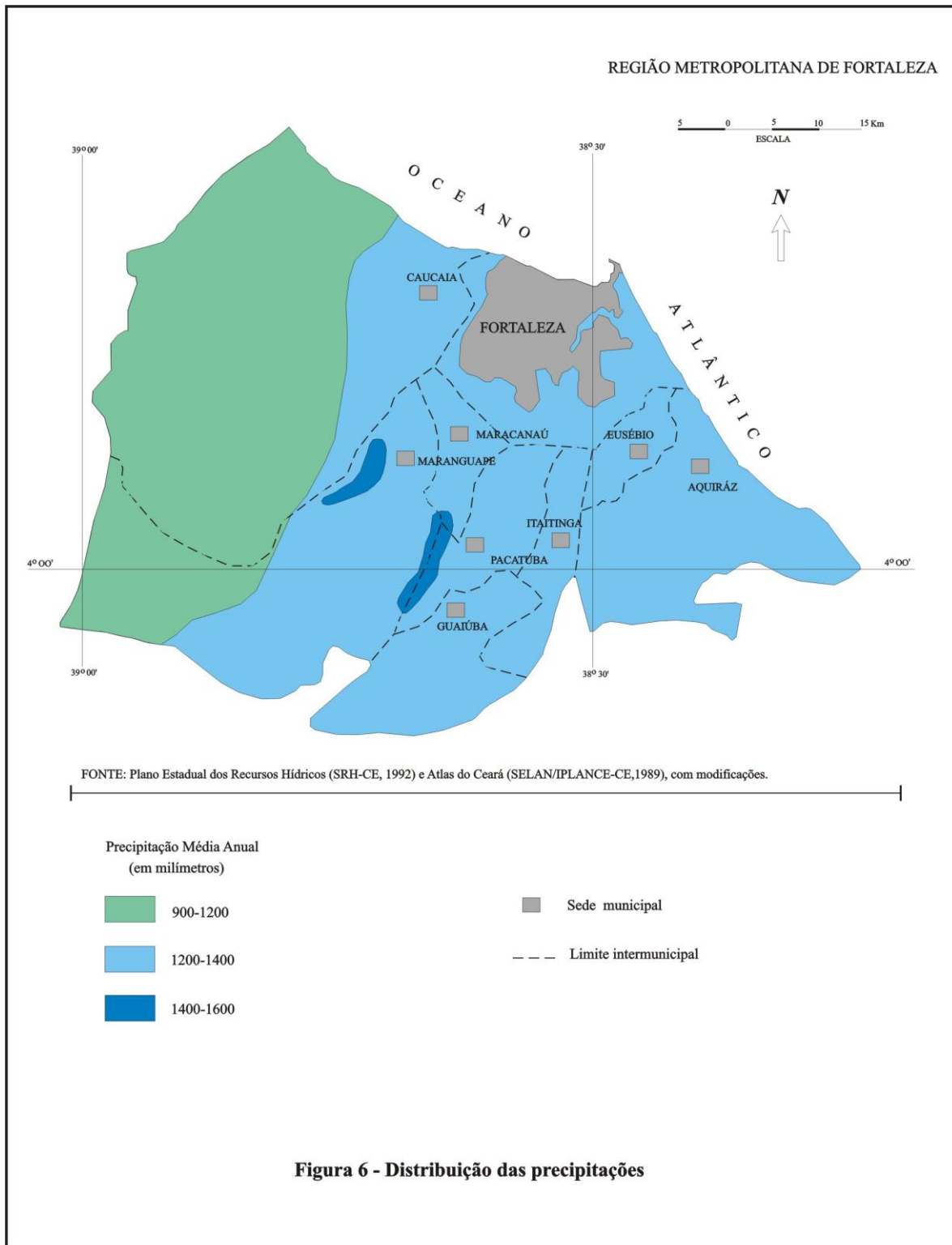
- Climas localizados, definidos em áreas de altitudes elevadas (serras de Maranguape e Aratanha/Pacatuba), onde a incidência de chuvas orográficas determina um aumento significativo da pluviometria média anual, situando-se numa faixa da ordem de 1.400-1.600 mm. Esses setores caracterizam-se também, pela ocorrência de temperaturas mais baixas;

- Clima de condições mais secas, na porção ocidental, estando numa faixa em que a precipitação média oscila em torno de 900 a 1.200 mm, com temperaturas mais elevadas nas áreas interioranas (sertões) e mais amenas no litoral.

O regime pluviométrico é bastante variável, podendo ocorrer anos de chuvas excessivas e de precipitações escassas, com ocasionais períodos de estiagem prolongada. No decorrer do ano a distribuição também é muito irregular. Normalmente cerca de 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre, sendo os meses de março a maio, os mais chuvosos, concentrando aproximadamente dois terços do total. Por vezes, ocorrem chuvas excessivas em curto espaço de tempo, ocasionando as enchentes e, conseqüentemente, sérios problemas para as áreas ribeirinhas. Os meses mais secos correspondem ao período de setembro a novembro.

A disponibilidade de água no solo é essencial para a demanda das plantas e, conseqüentemente, para a utilização agrícola do solo. O balanço hídrico consiste do confronto entre as necessidades das plantas e a quantidade de chuvas que ocorre numa determinada região. Em outras palavras, representa a contabilidade da entrada e saída de água no solo. O balanço hídrico consiste dos seguintes fatores (Bezerra, 1989):

- Precipitação (P): quantidade de água adicionada ao solo por processos naturais (chuvas) ou artificiais (irrigação);
- Evapotranspiração potencial (EP): quantidade anual de água, teoricamente necessária para a manutenção da planta verde;



- Evapotranspiração real (ER): quantidade de água que retorna à atmosfera por transpiração vegetal;

- Excesso hídrico: quantidade de água precipitada, não absorvida pelo solo e não evapotranspirada, incorporando-se à rede de drenagem superficial e/ou subterrânea;

- Deficiência hídrica: quantidade de água que falta ao pleno desenvolvimento e crescimento da planta.

Segundo Ribeiro & Gonçalves (1981) e Bezerra (*op. cit.*), quando a razão P/EP é maior que um, significa que existe um potencial hídrico disponível às plantas, ao escoamento superficial e à recarga dos aquíferos. Esses valores são encontrados no litoral da R.M.F. e nas serras de Maranguape e Pacatuba (maciços orográficos), enquanto valores menores que um são freqüentes no sertão, principalmente a sotavento das citadas elevações. Na zona litorânea a evapotranspiração real (ER) ocorre com valores médios anuais inferiores a 1.000 mm, tendo os maiores índices mensais no período de fevereiro a junho, quando assume valores similares aos de EP, congruentes ao período de armazenamento de água no solo. Os maiores índices de excesso hídrico ocorrem nas serras citadas e no litoral, enquanto os menores estão localizados a sotavento dos maciços orográficos. Obviamente, o período de maior excedente hídrico é concomitante à estação chuvosa, enquanto que a deficiência hídrica acentua-se nos meses de estiagem, ou seja, no segundo semestre, com ênfase nos meses de setembro a novembro.

A temperatura média anual nas áreas mais litorâneas é da ordem de 26 a 27°C com máximas situando-se, com

maior freqüência, entre 31 e 32°C. Nas áreas interiores, a média atinge o patamar de 28°C, enquanto a média das máximas fica em torno de 33 a 34°C. A média anual nas zonas de climas serranos torna-se mais amena e decai para 25°C, atingindo valores em torno de 22°C.

Em termos absolutos as temperaturas podem elevar-se a valores próximos a 38°C, sendo mais freqüentes limites de 35 a 37°C. Nas áreas altas, as mínimas absolutas chegam abaixo de 17°C, sendo mais comum em torno de 20°C.

Outras características predominantes no panorama climático da R.M.F, com exceção das áreas topograficamente mais elevadas, são: baixos índices de nebulosidade, ventos alísios que sopram do quadrante leste, forte insolação e altas taxas de evaporação.

Conforme consta no Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), a nebulosidade apresenta índices freqüentemente superiores a 6 décimos, atingindo mais de 7,5 décimos no período chuvoso. Durante a estiagem diminui bastante, permanecendo entre 2 e 4 décimos, especialmente no trimestre agosto-outubro. Os ventos, que só têm representatividade nas áreas litorâneas, mostram uma flutuação de direção predominante entre os pontos cardeais de nordeste e sudeste. As maiores velocidades ocorrem no segundo semestre, quando os valores médios situam-se entre 3 m/s e 4 m/s, enquanto no primeiro semestre, principalmente antes do início da época de chuvas mais abundantes, as velocidades reduzem-se bastante. Quanto à insolação, a região apresenta uma exposição média ao sol, de cerca de 2.650 horas/ano a quase

3.000 horas/ano. No decorrer do ano a incidência de luz solar atinge os menores valores - em torno de 6 horas/dia, nos meses de maior pluviosidade e, no auge da estiagem, situa-se na faixa de 9 horas/dia.

Além disso, as condições climáticas da região favorecem o fenômeno da evaporação, o qual provoca perdas hídricas consideráveis, mormente aos volumes acumulados em superfícies livres. Como este processo está diretamente relacionado ao regime pluviométrico, o trimestre úmido (março-maio) é o de menor índice, correspondendo, em média, a 15% da evaporação anual. Por outro lado, o período de setembro a novembro concentra quase um terço do total. Na zona litorânea, a taxa média de evaporação fica em torno de 2.300 mm, enquanto nas áreas mais interiores alcança valores de 2.800 mm.

Quando ocorrem anos muito secos, os índices de evaporação são ainda mais elevados, podendo superar 3.300 mm. Nesses casos, acontece uma acentuada redução na diferença entre as taxas do primeiro e do segundo semestres.

A Figura 7 mostra os gráficos contendo os valores médios mensais dos principais parâmetros climáticos, registrados pela estação meteorológica de Fortaleza, correspondentes às observações efetuadas no período de 1974 a 1993.

IV.4 - Recursos Hídricos

Na R.M.F., onde a demanda de água supera em muito a oferta, o abastecimento à população agrava-se durante os períodos de seca, quando a falta de precipitação provoca uma drástica diminuição na capacidade dos principais

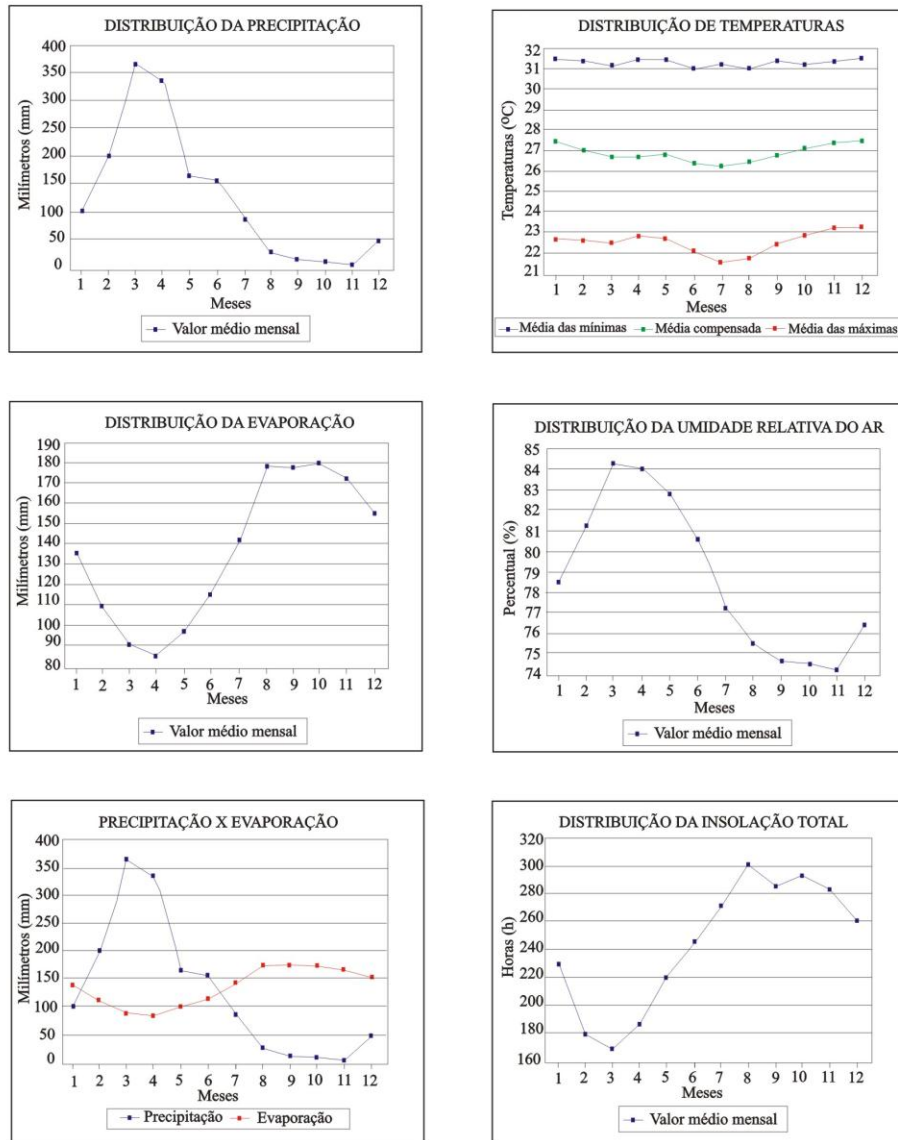
sistemas de captação existentes (Pacoti-Riachão-Gavião, Acarape do Meio e Pacajus) e dos reservatórios de menor porte. Nesses períodos a complementação da demanda é feita através da captação das águas subterrâneas, que, na R.M.F estão localizadas, com maior potencialidade, nos aquíferos da zona costeira (dunas e páleo-dunas). Estima-se que somente nos últimos quatro anos, quando caracterizou-se um período de seca prolongada no estado, foram perfurados mais de 500 poços tubulares profundos e mais de 1.000 tubulares rasos no município de Fortaleza.

A utilização dessas reservas, no entanto, tem sido bastante comprometida nos últimos anos, em consequência dos impactos provocados pela ocupação desordenada do meio físico. Os níveis desses impactos serão avaliados mais adiante, em capítulo específico sobre a contaminação dos recursos hídricos.

A Figura 8 mostra a distribuição dos recursos hídricos superficiais (Bacias Hidrográficas) e subterrâneos (Unidades Aquíferas) da R.M.F.

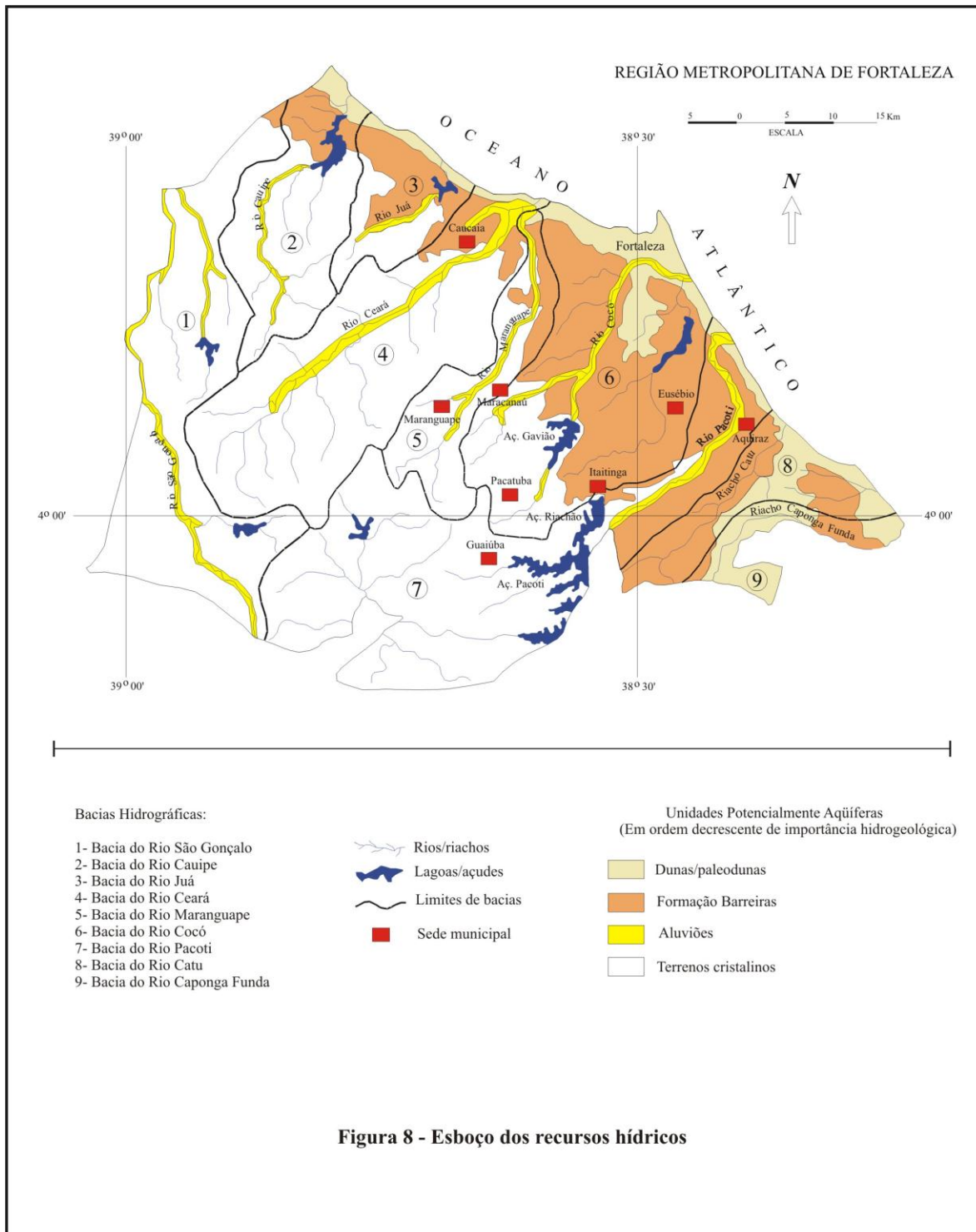
IV.4.1 - Águas Superficiais

O gerenciamento integrado dos mananciais hídricos visando o aproveitamento mais racional de suas potencialidades, considera como unidade básica de gestão a bacia hidrográfica. Nos programas de planejamento territorial as ações a serem implementadas devem contemplar, além da utilização, todas as atividades antrópicas que envolvam o ambiente da unidade básica e que possam resultar na degradação dos seus recursos. Foram delimitadas na R.M.F as seguintes bacias hidrográficas, posicionadas no



Fonte: FUNCEME/DATEN (1994)

Figura 7 - Principais registros da estação meteorológica de Fortaleza, no período de 1974 a 1993



sentido oeste-leste: São Gonçalo, Cauípe, Juá, Ceará, Maranguape, Cocó, Pacoti, Catu e Cponga Funda. No caso dos rios Ceará e Maranguape (este é afluente do primeiro), a confluência deles situa-se tão próximo ao mar, que foram considerados como bacias independentes.

Essas bacias são, de uma forma geral, unidades sem muita expressão hidrológica, caracterizadas por cursos fluviais de pequeno porte e intermitentes. No entanto, assumem importância relevante, tendo em vista constituírem o principal manancial de abastecimento para as populações que nelas residem. Além dos inúmeros açudes construídos (mais de 200), também existem diversas lagoas que complementam o suprimento d'água. Dentre as bacias hidrográficas delimitadas, merece destaque a do rio Pacoti, onde foi construído o sistema de açudes Pacoti-Riachão e o açude Acarape do Meio (este fora dos limites da R.M.F).

O rio Pacoti nasce na vertente norte-oriental da serra de Baturité e possui um curso de cerca de 130 km, seguindo, aproximadamente, a direção sudoeste-nordeste. A maior parte de seu trecho (médio e alto cursos) está contida em terrenos cristalinos e, ao penetrar na R.M.F, após constituir parte de seu limite sudeste, passa a drenar terrenos sedimentares (Formação Barreiras e dunas), onde forma amplas faixas aluvionares. Seus contribuintes de maior porte são os riachos Baú e Água Verde, ambos afluentes pela margem esquerda

O Quadro III mostra a quantificação, em termos de áreas e de ofertas (disponibilidades) potenciais de água superficial para cada bacia hidrográfica, conforme as informações compiladas do Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos da R.M.F - Fase II (AUMEF, 1984).

BACIA	ÁREA (km ²)	OFERTA POTENCIAL (m ³ /ano) x 10 ⁶
Rio São Gonçalo	464,59	56,86
Rio Cauípe	296,99	93,40
Rio Juá	102,67	34,95
Rio Ceará	568,73	154,92
Rio Maranguape	235,05	56,90
Rio Cocó	443,96	127,68
Rio Pacoti	717,06	200,50
Rio Catu	217,30	47,78
Rio Cponga Funda	45,47	13,66

Quadro III - Bacias hidrográficas da R.M.F.

Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (CEARÁ, 1992), o sistema de abastecimento d'água de Fortaleza e sedes de Caucaia e Maracanaú (incluindo o Distrito Industrial), é composto por quatro reservatórios, os

quais possuem as seguintes capacidades de armazenamento: Pacoti - 370 milhões de m³; Riachão - 87 milhões de m³; Gavião - 54 milhões de m³ e Acarape do Meio - 34 milhões de m³. Hoje, esse sistema conta com mais um reservatório - açude Pacajus,

construído no rio Choró, a sudeste da região metropolitana, com capacidade total de 148 milhões de m³.

IV.4.2 - Águas Subterrâneas

As dunas e páleo-dunas constituem as unidades geológicas de maior potencialidade aquífera da R.M.F. Apesar das dunas antigas apresentarem uma composição litológica com alguma participação de fases silteosas até silto-argilosas, diferenciando-se das dunas recentes, que são essencialmente arenosas, o comportamento hidrodinâmico de ambas é similar, daí serem considerados como um único aquífero.

