



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de
Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e
Ocupação do Solo**

Dissertação de Mestrado em Geologia
Área de Concentração: Geologia Ambiental

FORTALEZA – CE
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo

Clístenes Teixeira Batista

Orientador:
Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo

Dissertação submetida à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geologia.

FORTALEZA – CE
2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de
Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação
do Solo**

Clístenes Teixeira Batista

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Dr. César Ulisses Vieira Veríssimo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dr. José Antônio Beltrão Sabadia (Examinador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Dra. Maria Lúcia Brito Cruz (Examinadora)
Universidade Estadual do Ceará - UECE

Aprovada em ___/___/___

FORTALEZA – CE
2010

SUMÁRIO

Sumário	4
Lista de Figuras	6
Lista de Quadros	7
Resumo	8
Abstract	9
Agradecimentos	10
1 – Introdução	11
2 – Fundamentação Teórico-Metodológica	14
2.1 – Base Teórica	14
2.1 – Procedimentos Técnicos	20
3 – Caracterização da Área de Estudo	26
3.1 – Situação Geográfica	26
3.2 – Aspectos Fisiográficos	27
3.2.1 – Geologia	27
3.2.2 – Geomorfologia	32
3.2.3 – Pedologia	39
3.2.4 – Cobertura Vegetal	43
3.2.5 – Hidrografia	48
3.2.6 – Clima	50
3.3 – Aspectos Socioeconômicos	53
3.3.1 – População	53
3.3.2 – Economia	55
3.3.3 – Indicadores Sociais	57
4 – A Mineração de Agregados na RMF	59
4.1 – Aspectos Técnicos	59
4.1.1 – Caracterização dos Agregados	59
4.1.2 – Métodos de Lavra	62
4.2 – Aspectos Legais	69
4.2.1 – Legislação Mineral	69
4.2.2 – Legislação Ambiental	71
4.3 – Potencial Mineral da RMF	76
4.4 – Aspectos Econômicos	84
4.4.1 – Áreas de Produção	84
4.4.2 – Mercado de Agregados na RMF	89

5 – Mineração de Agregados e Meio Ambiente na RMF	95
5.1 – Zoneamento Geoambiental da RMF	95
5.1.1 – Vulnerabilidade Ambiental da RMF	99
5.1.2 – Potencialidades e Limitações das Unidades Geoambientais da RMF	104
5.1.3 – Usos Compatíveis do Solo da RMF	108
5.1.4 – Mineração de Agregados no Quadro Geoambiental da RMF	109
5.2 – Impactos Ambientais da Mineração de Agregados na RMF	112
5.2.1 – Tipos de Impacto Ambiental	113
5.2.2 – Controle e Reabilitação Ambiental	121
6 – Mineração de Agregados e o Uso e Ocupação do Solo na RMF	124
6.1 – Uso e Ocupação do Solo na RMF	124
6.2 – Conflitos de Uso e Ocupação em Relação à Mineração de Agregados	127
6.3 – Ordenamento Territorial e a Atividade Mineira	133
6.4 – Proposta de Zoneamento Ambiental-Minerário para a RMF	137
7.– Conclusões	141
8.– Referências Bibliográficas	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Esboço do Funcionamento de um Geossistema	16
Figura 3.1 – Mapa de Localização e Acesso da Área de Estudo	26
Figura 3.2 – Província Borborema	28
Figura 3.3 – Mapa Geológico da RMF	31
Figura 3.4 – Mapa Geomorfológico da RMF	34
Figura 3.5 – Modelo Digital de Terreno da RMF	36
Figura 3.6 – Mapa Hipsométrico da RMF	37
Figura 3.7 – Mapa Clinográfico da RMF	38
Figura 3.8 – Mapa Pedológico da RMF	42
Figura 3.9 – Mapa Fitogeográfico da RMF	47
Figura 3.10 – Mapa Hidrográfico da RMF	49
Figura 3.11 – Mapa Plúvio-Climático da RMF	52
Figura 3.12 – Mapa Demográfico da RMF	54
Figura 3.13 – PIB da Região Metropolitana de Fortaleza	55
Figura 3.14 – Participação Municipal no PIB da RMF	56
Figura 3.15 – PIB <i>per capita</i> dos municípios da RMF	58
Figura 4.1 – Localização do Parque Natural das Dunas de Sabiaguaba.	76
Figura 4.2 – Mapa Litológico da RMF	83
Figura 4.3 – Processos de agregados na RMF	85
Figura 4.4 – Mapa dos Processos Minerários da RMF	86
Figura 4.5 – Mapa das Áreas Visitadas	88
Figura 5.1 – Geofácies da RMF	97
Figura 5.2 – Mapa das Unidades Geoambientais da RMF	98
Figura 5.3 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da RMF (Brandão)	102
Figura 5.4 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da RMF (Crepani)	103
Figura 5.5 – Processos Minerários e Vulnerabilidade Ambiental da RMF	111
Figura 6.1 – Mapa de Uso e Ocupação da RMF	126
Figura 6.2 – MDT da região de Itaitinga.	129
Figura 6.3 – Mapa de Zoneamento Ambiental-Minerário da RMF	140

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – IDH na Região Metropolitana de Fortaleza	57
Quadro 4.1 – Processos de Agregados na RMF	84
Quadro 5.1 – Unidades Geoambientais da RMF	97
Quadro 5.2 – Classificação Ecodinâmica dos Ambientes	99
Quadro 5.3 – Características, Potencialidades, Limitações e Variáveis Ambientais de Vulnerabilidade da RMF	105

RESUMO

A Região Metropolitana de Fortaleza possui grande potencial natural e socioeconômico para o desenvolvimento da mineração de agregados. A diversidade litológica garante boa oferta desse material de uso imediato na construção civil e o crescimento econômico associado à demanda reprimida por construções habitacionais e ainda, as deficiências da estrutura urbana formam o cenário favorável à expansão dessa atividade na região. A mineração é uma atividade de impactos ambientais no meio físico e no meio socioeconômico notórios, tanto positivos como adversos. É responsável pela geração de empregos e receita pública, é uma atividade imprescindível ao crescimento de outros ramos da economia e no desenvolvimento urbano e, ao mesmo tempo, provoca sérias alterações na paisagem e no meio ambiente. Na Região Metropolitana de Fortaleza, muitas empresas de mineração não seguem os cuidados necessários nas suas atividades para mitigar os impactos que ela causam no seu entorno. Outro ponto crítico é a questão dos conflitos de uso e ocupação do solo. A mineração disputa com outras formas de ocupação e atividades como a indústria, a agricultura e o próprio crescimento da malha urbana, espaço territorial na região. Somam-se a isso, as limitações naturais do meio físico da região metropolitana e as áreas de interesse ambiental na forma de Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanente, onde a mineração deve ser proibida ou executada com limitações mais rigorosas. A Região Metropolitana de Fortaleza possui um bom conjunto de áreas de interesse ambiental legalmente instituídas, mas carece de planejamento territorial que leve em conta a importância da mineração no crescimento da região e amenize ou evite os conflitos de uso e ocupação do solo, assegurando a oferta dos agregados à economia local, insumo básico ao seu crescimento.

ABSTRACT

The Metropolitan Area of Fortaleza has great potential natural and economic for the development of mining of aggregates. Diversity of lithology ensures good supply of material for immediate use in civil construction and economic growth associated pent-up demand by building housing and also the deficiencies, of urban structure form the scenery favorable to expansion of this activity in the region. It is a activity of environmental impacts in the physical and social, both positive and adverse. Is responsible for the generation of jobs and revenue publics, an activity very important the growth of other branches of economy and urban development and at the same time causes serious changes on landscapes and environment. In The Metropolitan Area of Fortaleza, many companies do not observe care in their activities to mitigate the consequences it can have on their surroundings. Another important is the conflicts of soil use. The mining dispute with other forms of occupation and activities such as industry, agriculture and the urban growth, territorial space in the region. Added to this, limitations natural and physical environment of regions and metropolitan areas of environmental interest in the form of Units Conservation e Areas of Permanent Preservation, where mining should be prohibited or limitations performed with more stringent. The Metropolitan Area of Fortaleza has a good set of areas of environmental interest established legally, but lacks territorial planning that takes into account the importance of mining in the growth of regions reduce or avoid conflicts of use and occupancy of the soil, ensuring the supply of aggregates the local economy, input to its growth.