Estudos hidrogeológicos desenvolvidos por Bianchi *et al* (1984) estimaram, para os campos de dunas identificados na R.M.F, uma reserva explorável da ordem de $55,0 \times 10^6$ m³/ano. As vazões dos poços perfurados situam-se na faixa de 5 a 10 m³/h, excepcionalmente atingindo valores de até 15 m³/h.

Cavalcante *et al* (1990), interpretaram 56 análises físico-químicas de poços localizados no sistema dunas/páleo-dunas, dentro dos limites do município de Fortaleza. Quanto à classificação química, concluíram que suas águas são cloretadas (85,7%) e, destas, 70% são sódicas, enquanto 30% são mistas, tendendo a sódicas. Com relação à potabilidade, os estudos revelaram que a qualidade para consumo humano é predominantemente boa (63,2%), com exceção de alguns poços situados na praia de Abreulândia, onde foram observados teores de cloreto acima de 2.000 mg/l.

Devido à elevada permeabilidade das areias ($K = 1,8 \times 10^{-4}$ m/s) e à pequena

profundidade do nível freático, as dunas são altamente susceptíveis à poluição de seus mananciais hídricos. O monitoramento e a preservação desses ambientes são fundamentais para assegurar a qualidade das águas, especialmente em áreas submetidas à ocupação intensa, como no município de Fortaleza.

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. No contexto regional esta unidade não pode ser considerada um aquífero e sim, um aquífero, ou seja, uma formação geológica que possui porosidade e permeabilidade ($K = 1,85 \times 10^{-6}$ m/s) baixas, transmitindo a água lentamente. Apesar disso, sua exploração é bastante desenvolvida, tendo em vista a significativa área que ocupa na R.M.F. (vide Figura 8).

O armazenamento d'água localiza-se nos seus níveis arenosos. Bianchi *et al* (*op. cit*), considerando uma área de distribuição de 681,6 km², uma espessura saturada média de 15 m e uma porosidade efetiva de 10%, calcularam uma reserva total de $1.022,4 \times 10^6$ m³, da qual, um terço pode ser considerada reserva explorável, o que resulta em $340,8 \times 10^6$ m³/ano. Seus poços apresentam uma vazão média da ordem de 3,7 m³/h, embora haja relatos de locais cujos poços produzem vazões de até 10m³/h (Morais *et al*, 1984).

Apesar de ainda mal dimensionados hidrogeologicamente, as aluviões representam fontes importantes de abastecimento, especialmente através de poços para uso doméstico. Nas áreas mais

secas (sertões), associadas ao domínio dos terrenos cristalinos, esses sedimentos destacam-se, muitas vezes, como a única opção para a captação de água subterrânea. As características volumétricas desses depósitos são bastante variáveis, o que condiciona o seu aproveitamento como aquíferos ou não.

Nos baixos cursos dos principais rios da R.M.F., as águas das marés penetram até significativas distâncias em direção ao interior dos vales, propiciando, em algumas áreas, a exploração de salinas em suas faixas aluvionares. Considerando este fato, Beltrão & Manoel Filho, 1973 (*in*: Bianchi *et al*, *op.cit*) mostraram através de estudos de eletrorresistividade, que os aluviões do rio Cocó, próximo à sua desembocadura, apresentam-se saturados de água salgada até profundidades entre 7 e 15 metros. Bianchi *et al* (*op. cit*) observaram que, somente a montante da linha equipotencial de 5 metros nas aluviões desses rios, pode-se captar água subterrânea sem a presença de altas concentrações de sais.

De um modo geral, admite-se que em função da capacidade específica, os depósitos aluvionares constituem formações de bom potencial hidrogeológico. Quanto ao aspecto qualitativo, geralmente suas águas não apresentam limitações para o consumo (humano e animal) e para a irrigação, desde que sejam observados os cuidados necessários para a preservação desses ambientes, pois são aquíferos altamente vulneráveis a várias formas de poluição/contaminação.

No domínio dos terrenos cristalinos (englobam todos os litotipos metamórficos e ígneos, desde os complexos gnáissicos

pré-cambrianos até as vulcânicas alcalinas terciárias), a porosidade primária de suas rochas é quase nula, conferindo-lhes uma permeabilidade extremamente baixa. A infiltração de água ocorre, essencialmente, nas zonas fraturadas. Portanto, a conceituação desses terrenos como aquíferos, está diretamente relacionada à caracterização da natureza e da quantidade de suas estruturas rúpteis. A água circula apenas em fraturas abertas. Os mantos de intemperismo ou as coberturas colúvio-eluviais estabelecidas sobre essas rochas podem armazenar, dependendo de suas espessuras, volumes de água que, eventualmente, podem ser aproveitados em captações pontuais. No entanto, a maior importância dessas coberturas está no fato de funcionarem como áreas de recarga para o meio fraturado subjacente. Do mesmo modo, os “riachos-fendas”, ou seja, linhas de drenagem encaixadas em fraturas e diáclases do embasamento, são fundamentais, juntamente com as aluviões a eles associados, para a alimentação dos aquíferos cristalinos, constituindo importantes guias na prospecção de água subterrânea.

Bianchi *et al* (*op.cit*) relatam que os poços construídos no domínio cristalino da R.M.F. fornecem vazões da ordem de 2,0 m³/h, geralmente com elevado teor de sais dissolvidos (com frequência acima de 2.000 ppm) mas que são, muitas vezes, a única alternativa de abastecimento para pequenas comunidades, estabelecimentos agropecuários e industriais. Para que se aumente a taxa de sucesso dos poços em rochas cristalinas, esses autores recomendam o mapeamento detalhado das fraturas, bem como o emprego de sondagens geofísicas (eletrorresistividade associada ao VLF) para a delimitação dessas estruturas em profundidade.

IV.5 - Caracterização Sumária das Classes de Solos

O conhecimento dos solos constitui uma das principais bases nos programas de planejamento territorial. A partir desses estudos é que se torna possível a implementação de ações voltadas para projetos de aumento da produtividade agrícola, irrigação, desenvolvimento de técnicas de manejo e conservação do solo etc. A Figura 9 mostra, de um modo generalizado, as principais classes de solos que ocorrem na R.M.F. Cada unidade cartografada compreende uma associação de diversos tipos, os quais, devido à escala reduzida do mapa, não estão representados na figura citada. A seguir, são apresentadas as principais características das dez classes de solos mapeados nos limites da R.M.F, segundo as informações extraídas de Stange & Neves Filho (1981) e Leite & Marques (1989), com algumas adaptações introduzidas:

1 - Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos

Ocorrem predominantemente na zona pré-litorânea, em relevo plano a suavemente ondulado, nos domínios dos sedimentos da Formação Barreiras. No extremo sul da área observam-se manchas desses solos ocupando terrenos de constituição granitóide com relevo movimentado. São profundos ou medianamente profundos, geralmente bem drenados (exceto os de caráter plíntico, que são de moderados a imperfeitamente drenados), ácidos, porosos e de textura variando de média a argilosa. A coloração é muito variada, indo desde tonalidades vermelho-amareladas até bruno-acinzentadas.

O horizonte A mostra-se fraco a moderadamente desenvolvido, com textura arenosa ou média e raramente argilosa. A passagem para o horizonte B pode ser difusa ou abrupta, e este exhibe coloração entre amarela e vermelha, sendo que em solos com plintita mostra-se variegado, com abundantes mosqueados. A textura é argilosa ou média.

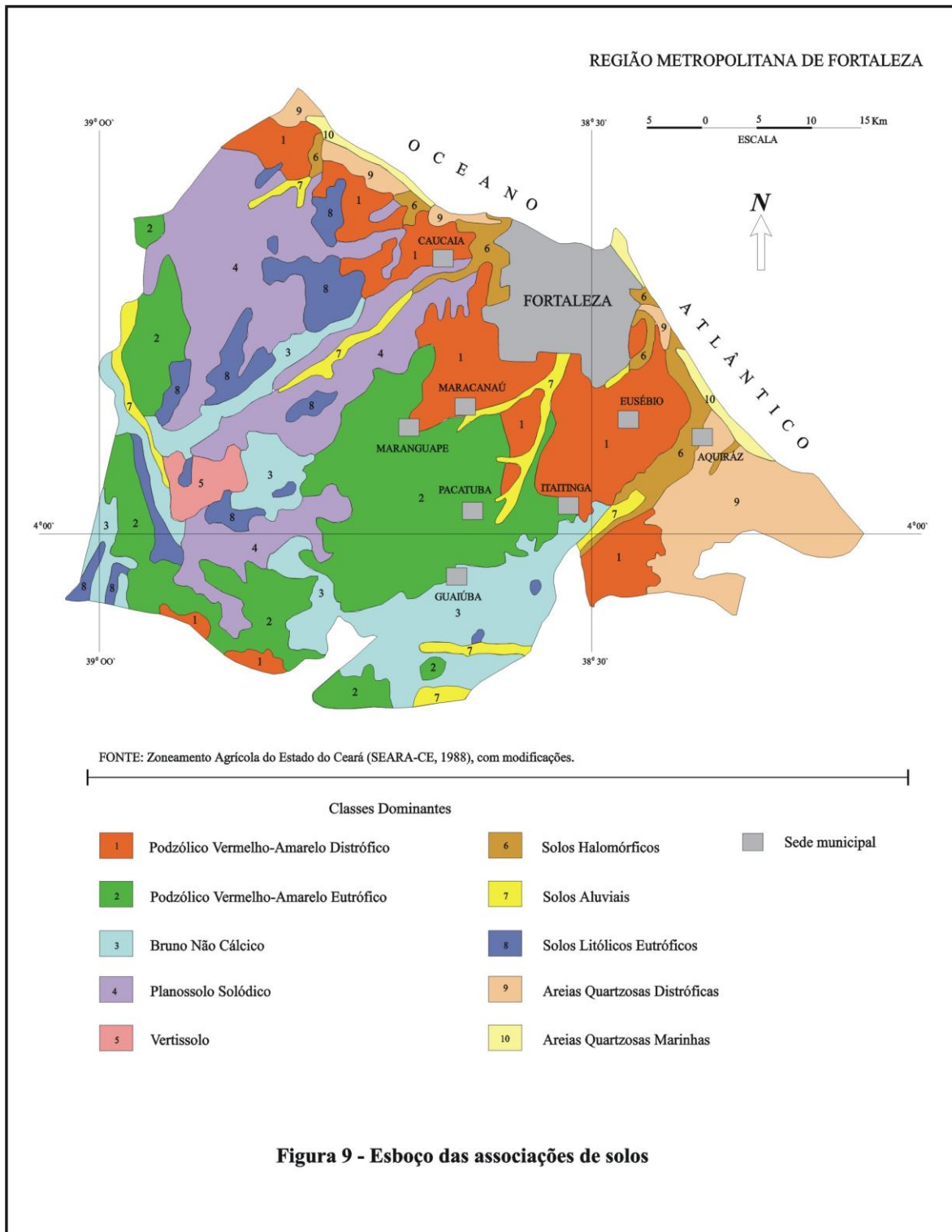
Dentro desta unidade, destacam-se os tipos abrupto, plíntico, cascalhento, concrecionário e fase pedregosa. Apresentam baixa fertilidade natural e forte acidez, recomendando-se o uso de fertilizantes e a correção do pH.

2- Podzólicos Vermelho-Amarelos Eutróficos

Distribuem-se em grande parte da R.M.F., ocupando terrenos de relevo variado desde plano até montanhoso (maciços residuais) e originados a partir de materiais distintos. São bem desenvolvidos, com horizonte B textural, argila de atividade baixa ou alta, baixa acidez e contêm grande quantidade de minerais primários.

O horizonte A, frequentemente 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 de médio a alto potencial agrícola, dependendo da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. Dentro desta unidade ocorrem as



variações cascalhento, abrupção, plúntico e fase pedregosa.

3 - Brunos Não - Cálcidos

Ocupam extensas áreas de relevo plano a suavemente ondulado, nos domínios da depressão setaneja, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas. Normalmente encontram-se associados com solos litólicos eutróficos. São rasos ou pouco profundos, moderadamente drenados, ácidos a praticamente neutros e com grande quantidade de minerais primários no perfil. Caracterizam-se também pela freqüente presença de pavimentos detríticos em sua superfície.

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

A falta de água, pedregosidade e susceptibilidade à erosão, constituem os principais fatores limitantes à utilização agrícola dessa unidade pedológica.

4 - Planossolos Solódicos

Esses solos ocupam áreas consideráveis da R.M.F., normalmente relacionados ao relevo plano da superfície pediplanada (depressão sertaneja) e foram desenvolvidos sobre os litotipos da seqüência gnáissico-migmatítica.

Freqüentemente estão associados a solos halomórficos (solonetz solodizado) e litólicos eutróficos. São relativamente rasos e de baixa permeabilidade, sofrendo encharcamento durante os períodos chuvosos e fendilhamento nas épocas secas. As cores dominantes variam de bruno-claro-acinzentado a bruno-escuro, mostrando também cores de redução devido à drenagem imperfeita.

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: elevada saturação em sódio, falta de aeração, excesso de água nos períodos chuvosos e ressecamento nas estações secas.

5 - Vertissolos

De ocorrência restrita na área, estes solos ocupam terrenos de relevo plano a suavemente ondulado, de constituição gnáissico-migmatítica. São solos não hidromórficos, com seqüência de horizontes A-C, argilosos a muito argilosos, com elevado teor de argilas do grupo da montmorilonita, que provoca expansões (quando molhados) e contrações (quando secos).

Caracterizam-se principalmente pelo horizonte C, o qual apresenta espessuras diversas, conforme a profundidade da rocha subjacente e coloração variada, predominando o bruno-escuro, bruno-acinzentado e bruno-acinzentado-escuro.

Em épocas chuvosas esses solos encharcam-se facilmente e devido à drenagem imperfeita e à lenta permeabilidade, tornam-se bastante susceptíveis à erosão, embora representem uma unidade pedológica de bom potencial agrícola.

6 - Solos Halomórficos

Este grupo engloba os solonetz solodizados, solonchak sódicos e solos indiscriminados de mangues. Ocorre nas zonas pré-litorânea e litorânea, especialmente nas desembocaduras dos principais rios e ao longo de seus cursos, até onde se faz sentir os efeitos das marés. Distribui-se também nas margens de lagoas próximo ao litoral.

Os solonetz solodizados caracterizam-se por mostrarem horizontes bem diferenciados, enquanto os solonchak sódicos são pouco diferenciados, exibindo seqüência de horizontes A-C e os solos indiscriminados de mangues não possuem diferenciação nítida de horizontes, sendo muito ricos em matéria orgânica. Em comum, esses tipos apresentam concentrações de sais bastante elevadas, o que os tornam limitados agricolamente.

7 - Solos Aluviais

São originados a partir da sedimentação fluvial recente, distribuindo-se ao longo das planícies dos principais rios da região. Por vezes estão associados aos solos halomórficos.

São medianamente profundos a muito profundos, de texturas variadas, moderada a imperfeitamente drenados e com pH entre moderadamente ácido a

levemente alcalino. O horizonte A ou Ap é normalmente fraco a moderado, às vezes chernozêmico, com textura de arenosa a argilosa e coloração bruno-acinzentada-escuro e bruno muito escuro. As camadas subjacentes exibem textura variável de arenosa a siltosa e cores brunadas, sendo mosqueadas nos solos argilosos de drenagem imperfeita.

Possuem alta fertilidade natural, representando um importante potencial agrícola, desde que sejam considerados os problemas de inundações nos períodos chuvosos.

8 - Solos Litólicos Eutróficos

Ocorrem nas áreas dissecadas, ocupando posição de encostas em relevos que variam desde suavemente ondulados até montanhosos, ou mesmo escarpados. Ocasionalmente, podem ocupar áreas de relevo praticamente plano.

São rasos a muito rasos, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, bem drenados, com pedregosidade e rochiosidade na superfície. Apresentam um horizonte A diretamente assentado sobre a rocha ou sobre um horizonte C de pequena espessura. Possuem grande quantidade de minerais primários, textura desde arenosa até siltosa e são moderadamente ácidos a praticamente neutros. Frequentemente ocorrem associados a podzólicos vermelho-amarelos.

A utilização agrícola desses solos é fortemente limitada, devido à deficiência de água, pedregosidade, presença de afloramentos rochosos, pouca profundidade e relevo acidentado.

9 - Areias Quartzosas Distróficas

Distribuem-se na faixa litorânea e pré-litorânea, com maior área de incidência no município de Aquiráz. Por vezes estão associadas a areias marinhas e podzólicos vermelho-amarelos, ambos distróficos. Desenvolveram-se a partir do retrabalhamento dos sedimentos da Formação Barreiras.

São solos profundos a muito profundos, com seqüência de horizontes A-C, excessivamente drenados, fortemente ácidos, com baixos teores de argilas (menos de 15%) e coloração variando de vermelha até branca, sendo freqüente as tonalidades amareladas. Tendo em vista a baixa fertilidade natural e a própria textura arenosa, sua utilização agrícola é bastante limitada, embora, em áreas muito restritas, possam características eutróficas, servindo para culturas de subsistência.

10 - Areias Quartzosas Marinhas

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 e excessivamente drenados, apresentando seqüência de horizontes A-C.

Em geral, o horizonte A é fracamente desenvolvido, de textura arenosa e coloração cinza-escuro a muito escuro. Nas áreas mais próximas ao 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. São solos que apresentam, sob vários aspectos,

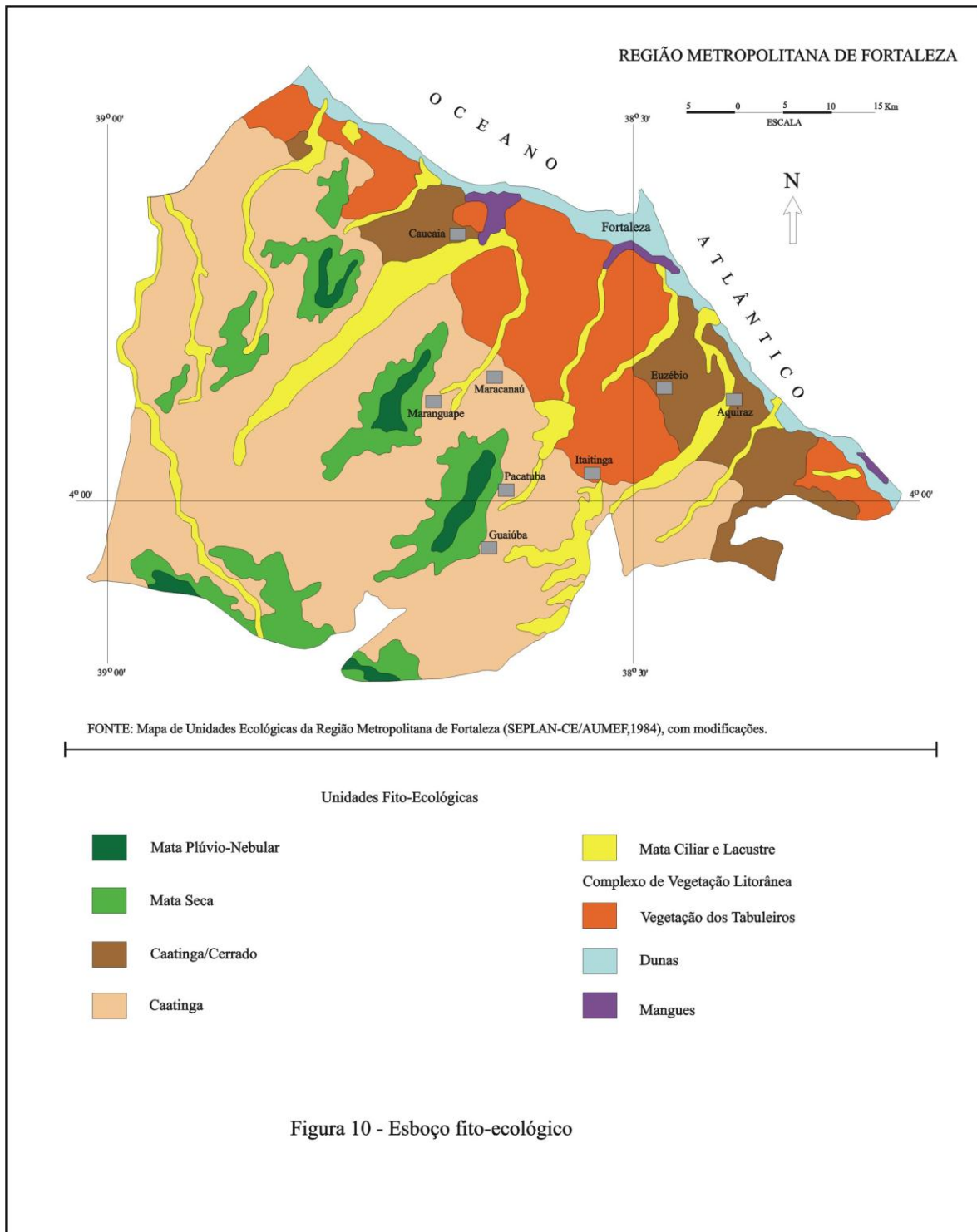
limitações fortes ou muito fortes para o uso agrícola.