À minha família, amigos e professores que contribuíram com este trabalho, em especial ao Prof. César Ulisses Vieira Veríssimo.

1 – Introdução

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) possui uma área de 4.875 km² e uma população de 3.517.275 habitantes (IBGE/2009), e desde a década de 1980, apresenta uma das maiores taxas de crescimento populacional entre as regiões metropolitanas brasileiras, tendo apresentado um incremento demográfico de 2,4% ao ano, somente entre 1991 e 2005 (IPECE/2008).

Nos últimos anos, os investimentos do Poder Público promoveram a instalação de uma série de equipamentos estruturantes na RMF, como o Aeroporto Internacional Pinto Martins e o Complexo Portuário do Pecém, com o objetivo de modernizá-la e prepará-la para receber investimentos privados de grande porte, e assim recriar um novo perfil socioeconômico para a região.

Por outro lado, a falta de estrutura dos municípios metropolitanos, o acelerado crescimento populacional, a estagnação econômica que caracterizou o país nas últimas décadas, os recursos insuficientes para atender as demandas da população metropolitana, ocorreram acompanhadas do agravamento de problemas como: o aumento da população subempregada, *déficit* habitacional e favelização das cidades, ocupação de áreas de risco, deteriorização do trânsito e da mobilidade urbana e enfim, desordenamento urbano em geral e impactos ambientais de diferentes causas.

Como um dos resultados dessa expansão urbana acelerada, merece destaque os conflitos de uso e ocupação do solo metropolitano em relação às diferentes atividades econômicas, como indústria, mineração, expansão imobiliária, turismo e ainda em relação às áreas de relevância ambiental.

Desses conflitos, um dos mais notórios é o caso das atividades de mineração, principalmente a mineração de agregados, os minerais de uso direto na construção civil. Essa atividade é ao mesmo tempo indispensável ao crescimento econômico da região; disputa com outras formas de ocupação, o uso do solo metropolitano e exige regulação ambiental e territorial que atenda as suas especificidades.

A isso, soma-se o fato de que esses minerais estão, muitas vezes, localizados em áreas de alta vulnerabilidade ambiental e sua extração inseqüente pode ter resultados negativos irreversíveis para o meio ambiente e a paisagem nas quais se encontram, tais como o assoreamento de corpos hídricos, erosão, remoção das

coberturas vegetais, poluição dos solos e recursos hídricos, e a alteração da dinâmica sedimentar costeira, com o desmonte de dunas (Brandão, 1995a).

Dada à importância do tema, cabe uma análise detalhada sobre as formas de execução minerária na RMF e suas implicações ambientais, no que diz respeito às áreas mais afetadas, as substâncias mais mineradas, os tipos de impactos ambientais decorrentes dessa mineração, suas repercussões socioeconômicas e principalmente, a relação da mineração de agregados na RMF com outras atividades econômicas e com a expansão da malha urbana, que muitas vezes acabam ocupando áreas de bom potencial mineral, o que diminui a oferta desses bens.

Recentemente, a retomada do crescimento econômico na região e o anúncio da chegada de empreendimentos de porte como siderúrgica, refinaria, os planos governamentais de redução do déficit habitacional e ainda a seleção de Fortaleza como uma das sedes da Copa do Mundo do Brasil em 2014, exigirá obras de construção civil por toda RMF e fará a demanda de agregados aumentar substancialmente.

Esse aumento certamente implicará no acirramento dos conflitos de uso e ocupação do solo, e um dos instrumentos mais importantes no auxílio às políticas públicas de gestão do território em que a atividade minerária seja adequadamente considerada é o zoneamento ambiental-minerário.

Este trabalho procura esboçar como um de seus resultados, justamente tal zoneamento; considerando o potencial geológico, as características do meio físico e das infra-estruturas existentes, as áreas de zoneamento ambiental já instituídas, o perfil socioeconômico da população e a situação dos requerimentos minerários na região.

Para tanto, é indispensável avaliar o quadro da mineração de agregados na RMF em relação à ocorrência mineral, sua distribuição, demanda e oferta, modos de produção e características técnicas das empresas do ramo e, por fim, os impactos ambientais decorrentes desse tipo de atividade e as medidas cabíveis na sua mitigação.

Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral caracterizar a atividade de mineração de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza e seus impactos ambientais, identificando os métodos de exploração utilizados nessa atividade e as implicações ambientais numa perspectiva dos conflitos sobre o uso e ocupação do solo envolvendo a mineração e outras atividades econômicas como a indústria, o turismo e a expansão urbana.

Objetivos Específicos

- Analisar a relação da mineração com o crescimento urbano e econômico da Região Metropolitana de Fortaleza.
- Diagnosticar os aspectos ambientais da RMF identificando as áreas de maior potencialidade à mineração e as de maior vulnerabilidade ambiental.
- Caracterizar os principais impactos ambientais decorrentes da mineração de acordo com o tipo de substância minerada e as unidades ambientais onde se inserem.
- Discorrer sobre os aspectos técnicos e legais que envolvem a mineração na área em estudo.
- Representar espacialmente os cenários atuais, futuros e desejáveis, através de uma proposta de zoneamento ambiental-minerário que compreenda toda RMF e considere a relação da mineração de agregados com as outras formas de uso e ocupação do solo.

2 – Fundamentação Teórico-Metodológica

2.1 – Base Teórica

Os estudos ambientais da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) adotados como base teórica neste trabalho apoiaram-se na teoria geral dos sistemas e na análise geossistêmica.

A Teoria Geral dos Sistemas surge nos anos 1960, depois do conceito de ecossistema, criado por Tansley, em 1934.

Voltado para os estudos do funcionamento dos sistemas ecológicos, das trocas de energia e matéria entre os componentes naturais e os organismos, é um conjunto de elementos com um conjunto de ligações entre esses elementos.

Adota uma visão integrada dos elementos da paisagem (conectividade) e podem ser abertos ou fechados.

O conceito de geossistema foi adaptado por Sotchava (1977) a partir do conceito de “ecossistema”, inserindo nele, a categoria espacial.

Sotchava (*op.cit.*) propôs uma classificação de geossistemas bilateral, a partir do binômio homogeneidade e diferenciação, princípios fundamentais de classificação. Denomina suas duas fileiras de "geômero" e "geócoro". O "geômero" é definido pela sua qualidade estrutural homogênea e o "geócoro", pela sua estrutura diversificada.

O geossistema é um fenômeno natural que inclui todos os elementos da paisagem como um modelo global, territorial e dinâmico, aplicável a qualquer paisagem concreta e é classificado como um sistema aberto, uma vez que nele entra e sai determinada quantidade de matéria e energia, fazendo dele um sistema dinâmico.

Outras características do modelo proposto por Sotchava:

- Utiliza a análise integrada
- Conexão entre a natureza e a sociedade.
- Além dos fenômenos naturais inclui os econômicos e sociais
- A integração propicia a compreensão da qualidade ambiental.

No contexto da evolução teórica dos sistemas ambientais ou geossistemas, Bertrand (1977) dá ao Geossistema uma conotação um pouco diferente de Sotchava; para ele, o Geossistema é uma unidade, um nível taxonômico na categorização da paisagem. São elas: Zona, Domínio, Região Natural, Geossistema, Geofácies e Geótopo.

As 'Zonas' e os 'Domínios' são relacionados aos estudos em escalas globais. Já para as médias escalas, como no caso deste trabalho, geralmente, a delimitação geoambiental se dá a partir do táxon Geossistema.

“O geossistema corresponde a um nível taxonômico caracterizado pela convergência de semelhanças dos componentes físicos, bióticos, antrópicos e de suas dinâmicas, fazendo da paisagem um conjunto indissociável em perpétua evolução, não possuindo homogeneidade fisionômica. Os geofácies constituem subunidades internas dos geossistemas, compreendendo unidades fisionômicas mais homogêneas e os geótopos correspondem à menor unidade geográfica homogênea, podendo apresentar condições ecológicas diferenciadas em relação aos geossistemas e geofácies nos quais estão inseridos.” (Lehugueur e Marino, 2007)

Sua estrutura é dinâmica, e de acordo com Bertrand (1977), resulta da interação entre o "**potencial ecológico**", a "**exploração biológica**" e a "**ação antrópica**", e que se identifica por um mesmo tipo de evolução.

O geossistema estaria em estado de clímax quando o potencial ecológico e a exploração biológica encontrassem em equilíbrio.