IV.6 - Cobertura Vegetal: Unidades Fito-Ecológicas

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, através da expansão desordenada das áreas urbanas e industriais, do emprego de técnicas agrícolas inadequadas e de várias outras formas de ocupação que degradam o meio. A vegetação é um recurso natural que fornece uma quantidade enorme de benefícios aos seres humanos e deve ser preservada o quanto possível, sob pena de se comprometer, irreversivelmente, a qualidade de vida das gerações futuras. Sendo assim, o conhecimento da flora constitui uma ciência imprescindível para a execução dos programas de uso e ocupação do solo. A Figura 10 mostra as principais unidades de vegetação ou unidades fito-ecológicas dominantes na R.M.F., as quais serão descritas a seguir, com base, principalmente, nas informações extraídas de Jordy Filho *et al* (1981), Lima & Figueiredo (1984), Figueiredo (1989) e Miranda *et al* (1994):

1 - Mata Plúvio-Nebular

Localiza-se nos setores mais elevados das serras, tais como: Maranguape, Aratanha/Pacatuba, Juá, Conceição e Camará. 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 podzóico vermelho-amarelo eutrófico, favorecendo a fixação desse revestimento vegetal de grande porte.

Sua composição florística caracteriza-se por árvores que alcançam até 30 metros, 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 (*Hymenaea courbarie*), tuturubá (*Lucuna grandiflora*), piroá (*Basiloxylom brasiliensis*) etc.

Essa unidade deve ser considerada de preservação permanente nos trechos das nascentes de rios e riachos e nos setores onde a declividade for superior a 45°. No entanto, o que se verifica é uma total inobservância desses princípios (previstos na legislação ambiental), como, por exemplo, na serra de Maranguape, onde a ocupação agrícola (bananicultura, principalmente) alcança as vertentes de alta declividade, com desmatamentos generalizados, que degradam o solo e comprometem a estabilidade das encostas, provocando escorregamentos em grande escala e o conseqüente assoreamento dos vales, entre outros impactos ambientais.

2 - Mata Seca

Recobre os níveis inferiores (meia encosta) e vertentes de sotavento dos relevos acima citados, assim como os serrotes que se distribuem na R.M.F. (não representados na Figura 10). Coloniza setores de declividade média a alta, com solos rasos, do tipo litólico, onde os

afloramentos 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 a floresta úmida e a caatinga que circunda esses relevos. A maioria das espécies apresenta queda das folhas nos períodos de estiagem. Destaca-se, entre outras, as seguintes espécies: angico (*Anadenanthera macrocarpa*), aroeira (*Astronium urundeuva*), gonçalo alves (*Astronium fraxinifolium*), mulungu (*Erythrina velutina*) e sipaúba (*Thiloa glaucocarpa*).

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 colonizados pela vegetação de caatinga, a qual já atinge níveis topográficos elevados.

3 - Complexo Vegetal Litorâneo

3.1 - Vegetação dos Tabuleiros

Os terrenos planos com declividades muito suaves (conhecidos como tabuleiros) que ocorrem na zona pré-litorânea, no domínio dos sedimentos da Formação Barreiras, apresentam diferenciações na percolação de água subterrânea, em função das variações granulométricas existentes (fácies argilosa e arenosa), o que determina o tipo de cobertura vegetal presente. Sendo assim, essas áreas, na R.M.F, são revestidas por duas unidades ecológicas distintas: a

floresta de tabuleiros (dominante na fácies argilosa) e uma associação de caatinga/cerrado (dominante na fácies arenosa), sendo esta última descrita mais adiante.

A floresta de tabuleiros caracteriza-se por uma vegetação densa, com indivíduos que exibem um porte médio de seis metros e cujas folhas caem em mais de 50% nos períodos de estiagem. Seus principais componentes são: pau d'arco roxo (*Tabebuia avellanadae*), caraíba (*Tabebuia caraíba*), arapiroca (*Pithecellobium foliolosum*), freijó (*Cordia trichotoma*), angelim (*Andira retusa*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*). A cajucultura tem sido a principal atividade agrícola nessas áreas e, juntamente com outras formas de ocupação, tem provocado modificações significativas na cobertura vegetal primária.

3.2 - 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 siltico-argilosos, muito ricos em matéria orgânica e que sustentam a vegetação típica dos mangues, denominada de 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. Na R.M.F, os

principais manguezais são aqueles associados aos rios Ceará, Cocó e Pacoti.

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, em menor proporção, o mangue de botão (*Conocarpus erecta*). Além das árvores, os mangues abrigam uma grande variedade de plantas epífitas (que se apoiam em outras), como bromélias, orquídeas e samambaias, assim como líquens, que se fixam nas copas, formando o estrato superior dos manguezais. Por outro lado, as raízes e os troncos são intensamente colonizados 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 e substâncias poluidoras, como metais tóxicos e pesticidas. Fornecem ainda, ao longo dos rios, proteção contra as enchentes, diminuindo a força das inundações e preservando os campos agrícolas adjacentes. Por tudo isso, os mangues são considerados como áreas de preservação

permanente, conforme a Lei nº 4771, no seu Artigo 2º, que institui o Novo Código Florestal Brasileiro, promulgada em 15 de setembro de 1965.

3.3 - Vegetação de Dunas

Nos campos de dunas, as áreas localizadas mais próximas ao mar caracterizam-se por uma vegetação pioneira, onde predominam gramíneas e várias espécies rasteiras que atuam como agentes fixadores contra a deflação eólica. Como espécies mais representativas, destacam-se: salsa-da-praia (*Ipomoea pes-caprae*), brejo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*), cipó-da-praia (*Remirea marítima*) e oró (*Phaseolus ponduratus*), além de arbustivas como o murici (*Byrsonima cerícea*).

As dunas edafizadas ou em processo de edafização, onde desenvolveu-se um perfil de solo, situam-se à retaguarda das áreas mencionadas acima 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 avellaneda*), tatajuba (*Chloroflora tinctoria*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*).

Consideradas como um excelente aquífero as dunas possuem um papel de destaque no suprimento de água potável para grande parte da população da R.M.F. Neste aspecto e na proteção contra os efeitos da ação dos ventos, o revestimento vegetal assume importante função na manutenção do equilíbrio desses

ambientes, sendo considerado de preservação permanente por força da Lei nº 4.771- Art.2º, de 15 de setembro de 1965, que institui o Novo Código Florestal Brasileiro.

4 - Faixa de Transição Caatinga/Cerrado

É uma associação de plantas de cerrado e plantas de caatinga que ocorre nos glaciais pré-litorâneos (tabuleiros), fixando-se, predominantemente, nos terrenos em que a Formação Barreiras apresenta uma constituição mais arenosa, ou esteja recoberta por areias recentes (quaternárias). Na R.M.F, a principal área de distribuição desta unidade localiza-se no município de Aquiráz e, secundariamente, próximo a Caucaia.

Fisionomicamente mostra-se semelhante aos cerrados, constituindo-se de um estrato arbóreo, com indivíduos isolados ou em grupos e um estrato herbáceo de gramíneas e dicotiledôneas. Os principais representantes de sua flora são: lixeira ou sambaíba (*Curatella americana*), barbatimão (*Stryphnodendron coriaceum*), paraíba (*Simarouba versicolor*), cajuí (*Anacardium brasiliensis*), pau-terra (*Quaeria parviflora*) e marfim (*Agonandra brasiliensis*). Os desmatamentos têm sido intensos nessas áreas, em consequência da grande proliferação de loteamentos e da exploração agrícola, através das culturas de caju e de lavouras de subsistência.

5 - Caatinga

Ocupa a maior porção territorial da R.M.F., 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, incluindo enclaves de cerrados 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, 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 (*Caesalpinia bracteosa*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), marmeleiro (*Croton sonderianus*) e mandacaru (*Cereus jamacaru*).

6 - Mata Ciliar e Lacustre

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 caducifólia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos. A principal espécie que habita esses ecossistemas é a carnaúba (*Copernicia cerífera*), 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. Na R.M.F. destacam-se as matas ciliares ou florestas ribeirinhas relacionadas às planícies dos rios Pacoti, Ceará, Cocó, São Gonçalo, Cauípe e outros menores.

Da mesma forma, as áreas de acumulação inundáveis (depressões de pequenos desníveis que acumulam água de chuva) e as áreas em torno 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.

O Código Florestal Brasileiro, anteriormente citado, impõe restrições ao uso e ocupação dos ambientes onde

ocorrem as florestas ribeirinhas e lacustres. No entanto, a acelerada expansão populacional, associada à necessidade de aumento da produção agrícola, tem provocado o desmatamento

indiscriminado nessas áreas ocasionando erosão dos solos, assoreamento dos rios e lagoas, assim como enchentes nos períodos chuvosos.

Capítulo V

Esboço de Zoneamento Geoambiental

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

O esboço cartográfico que trata do zoneamento (Figura 11), partiu de uma hierarquia espacial taxonômica contida nas unidades inferiores propostas por Bertrand (*op. cit.*), priorizando-se os geossistemas e as geofácies.

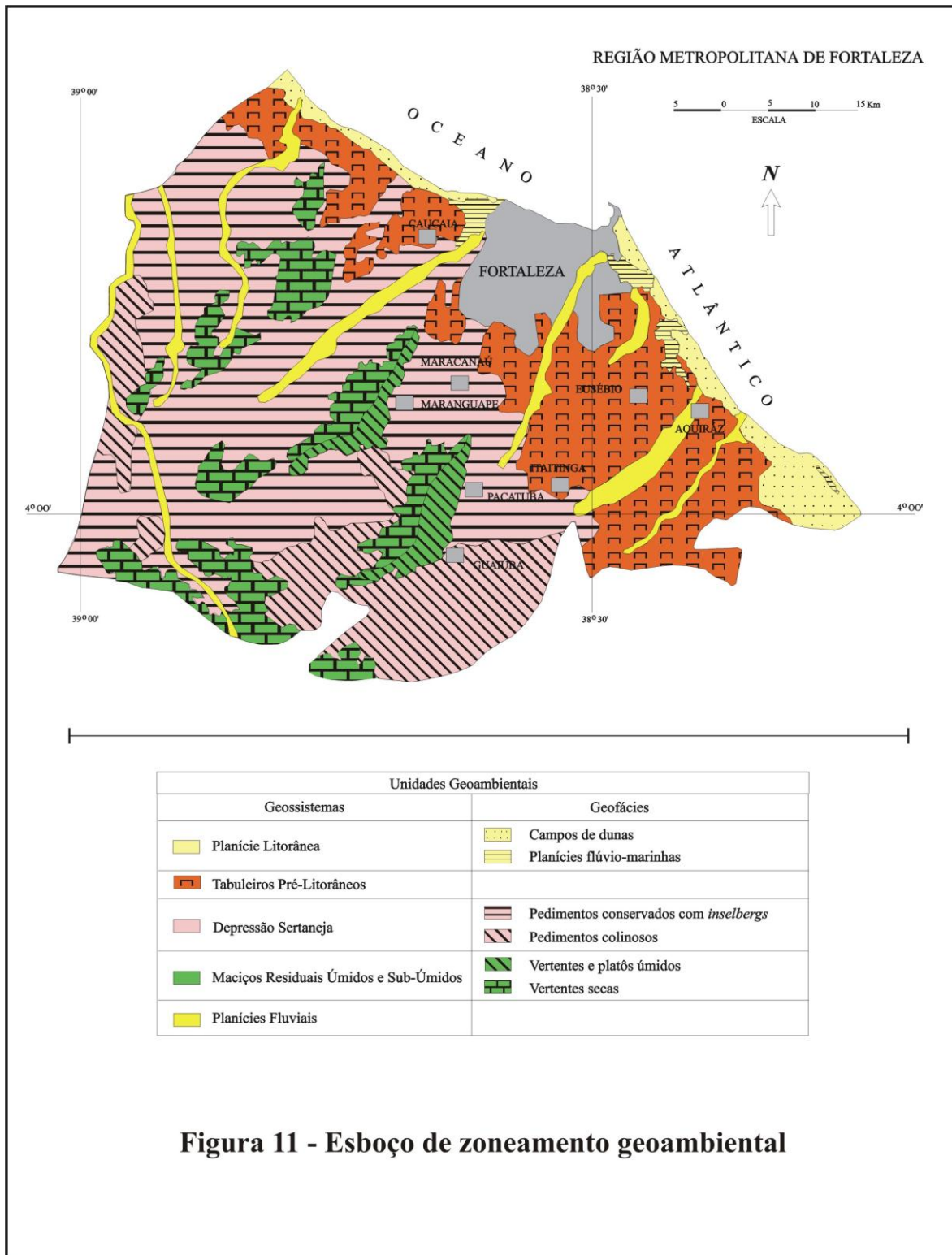
Os geossistemas acentuam o complexo geoambiental e a sua dinâmica. A concepção de paisagem teve significado destacável para a proposta de zoneamento. Ela resulta, de acordo com Bertrand (*op. cit.*), da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem dessa paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução. Assim, o potencial ecológico, a exploração biológica e os padrões de ocupação antrópica, vão constituir dados instáveis onde a variação temporo-espacial torna-se significativa. Por essa dinâmica interna, os geossistemas não possuem homogeneidade fisionômica. Na maior parte dos casos, os geossistemas são formados por paisagens diferentes. As unidades fisionômicas mais homogêneas constituem sub-unidades internas dos geossistemas e representam as geofácies.

Na elaboração do zoneamento, considerou-se a sub-compartimentação geomorfológica como critério fundamental. Isso se justifica pela maior facilidade de se identificar, delimitar e interpretar os compartimentos topográficos e as feições de modelados neles contidos. Reconhecendo-se a compartimentação como resultante de heranças da evolução geoambiental, deduz-se que cada compartimento tem seus próprios padrões climáticos e hídricos, um arranjo espacial dos solos e condições fito-ecológicas específicas.

Foram caracterizadas, no âmbito da R.M.F., as seguintes unidades geoambientais maiores (geossistemas):

1- Planície Litorânea: abrange o leste do município de Aquiraz, leste e norte de Fortaleza e nordeste de Caucaia, constituindo uma estreita faixa de terra que concentra elevado estoque de sedimentos de neo-formação modelados por processos eólicos, marinhos, fluviais e mistos. Possui condições climáticas úmidas e sub-úmidas e é drenada pelos cursos inferiores dos rios Pacoti, Ceará, Cocó, Cauípe e outros sistemas fluviais menores. Apresenta importantes estuários e grande concentração de lagoas com alimentações fluvial e freática.

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.



Apresentam condições climáticas similares às da planície litorânea.

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. Possui condições climáticas sub-úmidas a semi-áridas, com precipitações médias anuais de 800 a 1.000 mm.

4- Maciços Residuais Úmidos e Sub-Úmidos: incluem partes dos municípios de Maranguape, Pacatuba, Caucaia e Guaiúba. Destacam-se as serras de Maranguape, Pacatuba/Aratanha, Juá e

Conceição, que apresentam climas úmidos e sub-úmidos, com precipitações médias anuais entre 900 e 1.600 mm.

5- Planícies Fluviais: distribuem-se dispersamente nos terrenos da depressão sertaneja e dos glaciais pré-litorâneos, representando ambientes de diferenciação no contexto semi-árido regional.

Para cada geossistema ou geofácies procurou-se enquadrá-los em uma categoria de meio ecodinâmico, com base em critérios propostos por Tricart (1977). Isso propiciou a definição de vulnerabilidade ambiental das unidades territoriais, delimitadas conforme o quadro síntese abaixo apresentado por Souza *et. al.*(1994).

Categoria dos Ambientes	Condições de Balanço entre Morfogênese e Pedogênese	Vulnerabilidade Ambiental
Ambientes Estáveis	Estabilidade morfogenética antiga; solos espessos e bem evoluídos; franca predominância da pedogênese sobre os processos morfogenéticos; cobertura vegetal em equilíbrio.	Nula ou Muito Baixa
Ambientes de Transição	Ação simultânea dos processos morfogenéticos e pedogenéticos; incidência moderada das ações areolares; predominância de pedogênese indica tendência à estabilidade; predominância de morfogênese indica tendência à instabilidade.	Moderada a Forte
Ambientes Instáveis	Morfogênese intensificada; relevos fortemente dissecados e vertentes com declividades elevadas; condições climáticas agressivas e baixa capacidade protetora exercida pela vegetação; solos erodidos; nítida predominância da morfogênese sobre a pedogênese.	Forte
Ambientes Fortemente Instáveis	Pedogênese praticamente nula; ausência ou extrema rarefação de cobertura vegetal; incidência acentuada dos processos erosivos.	Muito Forte

Quadro IV - Classificação ecodinâmica do ambiente (adaptado de Tricart, *op. cit.*).

Nos quadros a seguir, são descritas as condições naturais dominantes, as potencialidades e limitações dos ambientes, as condições ecodinâmicas e a vulnerabilidade ambiental, além do uso compatível dos geossistemas/geofácies.

Geossistema	Geofácies	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Planície Litorânea	Campos de Dunas	Faixa costeira c/ dunas móveis, fixas e páleo-dunas, c/ dinâmica eólica muito ativa; faixas praias c/ larguras irregulares; nas dunas fixas e páleo-dunas a pedogênese favorece a fixação de cobertura vegetal impedindo a mobilização eólica; vegetação do complexo litorâneo c/ predomínio de estrato arbustivo nas dunas fixas.	Patrimônio paisagístico c/ elevado potencial para atividades de turismo e lazer; bom potencial de água subterrânea; necessidade de uso controlado dos corpos d'água; ambiente fortemente limitativo à expansão urbana em função das condições de instabilidade; sistema viário deve ser cuidadosamente projetado, considerando-se a vulnerabilidade do ambiente; loteamentos devem ser implantados mediante realização de estudos de impactos ambientais; meio limitativo para a prática de atividades agro-extrativas e agropecuárias; dunas fixas e páleo-dunas se enquadram como unidades de preservação compulsória e permanente	Ambientes instáveis a fortemente instáveis, com vulnerabilidade forte a muito forte.	Urbano-turístico controlado; com restrições para mineração, agricultura, loteamentos e estradas; uso restrito e controlado das faixas praias e dos corpos d'água; necessidade de monitoramento da qualidade ambiental.

Quadro V (1/2) - Características geoambientais da Planície Litorânea.

Geossistema	Geofácies	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Planície Litorânea	Planícies Flúvio-Marinhas	Faixas perpendiculares e paralelas à linha de costa, em estuários com sedimentos de origem fluvial e marinha; solos lodosos, profundos, parcial ou permanentemente submersos; a fixação dos mangues ocorre até onde haja salinidade; a vegetação halófila serve de abrigo e criadouro de inúmeras espécies de peixes e crustáceos.	Áreas com biodiversidade complexa e com significativa capacidade produtiva do ponto de vista florístico e faunístico; a vulnerabilidade ambiental inviabiliza inúmeras atividades, exceto o manejo racional dos mangues.	Ambientes instáveis com vulnerabilidade forte.	Reservas biológicas; áreas de uso e acesso restrito por imposições legais; ecossistemas sujeitos à preservação compulsória e permanente de sua biodiversidade.

Quadro V (2/2) - Características geoambientais da Planície Litorânea.

Geossistema	Geofácies	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Glacis Pré-Litorâneos	Tabuleiros	Superfície plana c/ caimento topográfico suave na direção da linha de costa; constituídos por sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras; a área é fracamente entalhada pela drenagem superficial que isola as feições tabuliformes c/ pequenas amplitudes altimétricas entre os fundos de vales e os topos dos interflúvios; razoável concentração de lagoas; areias quartzosas e solos pod-zólicos recobertos pela vegetação de tabuleiros que se a-cha fortemente descaracterizada pelo uso agrícola de cajucultura, mandioca, fruticultura e pecuária; a maior parte dos sítios urbanos de Fortaleza, Aquiraz, Eusébio e Caucaia situam-se nessa unidade.	As condições de clima e de topografia plana potencializam a área do ponto de vista agropecuário; as limitações a estas atividades são determinadas pela baixa fertilidade natural dos solos; ambiente pouco a moderadamente vulnerável à erosão dos solos; sem limitações significativas à ocupação e expansão urbana; potencialmente favorável à implantação e expansão da rede viária.	Ambientes estáveis com vulnerabilidade muito baixa.	Áreas de uso e acesso livres; próprias à expansão urbana, atividades agropecuárias, extrativismo e à implantação da rede viária.

Quadro VI - Características geoambientais dos Glacis Pré-Litorâneos.

Geossistema	Geofácies	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Depressão Sertaneja	Pedimentos Conservados c/ Inselbergs	Superfície plana, rampeada na direção dos fundos de vales e do litoral; c/ níveis altimétricos de 60 a 120 m em rochas do embasamento cristalino; drenagem densa c/ padrão dendrítico e cursos d'água c/ regime intermitente sazonal; solos rasos a moderadamente profundos revestidos por caatingas arbóreo-arbustivas fortemente degradadas; ocorrências eventuais de morros isolados (<i>inselbergs</i>).	Áreas propícias ao uso agrícola e à pecuária extensiva e semi-intensiva; limitações naturais impostas pela irregularidade do regime pluviométrico; exploração indiscriminada da caatinga lenhosa para fins energéticos; poucas restrições à expansão urbana e da rede viária.	Ambientes de transição com vulnerabilidade moderada.	Propícias à atividade agro-pastoril, agro-extrativa vegetal e ao extrativismo mineral com utilização de rochas para material de construção.
	Pedimentos Dissecados em Colinas Rasas	Superfície moderadamente dissecada em feições de topos convexos, c/ níveis altimétricos superiores a 100 m em rochas do embasamento cristalino; drenagem densa c/ padrão dendrítico e cursos d'água c/ regime intermitente sazonal; solos rasos a moderadamente profundos revestidos por caatingas arbóreo-arbustivas fortemente degradadas.	Idem	Idem	Idem

Quadro VII - Características geoambientais da Depressão Sertaneja.

Geossistema	Geofácies	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Maciços Residuais Úmidos e Sub-Úmidos	Vertentes e Platôs Úmidos	Áreas serranas dispersas pelas depressões sertanejas, posicionadas próximo ao litoral c/ altitudes entre 600-900m; relevos fortemente dissecados em feições de colinas e cristas em rochas do embasamento cristalino; nas vertentes úmidas e nos platôs das serras de Maranguape e Pacatuba a rede fluvial é densa e os vales são profundos; nos relevos colinosos os solos podzólicos têm fertilidade natural média; nas vertentes de cristas ocorrem solos rasos (litólicos) e afloramentos rochosos; nos fundos de vales as planícies alveolares têm solos aluviais e coberturas coluviais; o revestimento vegetal tem remanescentes de matas plúvio-nebulares ao lado de lavouras variadas.	Bom potencial edafo-cimático favorável à agricultura e silvicultura; ambiente muito vulnerável aos efeitos da erosão acelerada quando os desmatamentos se realizam de modo indisciplinado e à margem de normas conservacionistas; ambientes desfavoráveis à expansão urbana e implementação da infraestrutura viária.	Ambiente de transição c/ tendência à instabilidade nas vertentes mais íngremes e com vulnerabilidade de moderada a forte; tendência de estabilidade nos setores de topografia mais suave ou plana como nas planícies alveolares.	Áreas favoráveis e parcialmente favoráveis às lavouras de ciclo longo, cafeicultura, fruticultura, silvicultura e ao uso urbano-turístico.
	Vertentes Secas	Áreas de sotavento dos maciços serranos c/ índices pluviométricos inferiores a 900 mm; relevos dissecados em cristas e lombas alongadas que expõem solos rasos e afloramentos rochosos; revestidas por matas secas e caatingas.	Potencial edáfico favorável com limitações de naturezas climática e topográfica; ambientes muito vulneráveis aos efeitos da erosão acelerada.	Idem	Áreas favoráveis e parcialmente favoráveis à silvicultura e às lavouras de ciclo longo.

Quadro VIII - Características geoambientais dos Maciços Residuais Úmidos e Sub-Úmidos.

Geossistema	Geofácies	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Condições Ecodinâmicas e Vulnerabilidade	Uso Compatível
Planícies Fluviais		Faixas de acumulação aluvial das planícies formadas pelos rios Pacoti, Ceará, Cocó, São Gonçalo, Cauípe e pequenos canais litorâneos e pré-litorâneos; superfícies baixas compreendendo várzeas parcialmente inundáveis com sedimentos aluviais; rede de drenagem densa e fraco gradiente fluvial que favorece o alargamento dos vales e a deposição das aluviões que são recobertas por matas ciliares de carnaubais e por lavouras de subsistência.	Potencial edafo-climático e topográfico favorável às atividades agrícolas; bom potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; alguns solos apresentam problemas de salinização e de inundações periódicas; além de drenagem imperfeita; limitadas com relação à sua ocupação devido aos riscos de enchentes e de poluição hídrica.	Ambientes de transição com tendência à estabilidade.	Áreas favoráveis às atividades agrícolas e à implantação de cerâmicas e olarias.

Quadro IX - Características geoambientais das Planícies Fluviais.

Capítulo VI

Impactos Ambientais: Principais Problemas Relacionados ao Meio Físico da R.M.F.

Com base nas características físicas/biológicas e na configuração geoambiental da área, torna-se possível a compreensão da interação dos processos naturais com as atividades antrópicas. A seguir são identificados e caracterizados os principais problemas, procurando-se mostrar as potencialidades e as limitações do meio físico, bem como os níveis de modificações das suas propriedades - impactos, decorrentes do uso e ocupação do espaço territorial.

VI.1 - Migração de Dunas

Os campos de dunas são, dentre os ecossistemas costeiros, aqueles que talvez apresentem as maiores transformações nas suas características originais em consequência da atividade antrópica. O litoral da R.M.F. é marcado pela ocorrência de extensos cordões de dunas móveis sujeitas aos efeitos da dinâmica eólica, provocando a sua instabilidade e de dunas fixas (ou semi-fixas), que possuem um revestimento vegetal pioneiro, que as protege da ação dos ventos. A distribuição e a caracterização física desses ambientes, foram analisadas em capítulos precedentes.

A mobilização das dunas é um processo natural que ocorre com frequência em regiões litorâneas dominadas por ventos que sopram costa adentro, com velocidades adequadas para promover a movimentação dos sedimentos arenosos. Essas condições são plenamente satisfeitas para a zona costeira da RMF e,

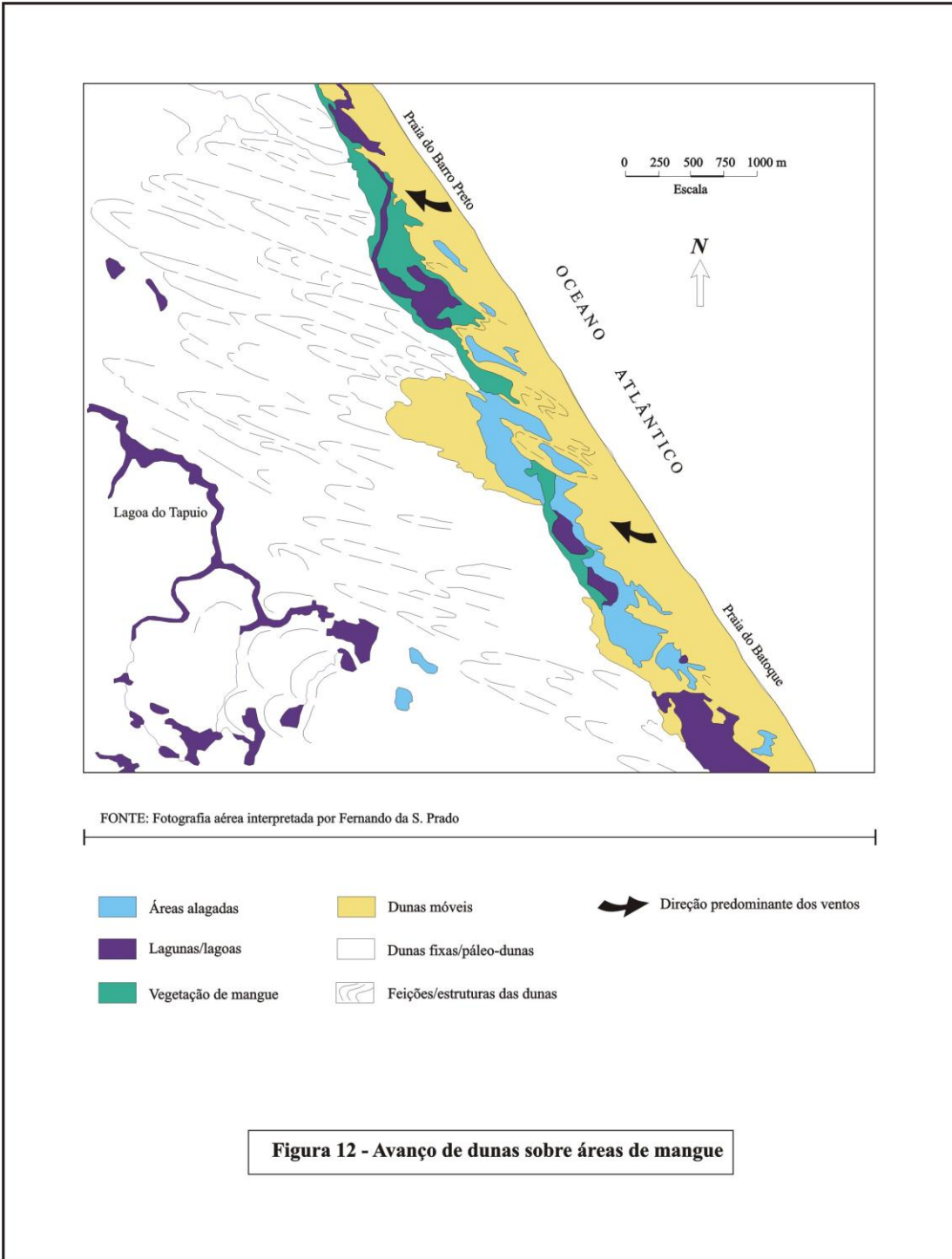
como consequência, verifica-se em determinadas áreas, situações em que as dunas mostram-se avançando sobre outros ecossistemas - como vales fluviais, lagoas e mangues, promovendo, inclusive, o assoreamento dos mesmos. Da mesma forma construções, áreas urbanizadas e agricultadas, estabelecidas nas zonas de migração de dunas, constituem áreas de risco, com a possibilidade de serem lentamente soterradas pela remobilização das areias.

Castro *et al* (1992) estimou em 200.000 m³/ano, o volume de sedimentos transportados pelos ventos na R.M.F. Durante o período de 1986 a 1988 foram realizadas medições de avanço de dunas na praia de Iparana (município de Caucaia), com a finalidade de subsidiar estudos de fixação das mesmas, a nível de projeto piloto. As medições foram executadas ao longo de seis perfis, com observações mensais. O maior registro foi em novembro/86, com um avanço de 5,58 metros. Durante este mês a direção predominante do vento foi de leste, com uma velocidade média de 3,9 m/s, considerada elevada. O menor avanço ocorreu em janeiro/88 (período chuvoso), com um deslocamento de 0,1 metro no mês. Durante todo o período estudado (1986-1988) foi registrado um avanço de 27,1 metros (Castro, inf. verbal).

A Figura 12, interpretada a partir de fotografias aéreas de 30 anos atrás, mostra um exemplo, no município de Aquiraz, de

uma frente de duna móvel que avançou sobre áreas de mangue e de páleo-dunas. Atualmente observa-se que o processo de migração encontra-se estacionário, em

consequência, provavelmente, da declividade do terreno (em direção ao mar), que atenua ou mesmo impede o avanço das areias.



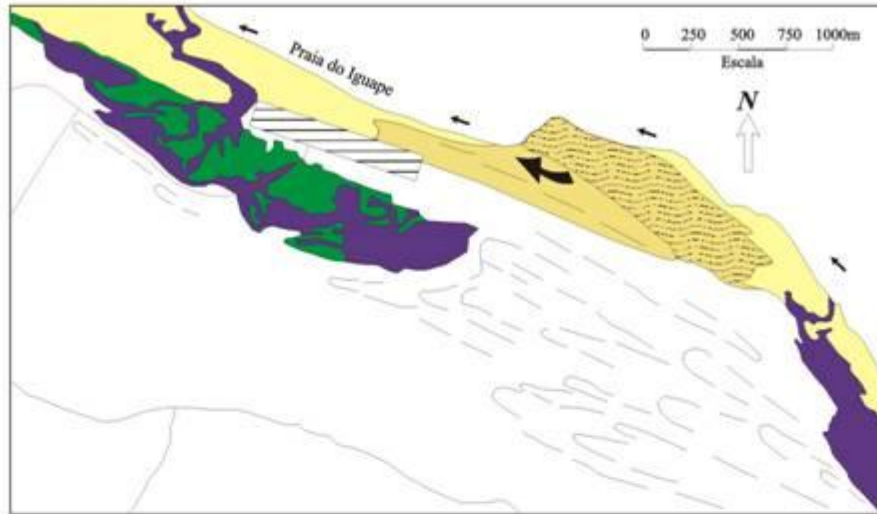
Em algumas áreas, dependendo da orientação da linha de costa, as dunas móveis podem exercer papel importante no *by pass* de sedimentos, como se observa, por exemplo, na ponta do Iguape, município de Aquiraz (Figura 13). Neste local, o promontório quartzítico ali existente funcionava como uma superfície sobre a qual as areias das dunas eram transportadas, alimentando a deriva litorânea e, conseqüentemente, minimizando os efeitos da erosão costeira (este assunto será abordado no próximo capítulo). A figura 13 mostra, como a anterior, a interpretação de uma fotografia aérea tirada há cerca de 30 anos. Hoje a ponta do Iguape encontra-se intensamente ocupada, principalmente por casas de veraneio, o que tem provocado a obstrução do deslocamento das areias, favorecendo, em conseqüência, a ação erosiva na faixa de praia localizada a sotamar.

Outro exemplo, ainda enfocando o aspecto da contribuição das dunas móveis no *by pass* de sedimentos para o transporte litorâneo, situa-se próximo à foz do rio Pacoti. Neste local percebe-se claramente, através de fotos aéreas e imagens de satélite, o avanço dos sedimentos eólicos sobre a planície fluvial. Esse material está sendo incorporado ao aporte sedimentar do rio e distribuído pelas correntes de deriva litorânea ao longo da linha de costa, a jusante da desembocadura do Pacoti, devendo-se, portanto, preservar essas dunas para que continuem migrando e contribuindo com a dinâmica sedimentar costeira.

Vários outros exemplos ocorrem na R.M.F., podendo-se observar aspectos positivos e negativos na interação do processo de migração de dunas com os demais ecossistemas costeiros. No entanto, o relativo equilíbrio natural é, quase

sempre, drasticamente alterado pela intervenção antrópica. A retirada do revestimento vegetal, fixador das dunas, apesar de proibida pela legislação ambiental (Lei nº 4.771, Artigo 2º, promulgada em 15/09/65), é uma prática comum na região, tendo como causa diversas formas de uso e ocupação do solo. Esse desmatamento acaba por transformar, a médio e/ou longo prazos, dunas fixas em dunas móveis. Construções civis como ruas, estradas, edifícios e loteamentos (Fotos 1 e 2), assim como as atividades de mineração, modificam a geometria desses depósitos e até mesmo provocam a sua remoção parcial ou total, o que altera, significativamente, a dinâmica eólica em determinadas áreas. Além disso, a urbanização indiscriminada atinge as áreas de recarga, impermeabilizando os terrenos e comprometendo a potencialidade do principal aquífero da região

Na cidade de Fortaleza, bairros populosos como Barra do Ceará e Serviluz, sofrem graves problemas relacionados com o avanço das areias sobre residências, ruas e avenidas (Foto 3). Em muitos casos, a técnica adotada para se deter ou diminuir a migração das massas arenosas consiste no plantio de espécies vegetais potencialmente fixadoras, como a salsa de praia e outros tipos de gramíneas que melhor se adaptam às condições regionais. Utiliza-se também, na tentativa de minimizar os efeitos da ação dos ventos ou desviar a sua direção, obstáculos feitos com palhas de carnaúba e de coqueiro, telas de nylon e outros materiais (Foto 4). Em áreas onde o volume de sedimentos envolvido é muito grande e a sua mobilização encontra-se em grau avançado, o processo torna-se irreversível e a única alternativa para as populações ali residentes é o abandono das propriedades.



FONTE: Fotografia aérea interpretada por Fernando da S. Prado

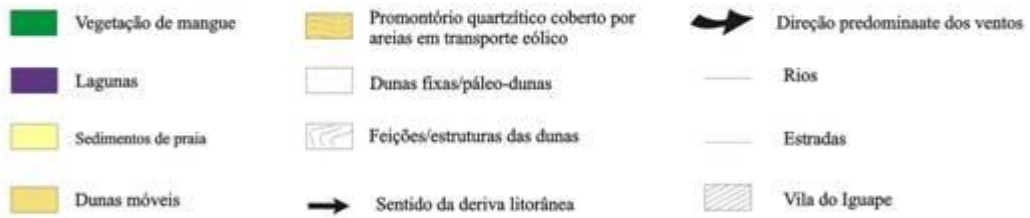


Figura 13 - Dunas associadas a promontório

O assentamento de grande parte da população de baixa renda nesses ambientes, ou seja, a favelização das dunas (Foto 5), constitui um dos grandes problemas a serem solucionados pelos administradores. Essa forma de ocupação, além de causar a desestabilização das áreas com relação à mobilização eólica, também é responsável por outros níveis de interferência no meio físico - deslizamentos de encostas e contaminação dos mananciais hídricos, os quais serão abordados mais adiante em capítulos específicos.

As atividades de lazer e de turismo, quando praticadas sem o necessário controle, constituem fatores que aceleram o processo de degradação das dunas. A pressão exercida pelo tráfego de pedestres e principalmente de veículos (bugres), resultam na degeneração das espécies vegetais que ali vivem, favorecendo a ocorrência de manchas de solo descoberto, as quais podem se transformar em núcleos de erosão, que são rapidamente ampliados pela atividade do vento. Em consequência, *blow-outs* de dimensões consideráveis podem se formar, alterando a dinâmica natural e provocando danos a propriedades, estradas, campos agricultados etc.

As dunas são consideradas como ecossistemas frágeis, sensíveis, ou vulneráveis, devido à sua propensão para mudanças, mesmo quando submetidas a pequenos *stress* ambientais. Os impactos negativos da atividade humana em dunas costeiras têm sido consideráveis, e muitas delas encontram-se em adiantado estado de degradação, sendo que em alguns casos foram completamente removidas. A constatação

desses problemas mostra a necessidade de um planejamento físico-territorial que oriente e estimule o crescimento urbano para o quadrante sul, isto é, em direção aos terrenos onde predominam os tabuleiros pré-litorâneos (Formação Barreiras) e o embasamento cristalino, procurando-se preservar, o quanto possível, as dunas costeiras. Por outro lado, deve-se adotar políticas corretivas ou mitigadoras nas áreas críticas de mobilização já ocupadas ou em processo irreversível de ocupação, através da revegetação das dunas e de outras técnicas artificiais de fixação e de proteção contra ação eólica.

VI.2 - Erosão da Linha de Costa

Dominguez (1993) advoga que a erosão da linha de costa é, mais adequadamente, caracterizada como recuo da linha de costa. Isto se deve ao fato de que as praias, a porção mais visível e valiosa da maioria das zonas costeiras não estão, na realidade, sendo erodidas, mas simplesmente mudando sua posição no espaço e este fenômeno não causa danos ao ambiente praias, que se ajusta continuamente à evolução do traçado litorâneo. Segundo o autor, a “crise” da erosão costeira é, em certo sentido, criada pelo homem, pois se ninguém ocupasse as áreas próximas à linha de costa, não haveria problema algum.

Adicionalmente, o homem tem contribuído bastante para aumentar o problema da erosão marinha. A construção de barragens, por exemplo, reduz o suprimento de sedimentos para a linha de costa, acelerando o fenômeno da erosão. Obras de engenharia executadas com a finalidade de proteger determinados segmentos costeiros, muitas

vezes resultam, ao contrário, na intensificação do processo erosivo, como é o caso das diversas estruturas construídas ao longo do litoral de Fortaleza.

A subida do nível do mar prevista para os próximos cem anos, da ordem de 0,50 metro, certamente irá exacerbar o processo de erosão marinha, que já afeta cerca de 70% das linhas de costa do mundo (Dominguez, *op.cit.*). Observações efetuadas na R.M.F. e em outras áreas costeiras, 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 interferências antrópicas. Um indicador deste fenômeno pode ser localizado na praia do Batoque (município de Aquiraz), onde se observa, na zona de estirâncio, o aparecimento de antigos mangues que estavam cobertos pelas areias, e hoje estão sendo exumados (Foto 6), testemunhando o recuo da linha de costa. Outros registros de páleo-mangues aflorantes na face de praia foram identificados no litoral leste do Ceará, como as ocorrências na praia da Caponga (município de Cascavel), relatadas por Moraes & Meireles (1992).

A dinâmica costeira é controlada, fundamentalmente, pela deriva litorânea (*longshore current*). Este trânsito de sedimentos é criado quando as ondas incidem obliquamente à linha de costa, estabelecendo uma corrente que flui longitudinalmente à face de praia, com atuação restrita à zona de *surf*. Esta corrente, associada ao movimento em zigue-zague das areias (*swash transport*) formado pelo espriamento das ondas que quebram de encontro à linha de praia, constitui o principal agente responsável

pelo transporte de sedimentos. No litoral da R.M.F, o regime de ondas que se aproxima da costa é proveniente dos quadrantes leste e nordeste, gerando um transporte ou deriva litorânea, predominantemente de leste para oeste e de sudeste para noroeste. Secundariamente, as ondas também incidem a partir do quadrante norte e são caracterizadas por possuírem um poder erosivo mais elevado. Castro *et al* (1992) estimou uma taxa de transporte litorâneo da ordem de 600.000 m³/ano.

Essa dinâmica tem sido profundamente modificada pela interferência do homem através de obras de engenharia mal planejadas. A construção de uma bateria de molhes desde o porto do Mucuripe até a foz do rio Ceará interrompem o fluxo de sedimentos pela deriva litorânea e aumentam o poder erosivo das ondas nos setores a sotamar dessas estruturas. Estas obras, num total de doze, foram concebidas a partir da principal (a do porto), numa tentativa seqüenciada de se deter os efeitos da ação erosiva que foi se estabelecendo a juzante de cada um dos molhes construídos.

O molhe do porto do Mucuripe foi construído na década de 40, sem a realização dos estudos necessários para a compreensão dos processos oceanográficos e sedimentológicos que atuam na área. A finalidade da obra era proteger a bacia portuária contra o ataque direto das ondas e impedir que o transporte litorâneo de sedimentos provocasse o assoreamento do porto. No entanto, ao atingir a estrutura, o regime de ondas é deformado e ocasiona o fenômeno de difração, ou seja, após atingirem o obstáculo propagam-se em

ondulações curvilíneas na zona de sombra do dique. Este fenômeno fez com que o material em suspensão fosse depositado ao longo da estrutura e formasse uma pequena praia, tornando mais rasa a zona adjacente e dificultando o acesso a navios de grande calado. Após esta sedimentação a corrente destituída de material em suspensão e, conseqüentemente, dotada de maior potencial erosivo, reflete-se na direção da praia de Iracema e adjacências (Morais, 1972), que hoje experimenta um preocupante nível de degradação. O comportamento das ondas difratadas pode ser claramente observado através de fotografias aéreas (Figura 14) e imagens de satélite.