Erhart (1955), na elaboração da teoria da bio-resistasia, havia levado em consideração a importância que a cobertura vegetal exerce na evolução das paisagens e sua dinâmica, considerando para o estado de Biostasia, a predominância da pedogênese, e para a Resistasia, predominância da morfogênese.

Tricart (1977) propôs uma classificação ecodinâmica dos meios ambientes em três estágios: "meios estáveis", "meios intergrades" e "meios fortemente instáveis", baseado na intensidade, frequência e interação dos processos evolutivos, possibilitando uma abordagem dialética da paisagem:

- Os "meios estáveis" - fitoestasia (ou bioestasia)
- Os "meios fortemente instáveis" – resistasia

- Os "meios intergrades" – concorrência entre morfogênese e pedogênese

Tanto Erhart (1955) quanto Tricart (1977) buscam no balanço morfogênese/pedogênese os fundamentos para a classificação dos meio ambientes, tendo a esculturação do relevo como parâmetro básico do sistema evolutivo. A movimentação ou perda de material sólido constitui-se no elemento principal para a classificação dos meio ambientes em ambos os autores.

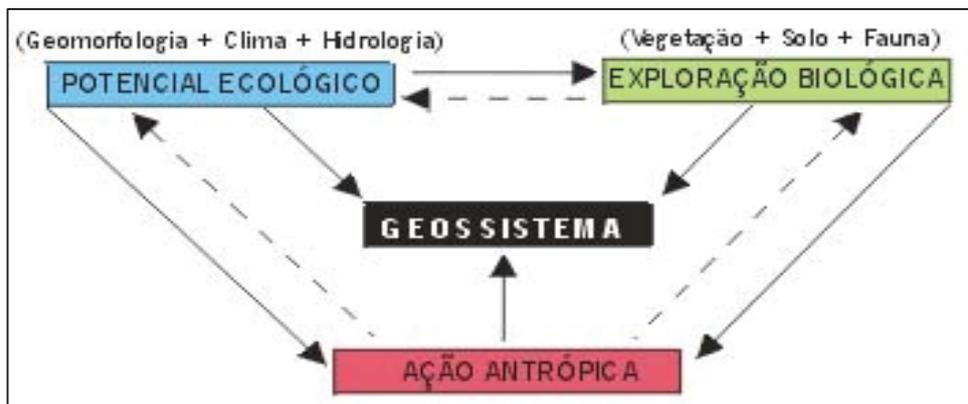


Figura 2.1 - Esboço teórico apresentado por Bertrand (1972) para explicar o funcionamento do geossistema.

Para o caso da RMF, a classificação das unidades geossistêmicas tomou como base a proposta de Souza (1988) para a delimitação da compartimentação topográfica da área, e em trabalho de Brandão (1995a), que apresenta um zoneamento geoambiental da RMF baseado justamente na compartimentação geomorfológica adotada por Souza (*op.cit.*).

A partir da delimitação das unidades geoambientais, pôde-se definir pra cada uma, suas características e vulnerabilidades ambientais, baseado em adaptação de Souza (1988) aos critérios propostos por Tricart (1977) para a classificação ecodinâmica da área.

Nesse caso, as classes de vulnerabilidade ambiental são definidas em cada geossistema ou geofácie. Para cada uma delas, foi descrito suas condições naturais dominantes, as potencialidades e limitações, as condições ecodinâmicas, a vulnerabilidade ambiental e propostas de uso compatível para cada uma dessas unidades.

Para efeito comparativo, foi adotado também, de forma adaptada, o modelo de vulnerabilidade ambiental proposto por Crepani *et. al.* (2001). Esse modelo foi adotado inicialmente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal. O método de Crepani. Consiste na elaboração de um mapa de Unidades Territoriais Básicas (UTB's) gerado a partir da interpretação de imagens do sensor TM-LANDSAT, em seguida esse produto é associado às informações pré-existentes de geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima da área. Para cada um desses temas é atribuído valores empíricos de 1 a 3, onde o valor mais alto corresponde às áreas de maior vulnerabilidade ambiental.