O processo erosivo decorrente da construção do porto e dos molhes subseqüentes tem-se transferido para as praias do setor oeste, onde o exemplo mais representativo deste fenômeno ocorre na praia de Iparana (município de Caucaia). Este trecho é caracterizado como área de recuo acelerado da linha de costa, onde o mar já avançou cerca de 350 metros nos últimos 25 anos, tendo sido construído neste local uma extensa estrutura de enrocamento paralela à linha de praia (Foto 7), a fim de absorver a energia proveniente do impacto direto das ondas e proteger o segmento de praia onde está localizada a colônia recreativa do SESC Além da deficiência de aporte sedimentar desde o porto do Mucuripe, o molhe localizado na margem direita da foz do rio Ceará (o último da série de estruturas construídas) influencia de modo significativo na erosão da praia de Iparana. Segundo Meireles *et al* (1990) a difração ou refração das ondas que incidem no molhe faz com que elas penetrem frontalmente na boca do

estuário, obstruindo a descarga sedimentar do rio que entraria na deriva litorânea e minimizaria a ação erosiva no setor costeiro citado. Ainda, de acordo com esse autor, a exploração de areia que é praticada no leito do rio Ceará, a cerca de 15 km de sua foz, contribui para intensificar a erosão costeira, pois um volume considerável de sedimentos que naturalmente seria transportado pelo fluxo fluvial e redistribuído na planície costeira de Iparana, pelas correntes de deriva litorânea, está sendo gradativamente extraído do leito do rio.

A Figura 15 mostra a imagem de uma fotografia aérea do trecho de costa em torno da desembocadura do rio Ceará. Observa-se no canto direito a retenção de sedimentos a sotamar dos molhes, os quais já se encontram quase que totalmente preenchidos, gerando uma progradação da linha de costa a montante da foz do rio. Na porção central da figura destaca-se o promontório entre as praias de Iparana e Dois Coqueiros, constituindo uma área de *by pass* de sedimentos das dunas para a deriva litorânea, quando os ventos sopram do quadrante sudeste.

Os *beach rocks* ou arenitos de praia são formações que ocorrem em diversos trechos da planície litorânea da R.M.F., constituindo corpos alongados, dispostos paralelamente à linha de costa e que normalmente afloram em dois ambientes praias: na zona de estirâncio e/ou na zona de arrebenção. A presença desses corpos muitas vezes contribui para atenuar os efeitos da erosão costeira, tendo em vista que ajudam a absorver grande parte da energia das ondas, diminuindo a remoção de sedimentos da face de praia.



- Direção das ondas difratadas
- Direção de incidência da frente de ondas

Figura 14 - Difração das ondas na região do porto do Mucuripe



- ⇒ Indicação da retenção de sedimentos ao longo das estruturas
- ⇒ Sentido da deriva litorânea
- ➔ Sentido dos ventos que provocam o "by pass" de areias de dunas para a deriva litorânea
- ⇒ Transporte fluvial

Figura 15 - Dinâmica costeira simplificada no trecho da foz do rio Ceará

Em algumas áreas as dunas podem exercer papel importante no *by pass* de sedimentos de um setor para outro da linha de costa, como exemplificado no capítulo anterior. A configuração costeira da R.M.F., mostra-se em diversos trechos, favorável a que as areias mobilizadas pelos ventos desloquem-se em direção à linha de praia e sejam incorporadas à deriva litorânea, contribuindo para a manutenção do equilíbrio dinâmico das praias a jusante. Alguns cursos d'água (como o rio Pacoti, por exemplo) funcionam como receptores do material eólico, que é adicionado ao transporte fluvial e, posteriormente, redistribuído pelo sistema litorâneo. Os promontórios que ocorrem na região - pontas do Iguape e do Mucuripe, constituem feições importantes para o *by pass* dos sedimentos (Capítulo VI.1- Figura 13). No caso do Mucuripe, quando os ventos predominantes sopram do quadrante sudeste, parte das areias provenientes das dunas que ocorrem na praia do Futuro, acumulam-se na bacia portuária, contribuindo para o seu processo de assoreamento.

Recomenda-se a execução de um programa de mapeamento geológico-geomorfológico de detalhe na zona costeira da R.M.F, com maior ênfase nas áreas críticas identificadas. Com isso, pretende-se estabelecer os critérios técnicos que deverão nortear um melhor gerenciamento da ocupação do solo e do aproveitamento dos recursos naturais, de forma a contemplar a dinâmica sedimentar determinante do equilíbrio geoambiental dessas áreas litorâneas.

VI.3 - Degradação de Áreas de Acumulação Inundáveis

O termo “área úmida” (*wetland*) é utilizado para descrever ambientes que não são nem totalmente terrestres, nem totalmente aquáticos. São áreas inundadas ou saturadas por água superficial ou subterrânea, numa frequência e duração suficientes para dar suporte a uma vegetação tipicamente adaptada à vida em condições saturadas. Constituem ambientes transicionais entre os sistemas terrestres e aquáticos, onde o nível do lençol freático está próximo à superfície do terreno, ou onde o terreno é coberto por água rasa. As áreas úmidas, que podem estar relacionadas a águas salgadas, doces ou salobras, desempenham importantes funções ambientais, tanto do ponto de vista biológico quanto físico (Dominguez, 1993), tais como:

- Constituem locais de reprodução, alimentação e descanso de aves aquáticas em geral, sendo de extrema importância para aquelas migratórias. São também áreas críticas para a reprodução de um grande número de espécies de peixes, crustáceos e moluscos de valor econômico para o homem.
- Retêm água das chuvas, reduzindo os efeitos das inundações e funcionam como tampões hidrológicos para reservatórios subterrâneos, liberando água nos períodos secos e armazenando nos períodos chuvosos.
- Auxiliam a mitigar os efeitos da poluição, retendo, retardando e transformando substâncias poluidoras como pesticidas, metais tóxicos e matéria orgânica, evitando que contaminem os mananciais hídricos. Os microorganismos presentes nas áreas úmidas atuam na decomposição dos poluentes da água,

como nitratos, e do ar, como sulfatos. Além disso, são fontes relevantes na produção de oxigênio.

Apesar de sua importância, esses ambientes nem sempre têm sido considerados como um recurso natural. Pelo contrário, mangues, pântanos e brejos são freqüentemente tratados como locais a serem drenados, dragados e aterrados, dando lugar a loteamentos, empreendimentos turísticos e industriais, vazadouros de lixo etc.

Na R.M.F., os manguezais são as áreas úmidas de maior significância, com destaque para aqueles associados aos rios Ceará, Cocó e Pacoti (Foto 8), além de outros menores, relacionados a lagunas e pequenos estuários (Figuras 12 e 13, Capítulo VI.1). O rio Ceará apresenta em sua zona estuarina uma área de manguezal estimada em 675 ha (Figura 16). No rio Cocó esse ecossistema possui cerca de 375 ha, estendendo-se até aproximadamente 11 km de sua foz, enquanto no rio Pacoti sua área é estimada em 158 ha (Miranda *et al*, 1994).

Os manguezais são formados 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, favorecendo a deposição de sedimentos predominantemente silteico-argilosos, ricos em matéria orgânica, que sustentam a vegetação de mangue. Para maiores informações sobre as características físicas e biológicas

desses ecossistemas, sugerimos consultar os capítulos IV e V.

Devido à contínua disponibilidade de nutrientes e à característica protegida desses ecossistemas costeiros, um grande número de organismos utiliza os manguezais para alimentação, reprodução e abrigo. Inúmeras espécies de peixes, camarões, caranguejos e ostras são exploradas pelas populações ribeirinhas, constituindo uma importante fonte de renda e alimentação. Diversas espécies de aves aquáticas como a garça, o socó, o gavião-do-mangue, a siricóia e o martim-pescador, constroem seus ninhos e encontram proteção e alimento nos manguezais, contribuindo para o equilíbrio ecológico.

A matéria orgânica oriunda da decomposição das folhas e dos dejetos produzidos pelos animais é carregada para o mar, enriquecendo suas águas e, conseqüentemente, aumentando a produtividade da pesca litorânea, ou seja, as áreas de mangue funcionam como exportadores de nutrientes para as zonas costeiras adjacentes.

Além disso, devido ao seu posicionamento geográfico entre os ambientes marinho e terrestre, e à configuração de suas árvores e arbustos (com raízes entrelaçadas), os manguezais atuam como verdadeiros contêntores da erosão provocada pela ação das ondas, protegendo determinados setores da linha de costa. Da mesma forma fornecem proteção contra as enchentes ao longo dos rios, diminuindo a força das inundações e preservando campos agricultáveis e habitações adjacentes.

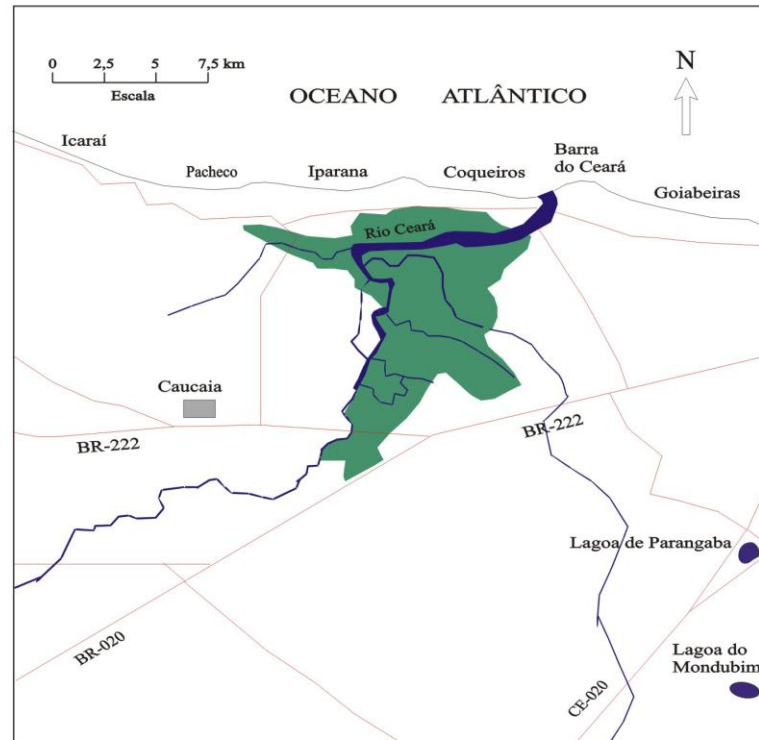


Figura 16 - Manguezal do rio Ceará

Existe uma farta legislação ambiental a níveis federal, estadual e municipal, que direta ou indiretamente aborda a preservação desses ecossistemas. No entanto, apesar das inúmeras leis e decretos vigentes, constata-se que, por deficiência de infraestrutura na fiscalização exercida pelos órgãos competentes, bem como pela falta de conscientização e de educação ambiental por parte da sociedade de um modo geral, essas áreas, que são extremamente complexas e frágeis, têm sido violentamente alteradas pelas interferências antrópicas.

Segundo Miranda *et al* (1990), os principais fatores que ocasionam a degradação dos manguezais são:

- Desmatamentos e aterros indiscriminados para a construção civil, como casas de veraneio, indústrias etc. Essas práticas provocam um aumento na temperatura do ambiente e nas taxas de evaporação da água, favorecendo a salinização do solo. Além disso, causam o assoreamento dos rios e canais, pois a vegetação é responsável pela estabilização de suas margens.

- Implantação de salinas, que é uma das atividades mais antigas a contribuir com a degradação dos manguezais. Em Fortaleza, às margens dos rios Cocó e Ceará, algumas ainda encontram-se em operação, apesar da maioria estar desativada.

- Utilização do potencial madeireiro para construções de casas e cercas, obtenção de lenha etc, constituindo também práticas bastante antigas nesses ambientes.

- Contaminação por despejos industriais e domésticos no estado bruto, provocando a contaminação e a morte das espécies animais e vegetais.

- Canalização, drenagem e construção de diques e barragens, represando os braços de rios. Estas modificações nos padrões de circulação das águas ocasionam a morte da vegetação, que necessita de períodos alternados de imersão e emersão para a sua sobrevivência.

- Pesca e captura predatória dos animais que habitam esses ecossistemas, principalmente quando realizadas na fase juvenil ou nas épocas de reprodução, interferindo no desenvolvimento normal das espécies e causando a diminuição dos estoques naturais.

A Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE, propôs ao Governo do Estado do Ceará uma série de medidas e diretrizes que visam o aperfeiçoamento da legislação vigente, por vezes conflitante e superada, bem como a implantação de uma política estadual, específica para a preservação de manguezais e estuários (Miranda *et al, op. cit*).

As propostas incluem ações como:

- Criação de unidades de conservação de várias categorias;

- Desenvolvimento de pesquisas dirigidas para a recuperação de áreas degradadas, projetos pilotos de culturas, mapeamentos etc;

- Implementação de programas de

educação ambiental, a serem realizados em escolas, universidades, igrejas, associações de moradores, entidades de classe etc;

- Incrementar a fiscalização através de convênios com outros órgãos;

- Análise de projetos imobiliários e outros, de qualquer porte, a serem implementados nessas áreas, através de critérios técnicos e com a exigência do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA), e

- Alterações na legislação ambiental em vigor, reformando pontos de estrangulamento e conflito, adequando-os ante a realidade com que nos defrontamos.

VI.4 - Movimentos de Massa

Os movimentos ou deslizamentos de massa (escorregamentos e desmoronamentos) são, em grande parte, problemas gerados pela ocupação irregular do meio físico, isto é, sem que sejam convenientemente atendidas as normas técnicas e a legislação que disciplina o uso e ocupação do solo. A urbanização, a agricultura, a construção de estradas e habitações, bem como outras formas de interferência antrópica que sejam implementadas sem levar em consideração os atributos do meio físico e seus fatores limitantes, podem ocasionar sérios problemas decorrentes do uso inadequado do solo.

Os processos geológicos/geomorfológicos que condicionam esses movimentos, os quais

podem ocorrer de modo lento ou brusco, são bem conhecidos, favorecendo a aplicação de medidas e ações preventivas que evitem a desestabilização das encostas e, conseqüentemente, reduzam a ocorrência de problemas associados a esses fenômenos.

Na R.M.F. as situações de risco foram identificadas nas zonas serranas - com destaque para a serra de Maranguape, onde a atividade agrícola é mais intensa, e na área urbana de Fortaleza, em locais onde o assentamento indiscriminado de favelas em dunas provoca a instabilidade dos terrenos (Foto 9).

Nas encostas da serra de Maranguape verificam-se extensos depósitos de tálus com grande contribuição de blocos e matações provenientes de movimentos coletivos (solos e rochas), os quais constituem processos naturais na evolução morfológica das vertentes em regiões de relevo acidentado. Entretanto, na área em questão, essas manifestações têm sido potencializadas em função da expansão agrícola desordenada, especialmente em setores críticos, de declividade acentuada, onde a prática de desmatamentos foi bastante significativa (Foto 10). Esse fato tem sido responsável pelo aparecimento de zonas instáveis, ou mesmo críticas, onde o deslizamento de massas pode ser estabelecido de forma catastrófica, principalmente em períodos de pluviosidade acentuada.

Entre os dias 29-04 e 01-05-74, essas manifestações ocorreram com grande intensidade, em especial na porção da serra voltada para a cidade de Maranguape, provocando perdas materiais

e humanas, e criando um temor generalizado na população, face à possibilidade de novas ocorrências. Tendo em vista este fato, o Governo do Estado do Ceará e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT firmaram convênio, no ano de 1975, com o objetivo de analisar, através de estudos geotécnicos, os diversos fatores que contribuíram para a incidência desses deslizamentos e as medidas a serem adotadas, visando a proteção da comunidade local.

As principais considerações extraídas do referido trabalho (IPT,1975) são as seguintes:

- Em virtude das condições climáticas reinantes (vide Capítulo IV.3), a serra de Maranguape constitui um ambiente onde a evolução das encostas por meio dos movimentos de massa, representa mais uma regra do que uma exceção.

- A serra apresenta, em toda sua extensão, sinais de instabilidade, significando que os solos das encostas estão sujeitos, em seus horizontes superficiais, a um processo generalizado de movimentação.

- Os deslizamentos foram mais expressivos na vertente voltada para a cidade de Maranguape, que é a parte da serra caracterizada por práticas agrícolas mais intensas, principalmente a bananicultura. Setores situados acima da cota de 400 metros e com inclinação superior a 24 graus foram os mais atingidos.

- Dois tipos de movimentos predominaram: escorregamentos translacionais e quedas de blocos.

Aproximadamente 50 ocorrências foram identificadas.

- De todos os fatores analisados, quatro se revestem de particular importância: inclinação das encostas, estruturas geológica e geomorfológica, cobertura vegetal e pluviosidade.

- Nenhum dos fatores acima seria, por si só, capaz de desencadear movimentações do terreno como as que ocorreram em 1974. Não se pode, por exemplo, atribuir exclusivamente ao desmatamento, seguido pela bananicultura, todo o desenrolar dessas manifestações. Essas intervenções foram consideradas como catalizadores dos processos naturais de evolução das encostas. Eventos pluviométricos ou sísmicos poderiam, mesmo estando a serra totalmente florestada, impor movimentos generalizados de solos e rochas.

- Os dados históricos de anos de excepcional pluviosidade (1912, 1917 e 1949), indicam que chuvas mais severas ocorreram sem que tenha havido escorregamentos de vulto na serra de Maranguape e em outras regiões similares.

- A expansão do cultivo de bananeiras no estado do Ceará e em particular na R.M.F. foi muito intensa na década de 60 e início da de 70. Essa expansão, no entanto, efetuou-se em setores de cobertura vegetal primária e de declividade acentuada, que não eram utilizadas anteriormente (foram observadas áreas cultivadas com até 51 graus de inclinação).

- A vulnerabilidade dessas áreas desmatadas não havia sido diagnosticada antes, porque de 1949 até 1974 a região não experimentara precipitações tão violentas.

- Foram feitas recomendações e sugestões visando executar obras de contenção, realizar o monitoramento das áreas instáveis, proceder a regulamentação das atividades agrícolas e das construções civis, assim como o reflorestamento das áreas degradadas.

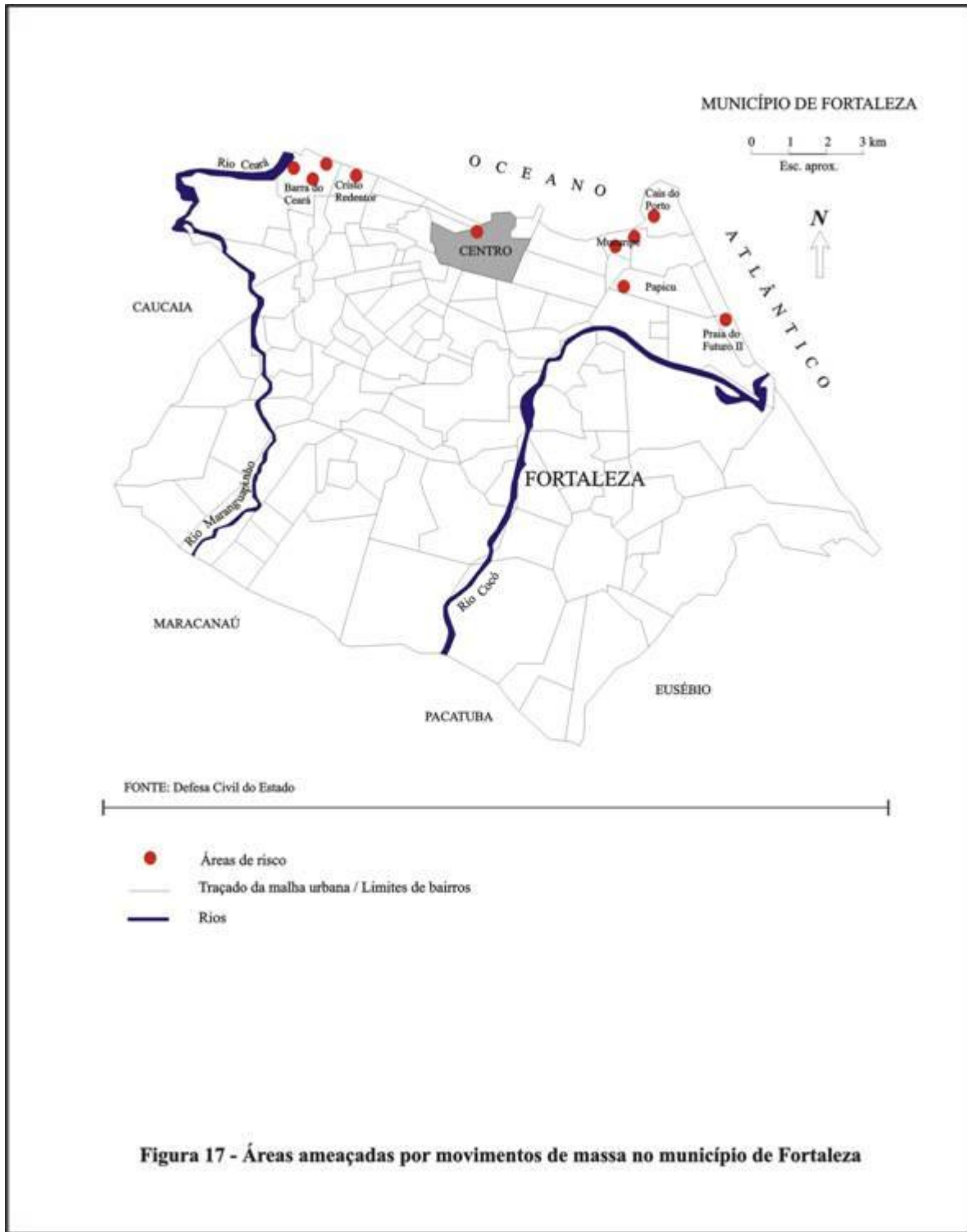
Na cidade de Fortaleza as áreas de risco geológico associadas a deslizamentos de terra (Figura 17) estão relacionadas ao assentamento de favelas em corpos de dunas. A constituição arenosa desses morros propicia uma alta taxa de infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente, um nível de saturação do solo elevado; assim como a declividade acentuada do terreno, a retirada da cobertura vegetal, a pressão e a distribuição das habitações nas encostas são os principais fatores que provocam a desestabilização dessas áreas. Adicione-se ainda, o acúmulo de lixo/entulho nos taludes, a ação dos ventos que promove a remobilização dos sedimentos, favorecida pela ausência de vegetação fixadora, e o lançamento das águas servidas, em superfície ou em fossas, contribuindo para uma contínua infiltração do solo.