Como resultado final, é apresentada a vulnerabilidade ambiental de cada unidade ambiental em função da média aritmética dos valores individuais de cada um dos cinco temas pré-existentes para aquela unidade:

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{(G + R + S + V + C)}{5}$$

Onde:

G = vulnerabilidade para o tema Geologia

R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia

S= vulnerabilidade para o tema Solos

V= vulnerabilidade para o tema Vegetação

C= vulnerabilidade para o tema Clima

As UTB's são células elementares de um zoneamento ecológico-econômico, as quais constituem uma *entidade geográfica* com *atributos ambientais* que permitem diferenciá-las de suas vizinhas ao mesmo tempo em possui vínculo dinâmico que a articula a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais (Becker e Egler, 1997). Elas são divididas em duas categorias: as *unidades de paisagem natural* e os *polígonos de ação antrópica*.

Neste trabalho, esse modelo sofreu uma adaptação importante, pois as UTB's obtidas de imagens LANDSAT foram substituídas pelas unidades geoambientais do mapeamento de Souza (1988) para o Ceará. Com isso, pôde-se

traçar um quadro comparativo mais adequado com a classificação ecodinâmica do trabalho de Brandão (1995a) para a região, e assim gerar uma discussão mais acertada sobre a questão da vulnerabilidade ambiental na RMF.

Esse método pressupõe, com o uso de médias aritméticas, importância ou pesos equivalentes de todas as variáveis (temas) que compõe o sistema para o estabelecimento dos seus graus de vulnerabilidade, isso pode acabar mascarando ou atenuando o resultado final de vulnerabilidade da unidade identificada.

Outro problema observado está relacionado à atribuição desses “pesos” às variáveis, que são determinados de forma subjetiva e arbitrária pelo pesquisador, dependendo da experiência e qualificação técnico-científica do mesmo para se chegar a resultados os mais condizentes possíveis com a realidade, o que pode gerar muitas divergências entre os modelos de vulnerabilidade ambiental.

No entanto, uma vez que o pesquisador atribua “pesos” aos temas adequadamente, a tendência é que haja uma boa correspondência entre o modelo de fragilidade e a realidade natural.

Como dito anteriormente, os critérios utilizados na determinação dos “pesos” das variáveis de cada tema empregado no método de Crepani (*op. cit*), são os responsáveis pela boa fidelidade que acreditamos possuir o modelo.

Para cada tema, os principais critérios a serem observados na forma de variáveis, de acordo com Crepani (*op. cit*), são:

Geologia: grau de coesão dos minerais e informações relativas à evolução geológica.

Geomorfologia: morfografia, ou seja, análise das formas de relevo, particularmente, dos topos e; a morfometria relacionada à dimensão interfluvial, amplitude altimétrica e declividade.

Pedologia: a característica elementar considerada para estabelecer as classes de vulnerabilidades relativas ao tema solos é o seu grau de desenvolvimento.

Vegetação: quanto a esse tema, é observada a proteção que a cobertura vegetal oferece ao solo, a qual é resultante de sua exuberância e massa foliar (Becker e Egler, 1997).

Clima: quanto às informações climáticas, as de maior interesse são as de temperatura e as de pluviosidade, destacando-se a intensidade e duração das precipitações.

Com base nas características ambientais da área e suas respectivas potencialidades e vulnerabilidades, obtidas pela análise geoambiental da RMF, pode-se traçar uma proposta de ordenamento territorial na forma de um zoneamento para a região, como estratégia do planejamento ambiental.

Para Silva e Santos (2004), o planejamento ambiental é um processo que envolve coleta, organização e sistematização das informações para se chegar a decisões acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos naturais em função de suas potencialidades.

Ainda segundo esses autores, o zoneamento é um método do planejamento ambiental integrador das informações ambientais para avaliar um território. O resultado do zoneamento é um conjunto de unidades, que apresentam certa homogeneidade interna e diferenciação entre si, com cada unidade sujeita a normas específicas para o desenvolvimento das atividades econômicas e para a conservação do meio, abalizada em suas especificidades.

No caso deste trabalho, o tipo de zoneamento adotado foi o ambiental-minerário, uma vez que o enfoque do presente estudo é a atividade mineral na RMF e seus impactos ambientais.