Nessas condições, a deterioração progressiva do meio ambiente proporciona um panorama favorável às movimentações gravitacionais dos terrenos. O caráter acumulativo e persistente dos fatores descritos acima possibilita que eventos pluviométricos, não necessariamente intensos ou excepcionais, sejam suficientes para

induzir a ocorrência dessas manifestações, quase sempre com resultados calamitosos para a população de baixa renda.

A proposição de medidas visando a prevenção desses acidentes, ou a redução da magnitude de seus efeitos, deve ser formulada subseqüentemente à identificação e caracterização detalhada das áreas que ofereçam situações de risco potencial ou efetivo. De um modo geral, as medidas adotadas devem ser dirigidas para a eliminação e/ou redução dos riscos já instalados, para ações que evitem o surgimento de novas áreas de risco e para a convivência com os riscos atuais. Nesse contexto, medidas que estabeleçam a remoção definitiva dos ocupantes desses locais, inibam ou detenham o processo crescente de favelização e promovam a urbanização dessas áreas, deveriam ser prioritárias e eficazes. No entanto, tais procedimentos mostram-se de difícil execução, considerando-se a realidade da conjuntura brasileira, ou seja, a solução definitiva desses problemas passa, inevitavelmente, por temas de ordem política, econômica e social, como uma melhor distribuição de renda, uma política habitacional consistente, educação, e outras questões ainda a serem resolvidas a médio ou longo prazo.

A prevenção dos acidentes geológicos é atribuição do poder público. A legislação, tanto a nível federal, estadual ou municipal, é farta em dispositivos que abordam, implícita ou explicitamente, aspectos relacionados a riscos geológicos. O ordenamento territorial mediante o planejamento e o controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano é competência dos municípios, conforme preceitua o Artigo 30 da Constituição Federal (1988),



por exemplo. A Lei Federal 6766/79 (Lei Lehmann) impõe restrições ao uso do solo, com destaque especial ao Artigo 3º, Incisos III e IV, que se referem à proibição do uso do solo em terrenos com declividades superiores a 30%, salvo se atendidas as exigências específicas dos órgãos competentes (no caso, os municípios), e em terrenos onde as condições geológicas não aconselhem edificações.

Também a Lei Federal nº 4.771/65 (Código Florestal) trata indiretamente de riscos geológicos, quando proíbe a ocupação de terrenos com declividades superiores a 45 graus. A mesma lei, no seu Artigo 2º, considera como de preservação permanente a vegetação natural fixadora de dunas.

VI.5 - Enchentes

As planícies de inundação, também conhecidas como várzeas, são faixas dispostas ao longo dos leitos fluviais, constituídas de sedimentos aluvionares e periodicamente inundadas pelas águas de transbordamento dos rios. As enchentes, portanto, são fenômenos naturais que ocorrem nessas zonas, normalmente em épocas de eventos pluviométricos excepcionais, quando a vazão a ser escoada torna-se superior à capacidade de descarga das calhas dos cursos d'água. Os fatores que afetam o comportamento da vazão de um rio podem ser divididos em dois tipos:

a)- fatores climáticos, que estão relacionados com a intensidade e com a duração das precipitações que ocorrem na bacia hidrográfica, e

b)- fatores fisiográficos (área, forma, declividade, tipo de solo, cobertura vegetal etc), que determinam o maior ou

menor grau com que são sentidos os efeitos de uma precipitação na bacia hidrográfica.

Excetuando-se os fenômenos naturais, as atividades antrópicas são as principais causas da ocorrência e intensificação das enchentes. O uso e ocupação do solo introduzem modificações consideráveis nas bacias hidrográficas, em intervalos de tempo relativamente curtos quando comparados com as alterações provocadas pelos processos naturais. O desmatamento e a ocupação desordenada das nascentes e das várzeas, assim como a construção de obras hidráulicas, são as principais atividades que alteram o regime dos cursos d'água. Essas intervenções normalmente provocam o assoreamento de rios e lagoas, representando um fator determinante para a manifestação das enchentes. Entende-se como assoreamento o preenchimento total ou parcial dos corpos d'água devido ao aumento da quantidade de material sólido transportado e depositado, cujas causas estão relacionadas à intensificação dos processos erosivos e ao lançamento de detritos, entulhos etc, nos leitos dos rios e nas lagoas.

Os principais rios que drenam a R.M.F. - Ceará, Cocó e Pacoti, bem como alguns afluentes importantes, têm suas cabeceiras localizadas em áreas serranas (Maranguape, Aratanha e Baturité), que experimentam processos de degradação ambiental. Os desmatamentos verificados nessas áreas provocam a exposição dos solos, favorecendo a erosão e o carreamento de uma grande quantidade de sedimentos para os leitos fluviais. Nos trechos de quebra de gradiente do relevo e principalmente nas planícies, onde a

velocidade de escoamento dos rios diminui bastante, a deposição desse material pode causar assoreamento e, conseqüentemente, o fenômeno das enchentes, prejudicando áreas agrícolas e urbanas adjacentes.

Na R.M.F., as áreas de risco são mais expressivas no município de Fortaleza, onde a ocupação indiscriminada ao longo da rede de drenagem tem sido cada vez mais intensa, principalmente através da proliferação de favelas nas margens de rios e lagoas que banham a área urbana (Fotos 11, 12 e 13). Essa forma de ocupação, que aumenta com o êxodo rural a cada período de seca, com o agravamento da situação socioeconômica e com a falta de uma política habitacional mais consistente, tem contribuído significativamente para exacerbar a incidência das enchentes, através do assoreamento dos cursos d'água causado pela remoção da cobertura vegetal, que protege suas margens contra a erosão, e pelo lançamento de lixo, entulhos e outros dejetos nesses ambientes.

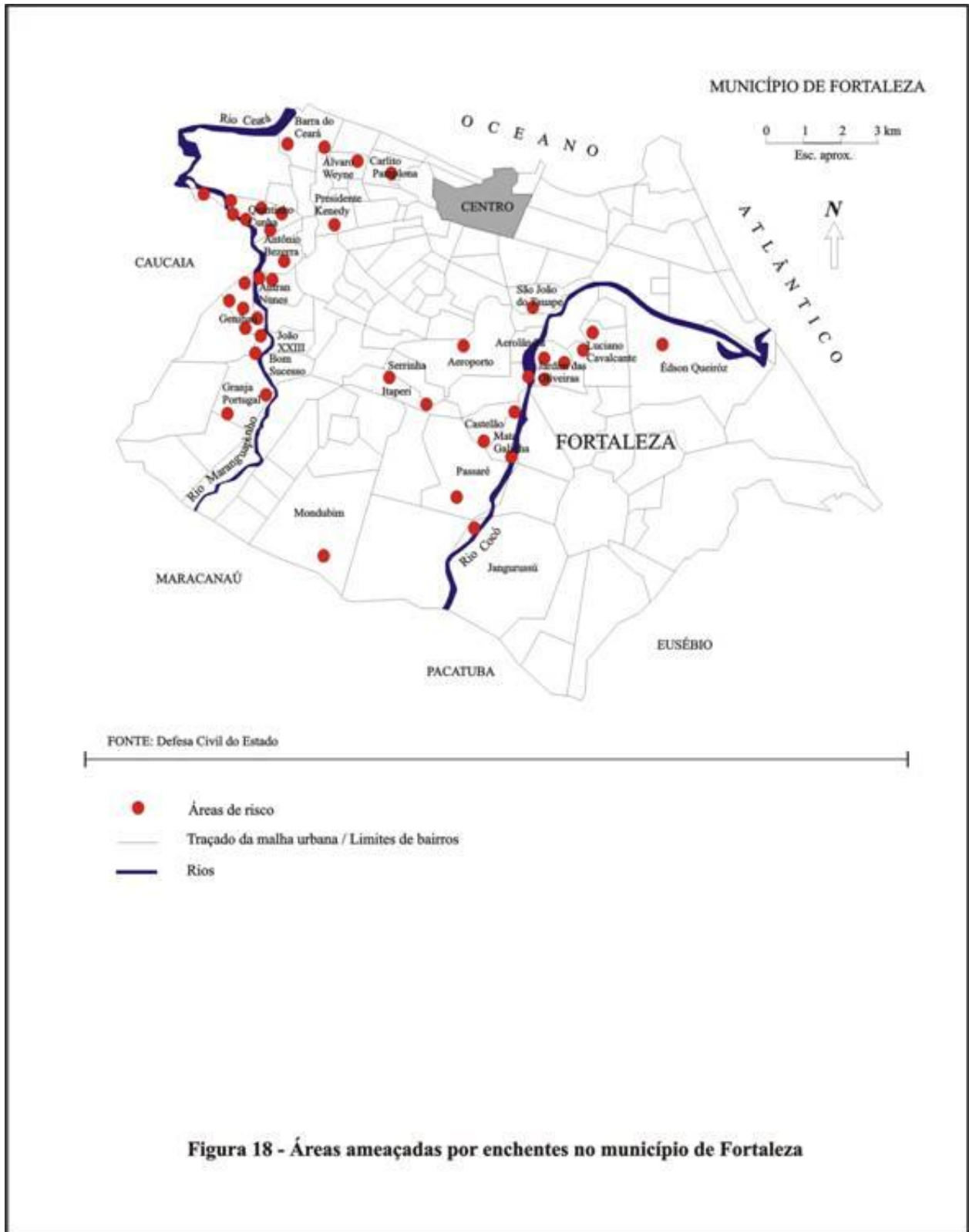
Sendo assim, a cada período de precipitações intensas, situações de calamidade pública estabelecem-se nessas zonas. Neste ano de 1995, por exemplo, registrou-se a “quadra invernal” mais rigorosa da última década. De janeiro a abril choveu 1.460mm em Fortaleza, quando a média anual para este mesmo período é de 914mm, sendo que somente no mês de abril, as precipitações alcançaram 621mm. O último grande “inverno” aconteceu em 1985, com 2.840mm, sendo que mais de 80% deste total insere-se no intervalo de fevereiro a maio. O mês de maior intensidade de chuvas na cidade,

analisando-se as precipitações ocorridas nos últimos 20 anos, foi março de 1986, quando registrou-se 765mm.

As áreas passíveis de sofrerem enchentes estão espalhadas por diversos bairros da capital (Figura 18). Os números fornecidos pela Defesa Civil do Estado indicam que aproximadamente 30.000 pessoas, correspondentes a 5.800 famílias, estão ameaçadas por enchentes e deslizamentos. Nos quatro primeiros meses deste ano, 1.707 famílias foram desalojadas (impossibilitadas de ocuparem suas casas temporariamente) e 251 ficaram desabrigadas (perderam suas casas), em conseqüência dos alagamentos ao longo dos rios Cocó e Maranguapinho. As áreas mais atingidas foram: Lagoa da Zeza, Lagoa do Tijolo, Lagoa do Gengibre, Genibaú, Bom Jardim, João XXIII, Parque São Miguel, Ilha Dourada, Favela da Muriçoca, Autran Nunes, Baixada do Itapery, Granja Portugal, Boa Vista, Gavião, Ancuri e Canindezinho.

Para agravar a situação dessas comunidades as enchentes sempre trazem problemas de saúde pública, favorecendo altos índices de doenças, especialmente aquelas de veiculação hídrica, tais como: diarreia, hepatite, meningite, dengue e leptospirose, além de viroses indeterminadas e infecções pulmonares. Forma-se uma cadeia de transmissão, onde fatores como a falta de saneamento básico, coleta de lixo irregular e subalimentação determinam maior ou menor grau de incidência.

As considerações formuladas no Capítulo VI.4, quanto à problemática dos procedimentos a serem adotados para a prevenção e eliminação das áreas de risco relacionadas a movimentos de massa, também são válidas para a abordagem das



enchentes. A legislação vigente também é comum, em muitos pontos, quando trata da regulamentação do uso e ocupação do solo. Mais especificamente destaca-se o item *b* do Artigo 3º da Resolução nº 004/CONAMA/1985, que considera como reservas ecológicas as florestas e demais formas de vegetação natural ao longo dos rios ou de qualquer outro curso d'água, em faixa marginal além do leito maior sazonal, medida horizontalmente, cuja largura mínima deve obedecer às seguintes normas:

- de 5 metros para rios com menos de 10 metros de largura;
- igual à metade da largura de corpos d'água que meçam entre 10 e 200 metros;
- de 100 metros para todos os cursos d'água com largura superior a 200 metros.

O mesmo Artigo estabelece uma faixa marginal de 30 metros ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais e artificiais situados em áreas urbanas.

O disciplinamento do uso e ocupação do solo em áreas ribeirinhas é o instrumento mais importante na prevenção dos danos ocasionados pelas enchentes. A manutenção das várzeas, através de formas de ocupação que convivam harmonicamente com as inundações periódicas, bem como o controle da urbanização e do manejo do solo em toda a área das bacias hidrográficas, acarretarão avanços na luta contra as enchentes. Por outro lado, é fundamental a criação de um sistema eficiente de previsão e alerta que execute o monitoramento das chuvas e da elevação do nível das águas com condições de acionar, a tempo, as providências necessárias para evitar as situações de calamidade nas áreas de risco.

VI.6 - Poluição dos Recursos Hídricos

Atualmente, um dos maiores problemas enfrentados pelo homem é a poluição dos mananciais hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, os quais constituem um bem mineral vital para a sobrevivência da espécie. Ainda mais drástico é que tal problema tem origem antrópica decorrente do uso e ocupação do meio físico de forma desordenada e, muitas vezes, de modo irresponsável e inconseqüente, aumentando, sobremaneira, os impactos na saúde e na qualidade de vida das populações.

À medida em que ocorre o desenvolvimento, concomitantemente verifica-se o crescimento do número de fontes potencialmente poluidoras. Desta forma, a R.M.F. hoje abriga dezenas de indústrias que liberam dejetos líquidos, potencialmente capazes de poluir as fontes de água existentes. Recente trabalho de levantamento e cadastramento das fontes potenciais de poluição (SDU/SEMACE,1993), priorizando as bacias da Vertente Marítima e dos rios Cocó e Maranguapinho, cadastrou em campo 91 indústrias e analisou a carga poluidora de 54 delas, constatando que destas, 76% estão fora dos padrões técnicos aceitáveis.

O principal curso d'água da bacia do rio Cocó é o rio homônimo, que percorre aproximadamente 50 km desde suas nascentes, no município de Pacatuba, até sua foz, na costa nordeste de Fortaleza. No decorrer deste trajeto ele recebe dejetos líquidos oriundos de esgotos industriais e domésticos, além de efluentes líquidos (chorume) do lixão do Jangurussu, de tal modo que suas águas ficam, em determinados trechos, totalmente

contaminadas e ele deixa de ser um corpo d'água límpido para representar um verdadeiro esgoto a céu aberto.

Mavignier (1992) o monitorou do período de fevereiro/90 a maio/91, realizando medidas locais de temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, além de análises físico-químicas e bacteriológicas. Observou que o Cocó, desde sua foz até o km 8, é um rio com águas salobras que possui concentrações médias de cloretos oscilando de 935 a 16.570 mg/l; daí até suas nascentes existe uma diminuição para valores médios de 239 a 373 mg/l, ressaltando-se aumentos bruscos locais, particularmente próximo ao riacho Timbó, de até 1540 mg/l, o que reflete poluição oriunda de esgotos domésticos e rejeitos industriais.

A existência de nitrogênio amoniacal proveniente de esgotos sanitários é típica, onde 91% das amostras analisadas estão além do estabelecido pelos padrões (1 mg/l), chegando até 2,4 mg/l. A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) apresenta-se com valores crescentes da foz para montante, assumindo características de esgoto sanitário a céu aberto próximo ao Timbó, onde a concentração atinge 570 mg/l. Para coliformes fecais as águas do Cocó chegam a apresentar concentrações de até 234.000 NMP/100 ml.

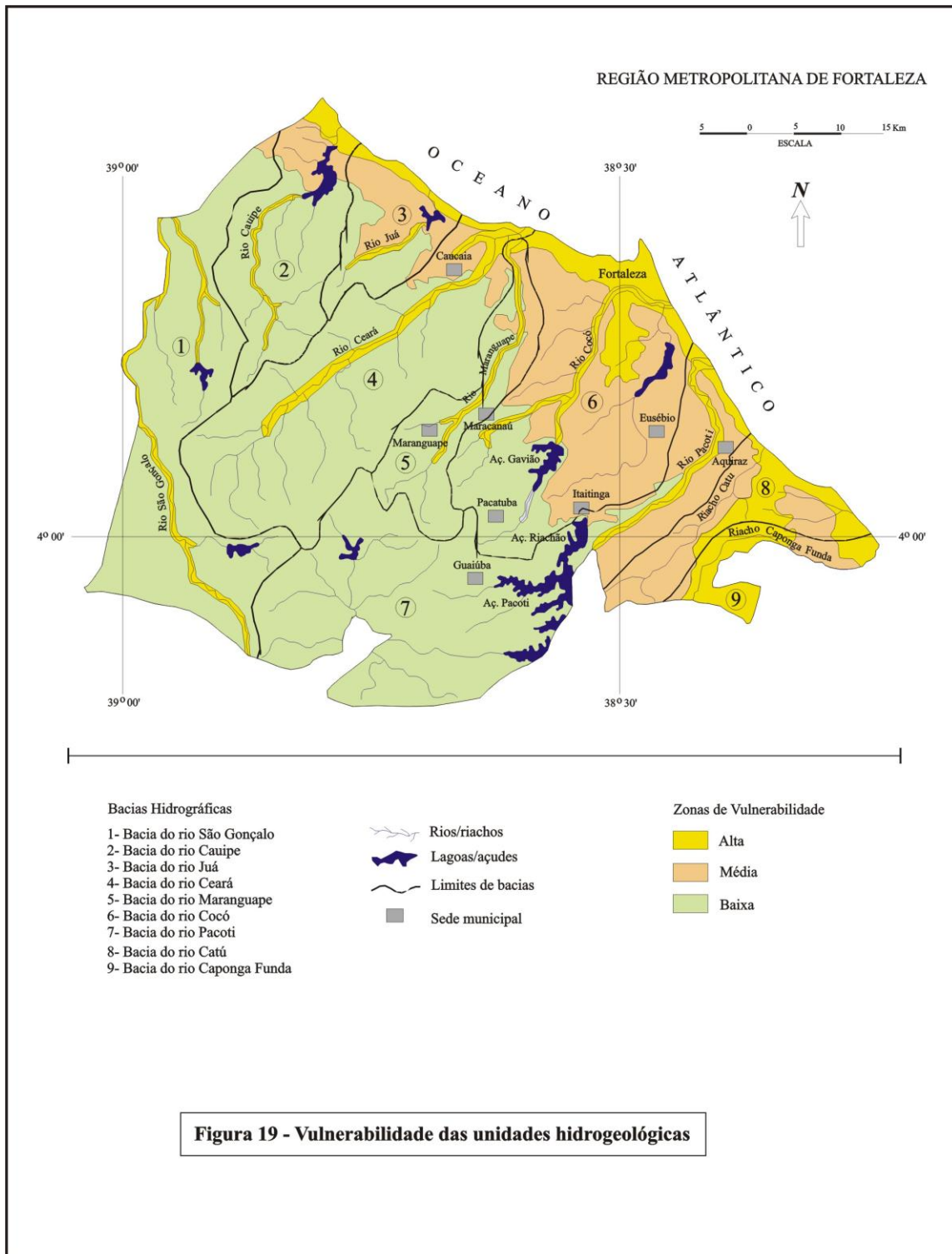
O rio Maranguapinho nasce na serra de Maranguape, possui 34 km de extensão e constitui o principal afluente do rio Ceará, com o qual se encontra próximo à sua foz, a noroeste de Fortaleza. Drena uma área de aproximadamente 220 km², que representa uma das mais críticas em termos de poluição hídrica, particularmente oriunda de

esgotos do Frigorífico Municipal de Fortaleza e do Distrito Industrial.

Dados da SUDEC (1986) referentes a 500 determinações físico-químicas e bacteriológicas, além de análises mais recentes, entre 1991 e 1992, realizadas pela CAGECE, demonstram que o Maranguapinho está poluído, particularmente por coliformes fecais que atingem concentração de 240.000 NMP/100 ml.

Os espelhos d'água representados por lagoas e açudes da R.M.F. merecem estudos específicos, pois representam, no geral, fontes de abastecimento e pólos de lazer. Várias lagoas, a exemplo das de Parangaba, Mondubim, Opaia, e açudes como os da Agronomia/UFC e José Pires encontram-se poluídos, como demonstram análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas pela SEMACE. Isto torna-se claro e evidente, ao se observar a ocupação física nas margens dos mesmos, sem o mínimo de saneamento básico, além de se ter o fluxo direto de efluentes líquidos derivados de esgotos domésticos e industriais (Foto14).

As águas subterrâneas da R.M.F., particularmente as de Fortaleza, perdem rapidamente seu aspecto qualitativo, principalmente em termos bacteriológicos. Várias são as fontes potencialmente poluidoras que existem no contexto, tais como: águas superficiais poluídas, lixões, cemitérios, postos de combustíveis e poços construídos sem critérios técnicos. Muitas destas tornam-se efetivas, à medida em que não existe o estudo técnico de implantação da obra, não se levando em conta a vulnerabilidade das unidades hidrogeológicas (Figura 19).



Cavalcante *et al* (1990), através da análise de 124 amostras, demonstram que não existem problemas maiores pertinentes à qualidade físico-química das águas subterrâneas, salvo questões locais, a exemplo de poluição por cunha salina (Abreulândia, por exemplo) ou por ferro total. Porém, as análises bacteriológicas refletem uma degradação qualitativa, estimando-se que de 60 a 75% das águas tenham reflexos da poluição bacteriológica. As águas potáveis de boa qualidade devem conter, pelos padrões da Organização Mundial de Saúde- OMS, menos de 10 mg/l de nitrato, pois altas concentrações podem causar a cianose ou metahemoglobinemia que, em alguns casos, costuma ser fatal, principalmente para recém-nascidos. Na região urbanizada de Fortaleza observa-se que nas áreas mais densamente povoadas a concentração de nitrato atinge 500 mg/l, vinculada à poluição orgânica.

A perfuração de poços sem critérios técnicos, e com locações muitas vezes inadequadas, coloca em risco todo o manancial hídrico subterrâneo, à medida em que cria um meio direto de conexão entre águas mais rasas, com maior probabilidade de estarem poluídas bacteriologicamente, com águas mais profundas, melhor protegidas e menos vulneráveis.

Reflexões e práticas sobre o tema devem ser abordadas, direcionando-se o questionamento sobre a necessidade da preservação da qualidade dos recursos hídricos como um meio vital para o desenvolvimento e, sob a ótica do desenvolvimento sustentável, deixar como herança para as gerações futuras mananciais hídricos não poluídos.

VI.7 - Disposição de Resíduos Sólidos

Um dos principais problemas, a nível mundial, advindos das altas taxas de crescimento populacional e do acelerado desenvolvimento industrial e tecnológico, diz respeito ao tratamento e à destinação do imenso volume de resíduos sólidos gerados pelas atividades antrópicas, principalmente nos aglomerados urbanos de grande porte. Esses rejeitos, além de apresentarem uma composição bastante heterogênea, são variáveis em função do clima, estações do ano, hábitos da população, condições socioeconômicas etc. Sendo assim, os tipos de resíduos produzidos devem ser caracterizados individualmente para cada cidade, a fim de que se possa estabelecer projetos eficientes para o seu tratamento e sua disposição final. De um modo geral, o lixo urbano pode ser classificado como domiciliar, comercial, industrial, hospitalar público, e especial. Após a coleta, esse material é depositado em aterros sanitários, ou a céu aberto (os chamados “lixões”), ou ainda, em alguns casos, é incinerado. O método correto de se armazenar o lixo é através dos aterros sanitários, que exigem impermeabilização do terreno, sistema de drenagem e cobertura de todo o material depositado, evitando a poluição do solo e do ar, através do tratamento do chorume e da captação dos gases desprendidos.

Por outro lado, torna-se imprescindível a realização de estudos geológico-geotécnicos detalhados, que mostrem as propriedades das rochas e solos que ocorrem nas áreas selecionadas para a destinação do lixo, visando evitar a escolha de áreas que pelas suas características geológicas e hidrogeológicas, sejam vulneráveis à

contaminação hídrica, uma vez que dependendo do tipo de terreno, o chorume produzido pelos rejeitos escoar-se e/ou infiltra-se, causando a poluição dos mananciais hídricos superficiais e/ou subterrâneos.

As áreas desaconselháveis para a instalação de “lixões” ou aterros sanitários, são aquelas que apresentam alto grau de vulnerabilidade, com um material geológico de alta permeabilidade e onde a água subterrânea ocorre a pequenas profundidades. Na R.M.F. essas áreas correspondem aos sedimentos pertencentes aos campos de dunas (recentes e antigas), planícies aluvionares e a coberturas residuais arenosas que capeiam rochas do embasamento cristalino, constituindo bons aquíferos e zonas de recarga de aquíferos fraturados. Da mesma forma devem ser evitadas as áreas localizadas próximo às nascentes dos cursos d'água e margens de rios e de lagoas. A contaminação das águas superficiais pelo chorume, pode dar-se pelo escoamento superficial (carreamento pelas chuvas), ou pela infiltração no solo quando se trata de rejeitos lançados junto a rios efluentes, ou seja, aqueles que são recarregados pelas águas subterrâneas.

Como áreas favoráveis para a disposição de resíduos sólidos pode-se indicar aquelas que armazenam água subterrânea em profundidades razoáveis e em meio litológico de baixa permeabilidade. Nesses critérios enquadram-se, de um modo geral, os terrenos do embasamento pré-cambriano e da Formação Barreiras. No primeiro caso estudos complementares devem ser desenvolvidos visando a definição das zonas de recarga, isto é, caracterizando a constituição litológica do material de

cobertura. Na Formação Barreiras as restrições para essa finalidade estão associadas às áreas onde se verifica um domínio de fácies arenosa, que funcionam como zonas de acúmulo de água, aproveitadas para captações localizadas.

Caucaia é o único município da R.M.F. que dispõe de um aterro sanitário construído e controlado dentro de normas técnicas e operacionais adequadas. Nos demais, o lixo coletado é normalmente depositado em locais inadequados e a céu aberto (“lixões”), gerando focos transmissores de doenças, que tornam insalubres as áreas envolvidas. Fortaleza produz diariamente 1.500 toneladas de resíduos, sendo a maior parte destinada ao lixão do Jangurussu, e o restante ao aterro metropolitano oeste (Caucaia).

O depósito do Jangurussu está situado na margem esquerda do rio Cocó, ocupando uma área litologicamente constituída por sedimentos argilo-arenosos da Formação Barreiras. Esses sedimentos repousam sobre rochas do embasamento cristalino, cujas exposições podem ser observadas no leito do rio. Os recursos hídricos da área mostram-se contaminados pelo chorume, o qual escoar por valetas que drenam diretamente para o rio Cocó, sem passar previamente por qualquer tipo de tratamento. Nos períodos de chuva o volume de chorume produzido aumenta consideravelmente. Hoje em dia, pode-se considerar que o “lixão” do Jangurussu representa o principal vetor de poluição do rio Cocó.

Cerca de 700 pessoas, excluindo seus dependentes, vivem da catação de lixo no Jangurussu, trabalhando sob condições extremamente insalubres e subhumanas (Fotos 15 e 16).

O Governo do Estado do Ceará, através do Programa de Infra-Estrutura Básica e Saneamento de Fortaleza - Projeto SANEAR, pretende, até o final do ano de 1995, desativar completamente o aterro do Jangurussu. Por outro lado, serão construídos mais dois aterros sanitários: o aterro metropolitano sul (no município de Maracanaú) e o aterro metropolitano leste (no município de Aquiraz), sendo que o primeiro atenderá aos municípios de Maracanaú (juntamente com o Distrito Industrial), Maranguape, Pacatuba, Itaitinga, Guaiúba e parte de Fortaleza, e o segundo será o destino para os resíduos sólidos provenientes dos municípios de Aquiraz e Eusébio.

Essas obras, juntamente com o aterro sanitário de Caucaia (já em funcionamento parcial), permitirão a desativação definitiva de todos os “lixões” existentes nos municípios da R.M.F. A Figura 20 mostra, numa base geológica simplificada, a localização das principais áreas de destinação final dos resíduos sólidos da R.M.F., em funcionamento atual e em planejamento. Por falta de informações cartográficas mais precisas, a figura não contém a localização de todos os “lixões” em atividade na R.M.F.

O empreendimento a ser realizado na área do Jangurussu, consistirá na instalação de uma Estação de Transferência de Lixo, um Sistema de Reciclagem e uma Usina de Incineração. O sistema Reciclagem / Estação de Tratamento deverá receber o lixo produzido em grande parte do município de Fortaleza, onde será feita a seleção do material e, posteriormente, a transferência do lixo não aproveitável para os aterros metropolitanos de Caucaia e Maracanaú, que deverão estar em pleno

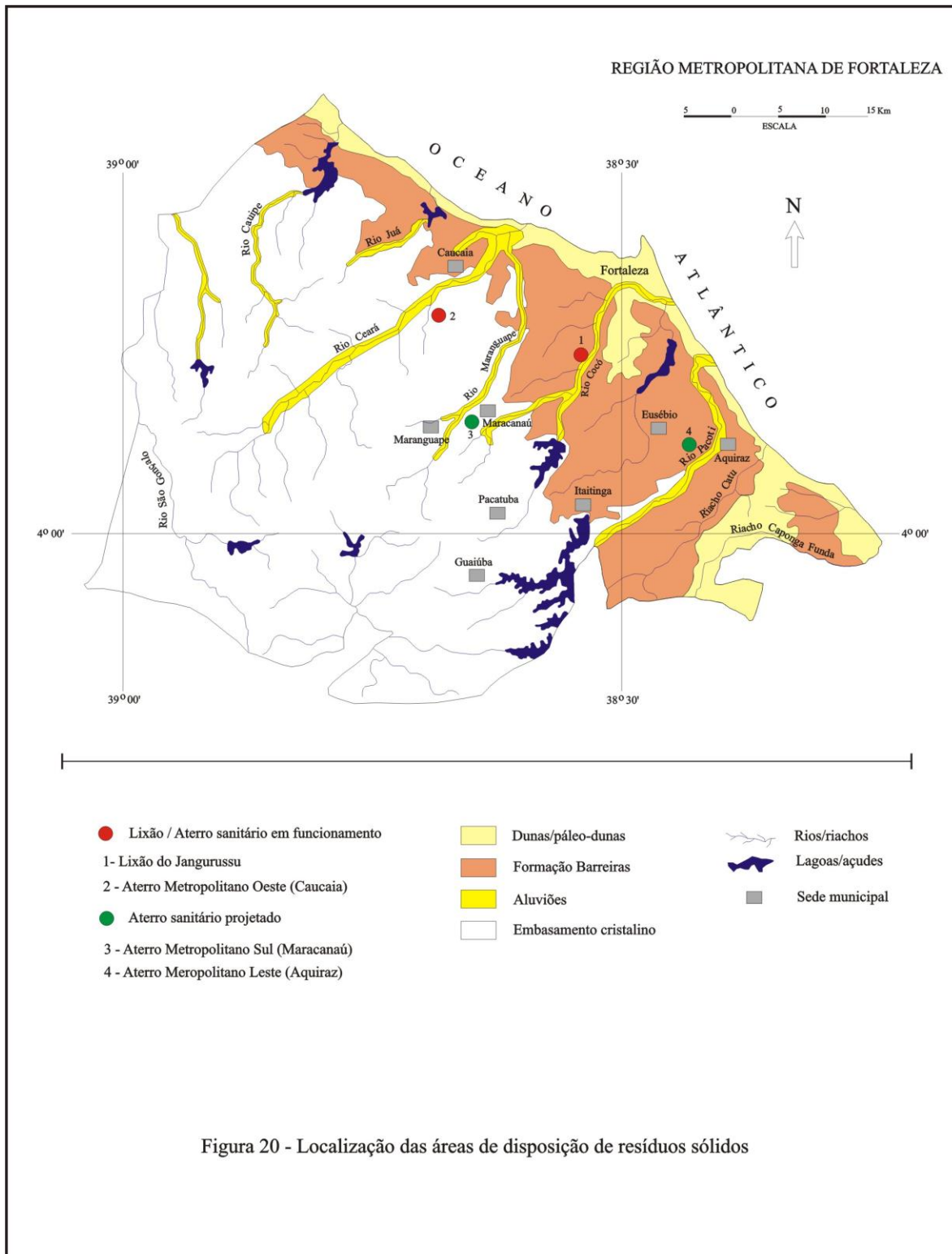
funcionamento até o ano 2.000. A Usina de Incineração será o destino final de todo o lixo hospitalar da R.M.F., que hoje é coletado, transportado e depositado juntamente com os demais tipos de rejeitos, ou seja, sem as mínimas condições de segurança necessárias para o tratamento de materiais dessa natureza.

Quanto ao aspecto social, o projeto prevê o aproveitamento de parte dos atuais catadores de lixo do Jangurussu, os quais serão absorvidos pelo Sistema de Reciclagem a ser implantado, evitando, desse modo, que percam sua “fonte de renda”, e criando condições de trabalho mais dignas do que as atuais. É objetivo também do projeto, a recuperação do terreno degradado e a criação de uma área verde no local.

O projeto de reabilitação da área do Jangurussu, bem como das obras associadas, foi analisado e avaliado com critérios técnicos consistentes, através do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e da formulação do respectivo Relatório de Impacto no Meio Ambiente (RIMA), o qual apresenta conclusões favoráveis ao empreendimento, considerado ambientalmente correto e necessário.

Estudos relacionados ao monitoramento dos sítios utilizados para a disposição de resíduos sólidos devem ser executados nas áreas atualmente em atividade e, futuramente, naquelas onde serão implantados os aterros sanitários. Uma avaliação do quadro atual requer algumas medidas objetivas, visando monitorar os efeitos da poluição no meio ambiente, tais como:

- mapeamento de todos os “lixões” existentes na R.M.F., com o



propósito de situá-los geográfica e geologicamente;

- execução de furos de sondagem e análises geoquímicas das amostras coletadas;

- instalação de piezômetros para a coleta de amostras de água subterrânea e análises físico-químicas e bacteriológicas das mesmas, e

- utilização da geofísica (eletro-resistividade e eletro-magnetometria), visando definir a extensão lateral e em profundidade da pluma de poluição.

VI.8 - Impactos da Mineração

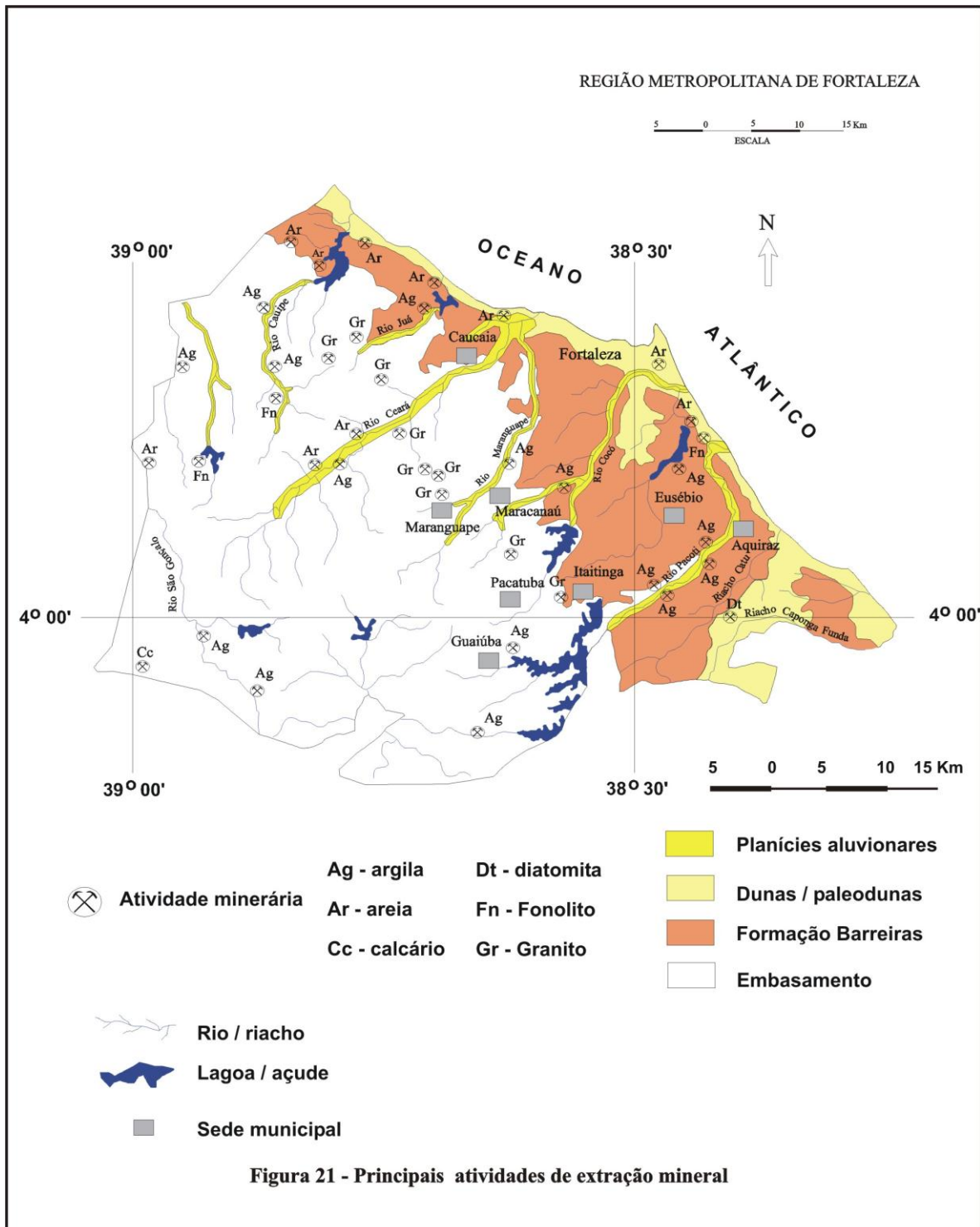
As atividades de extração mineral em regiões metropolitanas revestem-se de fundamental importância, tendo em vista o fornecimento de insumos básicos necessários para o desenvolvimento dos centros urbanos. As curtas distâncias que separam as áreas produtoras dos centros consumidores constituem um fator favorável a essas atividades, uma vez que viabilizam economicamente a extração de bens minerais de baixo valor comercial, como é o caso dos materiais de aplicação direta na construção civil. Outro aspecto positivo da mineração em regiões metropolitanas está relacionado à geração de empregos, funcionando como agente mitigador dos efeitos da crise social, que normalmente mostra-se mais expressiva em regiões de alta densidade demográfica.

Por outro lado, essas atividades nem sempre se desenvolvem de uma maneira harmônica com o crescimento urbano, muitas vezes comprometendo a qualidade de vida das comunidades vizinhas e provocando impactos negativos ao meio

ambiente. Vale ressaltar que a degradação ambiental causada pela mineração é, geralmente, duradoura e de difícil recuperação, muitas vezes deixando cicatrizes irreversíveis na paisagem.

O potencial mineral avaliado para a R.M.F. relaciona-se com a produção de bens minerais para o emprego direto na construção civil (vide Capítulo VI.1). As principais frentes de lavra, independente do seu porte (pequenas, médias ou grandes) encontram-se representadas na Figura 21, sobrepostas a uma base geológica simplificada. Considerando-se que a maior parte das atividades de extração é exercida por pequenos mineradores observa-se que por falta de apoio técnico-financeiro e de incentivos fiscais suficientes, a prática da lavra clandestina, normalmente predatória, domina o panorama mineral da região, associando-se a isso o fato de que os órgãos competentes carecem de recursos financeiros e humanos para que realizem uma fiscalização eficaz.

As maiores alterações no meio físico são provocadas pelas lavras de areia e argila. Quando praticadas de forma inadequada nos ambientes de planícies aluviais, essas atividades ocasionam desmatamentos, remoção da camada de solo superficial, extensas cavas abandonadas, poluição visual (estética), poluição dos recursos hídricos superficiais (material em suspensão), desvio dos cursos d'água, erosão das margens e assoreamento de rios e lagoas. Em alguns casos, como por exemplo no leito do rio Ceará, a retirada de material ocasiona uma redução no volume de sedimentos que normalmente seria transportado em direção à sua foz e redistribuído pela deriva litorânea diminuindo o processo de



erosão costeira que atualmente ocorre no trecho das praias de Iparana e do Pacheco. A extração de areias de dunas e de terrenos da Formação Barreiras provoca impactos ambientais através da degradação paisagística pela abertura de extensas cavas (Fotos 17 e 18), muitas vezes atingindo o lençol freático, pelo desmonte e pela alteração nas formas das dunas. Além disso a remoção da cobertura vegetal, praticada por essa atividade, é responsável pela transformação de dunas fixas em móveis, trazendo problemas relacionados ao avanço das areias sobre áreas urbanizadas e agricultadas, bem como sobre ecossistemas aquáticos, contribuindo para o assoreamento dos mesmos.

Quanto às pedreiras de granito (incluindo-se outros tipos litológicos como gnaisses, migmatitos e fonolitos), quer seja para a produção de britas ou de rochas ornamentais, o impacto mais visível está relacionado aos “anfiteatros” implantados nas encostas, constituindo cicatrizes permanentes na paisagem. O aproveitamento de matacões, apesar de não abrir grandes frentes de lavra, também descaracteriza a paisagem através dos desmatamentos e do desmonte dos blocos que ocorrem distribuídos nas encostas. Sousa & Sabadía (1994) observaram que as ações mitigadoras propostas pelos RIMA's (Relatórios de Impacto Ambiental), necessários por força de lei para a operacionalização das atividades de lavra, muitas vezes não são executadas em função do desconhecimento por parte do pessoal responsável pela operação das jazidas. O trabalho aponta como o grande problema da mineração de granito no Estado do Ceará, a desqualificação técnico-ambientalista do pessoal envolvido nas

lavras. Sendo assim, não existe uma preocupação com a execução de planos de drenagem e de barreiras de proteção, nem com a disposição de rejeitos em locais apropriados, entre outros itens propostos pelos RIMA's, descomprometendo completamente a lavra do controle ambiental mínimo necessário. O desmatamento é avaliado, pelos autores citados, como de maior amplitude nas lavras de matacões em relação às lavras realizadas pelo método de bancadas.

A principal e mais antiga área de exploração de granito na R.M.F. está localizada no serrote de Itaitinga, situado dentro dos limites urbanos do município homônimo e distando cerca de 40 km a sul de Fortaleza. Existem cinco frentes de lavra em atividade, onde o método aplicado é o de bancadas, com o desmonte realizado através de compressores e explosivos. Os blocos maiores são colocados diretamente nos caminhões, enquanto os menores passam por um processo de moagem para a fabricação de britas. Segundo Mota & Morais (1994), as dez casas de moagem existentes causam intensa poluição atmosférica proveniente da sílica em suspensão e de outros fragmentos menores, afetando a saúde dos habitantes das áreas vizinhas e, mais diretamente, dos operários da jazida, os quais são vulneráveis a adquirirem a silicose (doença pulmonar amplamente conhecida nas grandes minerações). Além disso, as constantes explosões propagam vibrações que incomodam os moradores das proximidades e provocam rachaduras nas estruturas das casas, tornando-se fundamental a criação de barreiras protetoras contra o ruído das detonações. Da mesma forma, a poluição sonora nas casas de moagem, ou junto das

britadeiras, atinge níveis de decibéis insuportáveis aos limites humanos, comprometendo a saúde de um grande número de operários que trabalham desprovidos de equipamentos de segurança. Dentre as ações mitigadoras sugeridas pelos autores citados, destaca-se o estabelecimento de um controle de drenagem em torno dessas minerações, evitando que ocorra assoreamento no canal de ligação entre os açudes Riachão e Gavião (este canal passa junto da serra de Itaitinga), o que poderia prejudicar a intercomunicação de águas que nivela o açude Gavião numa cota suficiente para o abastecimento normal da cidade de Fortaleza.

Com relação aos calcários, apesar da abundância de ocorrências na porção ocidental da R.M.F. (vide Figura 4, Capítulo IV.1), as atividades de extração encontram-se quase que totalmente desativadas, restando apenas algumas lavras de pequeno porte que são operacionalizadas por métodos semi-mecanizados e/ou manuais. Tal fato deve-se à existência de grandes jazidas, de melhor qualidade, situadas no município de Redenção (a sul da R.M.F.), abastecendo o mercado consumidor de grande parte do Ceará e de estados vizinhos.

A nova Constituição Brasileira, promulgada em 5 de outubro de 1988, trata a questão ambiental de forma mais específica no que diz respeito à exploração e recuperação de áreas degradadas pela atividade minerária. O Artigo 225, parágrafo 2º estabelece: “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”. O Decreto Federal

97.632 de 10 de abril de 1989, determina que os novos empreendimentos no setor mineral deverão apresentar ao órgão ambiental competente o Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto no Meio Ambiente (EIA/RIMA), juntamente com o Plano de Recuperação da área degradada pela atividade de mineração. A Resolução nº 10 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, de 6 de dezembro de 1990, determina, no seu Artigo 3º, que os empreendimentos, em função de sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades, poderão ser dispensados da apresentação dos EIA/RIMA's, a critério do órgão ambiental competente. De acordo com o parágrafo único, na hipótese da dispensa de apresentação dos EIA/RIMA's, o empreendedor deverá apresentar um Relatório de Controle Ambiental - RCA, elaborado de acordo com as diretrizes a serem estabelecidas pelo órgão ambiental competente.

A nível estadual, a Portaria nº 14 de 22 de novembro de 1989, estabelece no Anexo II, normas técnicas pertinentes à concessão de licenças para atividades minerárias. Para argila, areia, cascalho, brita e similares, é exigida a apresentação do Plano de Conservação Ambiental - PCA que deve conter:

- posição geográfica da jazida;
- método de extração e processamento do mineral;
- extensão da área a ser minerada, com a pretensão do volume a ser extraído;
- descrição dos impactos ambientais;
- medidas de recuperação para a área degradada, e
- zoneamento geológico-ambiental.

Para outros minerais, a Portaria nº 14 exige o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, nos termos da Resolução nº 001/CONAMA, de 23 de outubro de 1986.

Deve-se, entretanto, implantar um sistema de fiscalização eficiente que vise garantir o cumprimento das leis existentes.

O assessoramento técnico às pequenas empresas mineradoras também é uma medida importante a ser adotada, objetivando o desenvolvimento de lavras mais seguras e menos poluentes. Acrescente-se ainda, a necessidade de se criar mecanismos que permitam e fomentem a legalização das lavras clandestinas junto ao DNPM.

Capítulo VII

Considerações Finais

A partir das características físicas (geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos, solos e vegetação) foi possível a elaboração de um esboço de zoneamento geoambiental, bem como a identificação e a análise dos principais problemas relacionados ao meio físico da R.M.F., tornando-se evidente a complexidade dos mesmos e a necessidade de se adotar procedimentos e ações com o intuito de se deter ou minimizar os impactos ambientais provocados pelas atividades antrópicas. As medidas devem ser ecléticas, envolvendo tanto os aspectos técnicos, quanto decisões políticas/administrativas e modificações de comportamento por parte da sociedade de um modo geral. É preciso também ter-se a dimensão exata do binômio conservação-desenvolvimento, ressaltando-se que um não é o oposto do outro. A proteção e o uso racional dos recursos naturais são fatores fundamentais para o desenvolvimento humano, devendo-se buscar sempre a obtenção de uma melhor qualidade de vida e a garantia do bem-estar para as gerações presentes e futuras.

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.

Essa visão de curto alcance tem gerado um modelo de desenvolvimento que não leva em consideração o balanceamento entre as potencialidades e as limitações do meio físico, produzindo um conjunto de problemas que conduzem a uma deterioração da qualidade ambiental e, conseqüentemente, da qualidade de vida da população.

A produção de informações sistemáticas sobre o meio ambiente requer um esforço multidisciplinar, sendo necessária a integração de dados tanto da área de ciências naturais, quanto das ciências socio-econômicas. Basicamente, as informações podem ser enquadradas nas seguintes categorias:

- Fatores de pressão sobre o meio ambiente
 - Ocupação do solo
 - Exploração dos recursos naturais
 - Atividades associadas ao meio ambiente
 - Carga de resíduos
 - Eventos naturais
- Impactos ambientais causados por atividades antrópicas e eventos naturais
 - Esgotamento dos recursos naturais
 - Degradação dos ecossistemas

- Desastres ambientais
- Degradação da qualidade de vida humana
- Reações aos impactos ambientais
 - Manejo dos recursos naturais
 - Prevenção e mitigação dos efeitos de desastres ambientais
 - Planejamento e políticas relacionadas ao uso e ocupação do solo

Os temas aqui levantados, tais como a migração de dunas, erosão da linha de costa, degradação das áreas de acumulação inundáveis, movimentos de massas, enchentes, poluição dos recursos hídricos, disposição de resíduos sólidos e impactos da mineração, representam aqueles mais abrangentes, que estão diretamente relacionados ao uso e ocupação do meio físico da R.M.F. Ficou evidente, durante os estudos realizados, a associação existente entre esses problemas, o que já era esperado, tendo em vista o interrelacionamento dos processos geológico-geomorfológicos responsáveis pela dinâmica do meio físico.

Migração ou avanço de dunas, erosão ou recuo da linha de costa, movimentos ou deslizamentos de massas, e enchentes ou inundações, são processos naturais que fazem parte da evolução da paisagem, mas que sem dúvida são desencadeados ou acelerados pela atividade antrópica, ocasionando transformações profundas, ou mesmo irreversíveis, em um intervalo de tempo extremamente curto, em comparação com a dinâmica natural do meio físico. A ocupação indevida das dunas, as obras costeiras, o desmatamento das áreas serranas e o assoreamento de rios e lagoas são as principais formas de intervenção

que **potencializam** os processos citados. Por outro lado, a degradação dos manguezais, a contaminação dos mananciais hídricos (superficiais e subterrâneos), os impactos decorrentes da disposição de resíduos sólidos em áreas inadequadas e os impactos originados pela atividade minerária, constituem problemas **essencialmente** produzidos pelas ações antrópicas.

De um modo geral, a ocupação de terrenos geologicamente instáveis, as obras de engenharia mal planejadas e a exploração desordenada dos recursos naturais são as causas principais dos problemas diagnosticados, gerando áreas de risco e provocando a degradação do meio ambiente e da qualidade de vida das populações. Sendo assim, fica evidente a necessidade de um melhor conhecimento do meio físico da R.M.F., visando a identificação e a caracterização de suas potencialidades e fragilidades, a fim de orientar adequadamente o seu uso e ocupação. Nesse sentido, tem-se constatado um amplo interesse por parte dos gestores municipais para que se proceda uma avaliação de suas áreas administrativas, principalmente no que diz respeito ao levantamento de suas potencialidades minerais e de recursos hídricos subterrâneos.

Como foi mencionado no Capítulo I, é propósito do SINFOR, após esta etapa de diagnóstico global da R.M.F., desenvolver trabalhos em áreas municipais, envolvendo os temas aqui levantados, bem como outros, dependendo das demandas inerentes a cada município. Dessa forma, utilizando-se tecnologias modernas como o geoprocessamento, por exemplo, pretende-se elaborar um conjunto de mapas temáticos, tais como: de

potencial mineral, de recursos hídricos subterrâneos, de vulnerabilidade dos aquíferos, de erodibilidade, de aptidão agrícola, de cobertura vegetal, de uso atual

do solo, de uso recomendado etc, os quais deverão constituir as bases técnicas que servirão para subsidiar as diretrizes para o ordenamento territorial nos Planos Diretores Municipais.

Capítulo VIII

Referências Bibliográficas

- BEROUTCHACHVILI, N. A. & BERTRAND, G. - 1977. Le Geosystème ou Système Territorial Naturel. *In: Rev. Geograph de Pirinèes et Sud-Ouest*, v.49, p.167-180.
- BERTRAND, G. - 1969. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. *In: Caderno de Ciências da Terra*, v.13, p.1-21. São Paulo.
- BEZERRA, E. C. - 1989. Balanço Hídrico. *In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação-SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará- IPLANCE. Atlas do Ceará*. p.20-21. Fortaleza.
- BEZERRA, E. C.; BEZERRA, J. E. G.; MENDES, M. de F. S. - 1989. Precipitações. *In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação-SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará- IPLANCE. Atlas do Ceará*. p.18-19. Fortaleza.
- BIANCHI, L.; MARQUES, J. C. de S.; PADILHA, M. W. M.; TEIXEIRA, J. E. M.; COELHO, M. do C. P.; MARTINS JÚNIOR, M; AGUIAR, M. T. R. - 1984. Recursos de Água Subterrânea na R.M.F. Plano de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na R.M.F. Fase I- Fatores Condicionantes. 30p. AUMEF-SEPLAN/CE. Fortaleza.
- BRAGA, A. de P. G.; PASSOS, C. A. B.; SOUZA, E. M. de; FRANÇA J. B. de; MEDEIROS, M. de F. - 1977. Projeto Fortaleza. Relatório Final, v.1, 339p. DNPM/CPRM. Recife.
- BRANDÃO, R. de L. - 1994. Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Escala 1:100.000. Texto Explicativo. 27p. Programa de Gestão e Administração Territorial - GATE / Projeto Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da R.M.F. - SINFOR. CPRM/REFO. Fortaleza.
- CASTRO, J. W. de A. & ROSMAN, P. C. C. - 1992. Estudo Diagnóstico do Comportamento Atual da Linha de Costa Entre os Rios Pacoti e Tabuba - CE. *In: Congr. Bras. Geol.*, 37, Boletim de Resumos Expandidos, v.1, p.74-75. SBG. São Paulo.
- CASTRO, J. W. de A.; TENNA, F. P.; MEIRELES, A. J. de A.; GURGEL, G. A. S.; GURGEL JUNIOR, J. B. - 1992. A Influência dos Processos Litorâneos na Identificação de Áreas de Risco Costeiro nas Praias da Margem Oeste do Rio Ceará. *In: Congr. Bras. Geol.*, 37, Boletim de Resumos Expandidos, v.1, p.106-107. SBG. São Paulo.
- CAVALCANTE, I. N.; VASCONCELOS, S. M. S.; ARAÚJO, A. L. de; LEAL, S. E. C.; BIANCHI, L. - 1990. Qualidade das

- Águas Subterrâneas de Fortaleza. *In:* Revista de Geologia, v.3, p.89-97, Edições Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- CEARÁ - 1982. Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária- SEARA. Zoneamento Agrícola. Fortaleza.
- CEARÁ - 1992. Secretaria de Recursos Hídricos - SRH. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 4v. Fortaleza.
- DOMINGUEZ, J. M. L. - 1993. Relatório de Visita Técnica à Residência da CPRM em Fortaleza. Programa de Gestão e Administração Territorial - GATE. CPRM/REFO. 9p. Salvador.
- FIGUEIREDO, M. A. - 1989. Vegetação. *In:* CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação-SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará- IPLANCE. Atlas do Ceará. p.24-25. Fortaleza.
- IPLANCE - Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. 1995. Ranking dos Municípios : Indicadores Selecionados. 132 p. Fortaleza.
- IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 1975. Relatório N^o 8.271. Estudo Preventivo e Corretivo dos Movimentos de Solo e Rocha na Serra de Maranguape, Estado do Ceará. Fase de Diagnóstico. 2v. SUDENE/DNOS/SOSP- Gov. Est. Ceará. São Paulo.
- JORDY FILHO, S.; SALGADO, O. A.; FONZAR, B. C. - 1981. Vegetação. As Regiões Fitoecológicas, Sua Natureza e Seus Recursos Econômicos. *In:* BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24- Fortaleza. v.21, p.309-360. Rio de Janeiro.
- LEITE, F. de A. B. & MARQUES, J. N. - 1989. *In:* CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação-SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará- IPLANCE. Atlas do Ceará. p.16-17. Fortaleza.
- LIMA, M. F. & FIGUEIREDO, M. A. - 1984. Plano de Recuperação, Formação e Manejo da Cobertura Vegetal Visando a Preservação dos Recursos Hídricos da R.M.F. Esboço Preliminar. 26p. Relatório Técnico-Científico. AUMEF-SEPLAN/CE. Fortaleza.
- MAVIGNIER, A. L. - 1992. Estudo Físico, Químico e Bacteriológico do Rio Cocó. Dissertação de Mestrado. Área de Concentração em Recursos Hídricos. Departamento de Hidráulica/Eng. Civil /UFC. 108p. Inédito.
- MEDEIROS, M. de F.- 1994. Mapa do Potencial Mineral para Não-Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza. Escala 1:100.000. Programa de Gestão e Administração Territorial -GATE / Projeto Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da R.M.F.- SINFOR. CPRM/REFO. Fortaleza.
- MEIRELES, A. J. de A.; CASTRO, J. W. de A.; BARBOSA, S. S. C.; ARAÚJO, A. L. - 1990. Dinâmica Sedimentar Entre as Praias do Futuro e Iparana. Fortaleza - Ceará. *In:*

- Congr. Bras. Geol., 36, Anais do ..., v.2, p.796-806. SBG. Natal.
- MIRANDA, P. de T. de C.; FRANÇA, M. A. M.; COUTINHO, M. L. de O.; BARROS, F. de M.; SOUZA, M. M. A. de - 1994. Composição Florística e Estrutura dos Bosques de Mangue dos Rios Ceará, Cocó e Pacoti. 48p. Gov. Est. Ceará, S.D.U/SEMACE. Fortaleza.
- MIRANDA, P. de T. de C.; MACIEL, N. C.; OLIVEIRA, A. M. E. de - 1990. Política Estadual para Preservação de Manguezais e Estuários do Ceará (Proposta). 32p. Gov. Est. Ceará, S.D.U/SEMACE. Fortaleza.
- MORAIS, J. B. A.; SAMPAIO, T. de Q. S.; SALES, J. W. M. - 1984. Projeto Fortaleza - Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza. v.1. 208p. CPRM/DNPM. Fortaleza.
- MORAIS, J. O. de & MEIRELES, A. J. de A. - 1992. Riscos Geológicos Associados à Dinâmica Costeira na Praia de Caponga - Município de Cascavel, Estado do Ceará. *In*: Revista de Geologia, v.5, p.139-144. Edições Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- MORAIS, J. O. de - 1972. Processos de Assoreamento no Porto do Mucuripe. *In*: Arq. Ciên. Mar 12 (2), p.139-149. LABOMAR/UFC. Fortaleza.
- MOREIRA, M. M. M. A. & GATO, L. C. S. - 1981. Geomorfologia. *In*: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24-Fortaleza. v.21, p.213-252. Rio de Janeiro.
- MOTA, R. F. & MORAIS, J. O. de - 1994. Avaliação Geológica de Impactos Ambientais na Pedreira de Itaitinga, Estado do Ceará. *In*: Congr. Bras. Geol., 38, Boletim de Resumos Expandidos, v.1, p.20-22. SBG. Balneário de Camboriú- SC.
- NASCIMENTO, D. A. do; GAVA, A.; PIRES, J. de L.; TEIXEIRA, W. - 1981. Geologia. Mapeamento Regional. *In*: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24- Fortaleza. v.21, p.23-133. Rio de Janeiro.
- RIBEIRO, A. G. & GONÇALVES, R. do N. - 1981. Uso Potencial da Terra. Climatologia. *In*: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24-Fortaleza. v.21, p.458-475. Rio de Janeiro.
- S.D.U- Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente / SEMACE- Superintendência Estadual do Meio Ambiente. 1993. Levantamento das Fontes Potencialmente Poluidoras da Região Metropolitana de Fortaleza. Programa de Infra-Estrutura Básica. Saneamento de Fortaleza- SANEAR. 48p.
- SOTCHAVA, V. B. - 1976. O Estudo dos Geossistemas. Métodos em Questão. IGEOG/USP. São Paulo.

- SOUZA, A. E & SABADIA, J. A. B. - 1994. Pólo Graniteiro do Estado do Ceará. O Dever do Compromisso Ambiental no Processo de Desenvolvimento Sustentável. *In*: Congr. Bras. Geol., 38, Boletim de Resumos Expandidos, v.1, p.58-59. SBG. Balneário de Camboriú- SC.
- SOUZA, M. J. N. de - 1988. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará. *In*: Revista de Geologia, v.1, p.73-91, Edições Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- SOUZA, M. J. N. de - 1989. Geomorfologia. *In*: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação- SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará-IPLANCE. Atlas do Ceará. p.14-15. Fortaleza.
- SOUZA, M. J. N. de; MARTINS, M.L.R; GRANGEIRO, C.; SOARES, M.Z. - 1994. Esboço do Zoneamento Geoambiental do Ceará. *In*: Projeto ÁRIDAS-CEARÁ. Grupo I- Recursos Naturais e Meio Ambiente. v.2, p.186-203. SEPLAN - FUNCEME. Fortaleza.
- STANGE, A. & NEVES FILHO, J. P. - 1981. Pedologia. Levantamento Exploratório de Solos. *In*: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24- Fortaleza. v.21, p.253-308. Rio de Janeiro.
- SUDEC - 1986. Resultados de Trabalhos da SUDEC na Área de Proteção Ambiental. Departamento de Recursos Naturais. 68p. Fortaleza.
- TRICART, J. - 1977. Ecodinâmica. FIBGE/SUPREN. 97p. Rio de Janeiro.

Documentação Fotográfica



Fotos 1 e 2: Ocupação inadequada em áreas de dunas. Praia do Futuro, Fortaleza.



Foto 3: Duna migrando sobre área urbanizada. Barra do Ceará, Fortaleza.



Foto 4: Telas de *nylon* e palhas de coqueiro utilizadas para deter o avanço das areias em direção às casas. Bairro de Serviluz, Fortaleza.



Foto 5: Favelização de dunas. Morro de Santa Terezinha, bairro do Mucuripe – Fortaleza.



Foto 6: Páleo-mangue exumado, testemunhando o recuo da linha de costa. Praia do Batoque, município de Aquiraz.



Foto 7: Estrutura de proteção contra o avanço do mar (erosão costeira). Praia de Iparana, município de Caucaia.



Foto 8: Aspecto do manguezal associado ao baixo curso do rio Cocó. Bairro do Papicu, Fortaleza.



Foto 9: Ocupação de dunas por favelas, provocando a instabilidade das encostas. Morro do Castelo Encantado, bairro do Mucuripe – Fortaleza.



Foto 10: Desmatamentos na vertente oeste da Serra de Maranguape. A vegetação que ocupa os topos é secundária. Município de Maranguape.



Foto 11: Ocupação inadequada da planície de inundação do Rio Cocó, representando área de risco. Bairro de São João do Tauape, Fortaleza.



Foto 12: Assentamento de favela nas margens do Rio Siqueira, causando assoreamento de seu leito e ocorrência de enchentes. Limite entre os municípios de Fortaleza e Maranguape.



Foto 13: Área de risco, onde periodicamente registra-se a manifestação de enchentes. Lagoa do Gengibre, bairro do Papicu – Fortaleza.



Foto 14: Poluição hídrica por dejetos industriais. Rio Maranguapinho, entre os municípios de Fortaleza e Caucaia.



Fotos 15 e 16: Aspecto do “lixão” do Jangurussu, onde um grande contingente de catadores trabalha em condições extremamente insalubres.



Foto 17: Extensa cava produzida pela mineração de areia em terrenos de páleo-dunas, observando-se taludes verticalizados com cerca de 10 metros de profundidade. Ao lado existe uma estrada, já ameaçada pela escavação. Próximo à Lagoa da Banana, município de Caucaia.



Foto 18: Degradação ambiental provocada pela atividade de extração de areia, em área constituída por sedimentos da Formação Barreiras. Bairro do Papicu, Fortaleza.