Segundo o IPT (2003), os fatores a serem considerados no zoneamento minerário são: as características do meio físico e das infra-estruturas existentes no território municipal, as áreas de zoneamento institucional, o uso e ocupação atual no município, o potencial geológico da região, as paisagens e monumentos naturais notáveis, a suscetibilidade do meio físico e biológico, o perfil socioeconômico da população, e a situação mineraria do município.

“O parcelamento territorial deve obedecer a um escalonamento de acordo com a vulnerabilidade e as limitações ante a atividade extrativa mineral. As zonas podem ser agrupadas em áreas – preferenciais, limitadas, restritas ou bloqueadas à mineração. Para cada zona discriminada, deverão ser estabelecidos os principais procedimentos e parâmetros de controle”. (Tannús, *et al*, 2007, págs. 132 e133).

A elaboração do zoneamento ambiental-minerário para a RMF é uma proposta de ordenamento territorial e planejamento ambiental muito válida para o desenvolvimento da região, uma vez que as informações sobre a potencialidade mineral, a importância e os benefícios possíveis dos bens minerais e a definição de áreas próprias para atividade mineral, e em particular, a de agregados, seriam considerados na repartição territorial do uso e ocupação do solo em relação a outras atividades como indústria, turismo e expansão urbana.

2.2 – Procedimentos Técnicos

A realização desta pesquisa foi subdividida em quatro momentos: primeiramente foi feito o levantamento e a revisão bibliográfica de material de interesse da pesquisa, num segundo momento, realizado o levantamento e tratamento do material cartográfico, posteriormente foram realizadas visitas de campo junto a algumas áreas e empresas de mineração de destaque na RMF, e finalmente elaborado o texto preliminar e final da pesquisa.

As fontes bibliográficas foram em boa parte obtidas junto às bibliotecas da UECE e UFC, aos acervos do DNPM e CPRM, em dissertações de mestrado dos Programas de Pós-Graduação em Geografia da UECE e da UFC e no Programa de Pós-Graduação em Geologia da UFC.

Outra parte do material foi adquirida em meio digital, através da internet, na forma de trabalhos publicados em simpósios e encontros ligados às geociências, geotecnologias e mineração, bem como em dissertações de mestrado e teses de doutorado disponíveis na *web*. Nessa fase, realizou-se o confronto entre os dados obtidos na bibliografia e a organização dos capítulos e tópicos da dissertação.

Os mapas deste trabalho foram confeccionados através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e foram utilizados como base, principalmente os mapas temáticos do Estado do Ceará, disponíveis gratuitamente na página do IPECE na *web*, no projeto Ceará em Mapas, disponível em <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/>, além de outros adquiridos em meio digital, também pela internet, junto aos sites de órgãos oficiais nacionais e estrangeiros.

Esses mapas utilizados como fontes em escalas variáveis sofreram adaptações e/ou atualizações para a geração dos mapas da RMF apresentados neste trabalho, elaborados nas escalas de 1:400.000 ou de 1:500.000.

Entre as adaptações necessárias, a RMF mapeada em trabalhos utilizados como fonte bibliográfica, entre os quais, Brandão (1995a), foram incluídos novos municípios, baseados na Lei Estadual Complementar (LEC) nº 18/99 que adicionou à RMF os municípios de Itaitinga, Chorozinho, Pacajús, Horizonte e São Gonçalo do Amarante. Não consta neste trabalho, como municípios metropolitanos, a inclusão de Pindoretama e de Cascavel, anexados à RMF em 26 de junho de 2009 pela LEC nº 78/09, uma vez que sua anexação ocorreu posteriormente ao início dos levantamentos desta pesquisa.

Do IPECE foram utilizados os mapas:

- Mapa das Bacias Hidrográficas do Ceará, 2003. Escala 1: 2.500.000
- Mapa de Classes de Solos do Ceará, 2003. Escala 1: 2.500.000
- Mapa de Compartimentação Geoambiental do Ceará, 2003. Escala 1: 2.500.000
- Mapa de Precipitações do Ceará, 2002. Escala 1: 2.750.000
- Mapa de Tipos Climáticos do Ceará, 2003. Escala 1: 2.750.000
- Mapa de Unidades Fitoecológicas do Ceará, 2003. Escala 1: 2.500.000

Outras fontes cartográficas utilizadas:

- Mapa Geológico do Ceará, da CPRM, 2003. Escala 1: 500.000
- Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, de Brandão, 1995. Escala 1: 150.000
- Mapa Morfoestrutural do Ceará, de Sales, V.C. e Paulvest, J.P., 2003. Escala 1: 1.000.000
- Mapa Rodoviário do Ceará, do DER, 2008. Escala 1: 750.000

Foram utilizados também imagens de radar interferométrico com resolução espacial de 90 metros da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), da NASA. Essas imagens estão disponíveis no site da USGS em <http://seamless.usgs.gov/index.php> e serviram para a confecção de mapas topográficos, clinográficos, hipsométricos, hidrográficos e modelagem de terreno, e que mais tarde serviram de suporte para os mapas de Vulnerabilidade Ambiental e de Zoneamento Ambiental-Minerário.

O uso de imagens de satélite LANDSAT 7 ETM com resolução espacial de 30 metros subsidiou a confecção de produtos importantes apresentados neste trabalho, como a geração do mapa de Uso e Ocupação da RMF. Essas imagens foram obtidas gratuitamente na página de catálogo de imagens no site do INPE em <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. As cenas utilizadas foram: 216-63, 217-62, 217-63.

As cenas georreferenciadas e em composição RGB 3,4,5 foram posteriormente mosaicadas para a elaboração do Mapas de Uso e Ocupação do Solo com o auxílio de técnicas de classificação supervisionada.

O mapa de Zoneamento Ambiental-Minerário da RMF foi elaborado a partir da soma dos mapas de Vulnerabilidade Ambiental baseado no modelo de Crepani *et. al.* (2001) e do mapa de Uso e Ocupação do Solo. As classes de vulnerabilidade ambiental e os padrões de ocupação do solo definiram o zoneamento ambiental-minerário da RMF nas seguintes classes: Áreas Bloqueadas, Áreas Controladas e Áreas Preferenciais, além de Áreas de Pouco Interesse Minerário.

Os mapas Clinográfico, Hipsométrico e Hidrográfico foram confeccionados utilizando-se arquivos *raster* obtidos a partir da imagem SRTM da RMF em ambiente SIG. Os mapas Clinográfico e Hipsométrico foram feitos a partir da geração de um modelo digital de terreno na forma de TIN (*Triangulated Irregular Network*), então com esse TIN, gerou-se as curvas de nível em intervalos de 30 metros. O mapa Hidrográfico foi obtido com uma ferramenta específica do SIG para delimitação de bacias hidrográficas a partir de uma imagem contendo dados altimétricos, no nosso caso, as imagens SRTM. Posteriormente, os limites dessas bacias foram editados e aperfeiçoados com o auxílio das curvas de nível geradas anteriormente para configuração mais adequada das principais bacias hidrográficas da RMF a partir dos seus divisores topográficos.

Os mapas Geológico, Litológico, Geomorfológico, Fitogeográfico, Pedológico, Plúvio-Climático, Unidades Geoambientais e Vulnerabilidade Ambiental (baseado em Brandão, 1995a) foram gerados a partir de modificações de mapas do IPECE, CPRM, DER-CE, Sales e Paulvest (2003), e Brandão (*op.cit.*), além de dados alfanuméricos e descritivos dos trabalhos de Brandão (*op. cit.*) e Souza (1988), no caso do mapa de Vulnerabilidade Ambiental, onde cartografamos os índices de vulnerabilidade propostos por esses autores para as unidades geoambientais da RMF.

O método de confecção do mapa de Vulnerabilidade Ambiental feito a partir do método de Crepani *et. al.*(2001) consistiu na criação de uma coluna com o nome Vulnerabilidade com as classes de vulnerabilidade variando de 1 a 3 na tabela de atributos de cada tema no SIG, sendo 3 a área mais vulnerável a perda de solo.

Os pesos das classes de cada tema na tabela de atributos do SIG para compor o mapa de vulnerabilidade ambiental foram atribuídos como mostra a tabela abaixo:

GEOLOGIA	
LITOLOGIAS	PESOS
Areias	3,0
Arenitos e conglomerados	2,0
Argilas, areias argilosas e cascalhos	3,0
Granitóides diversos	1,0
Metacalcários	1,0
Metaultramáficas	1,0
Micaxistos, paragnaisses e quartzitos	1,0
Paragnaisses e granitóides	1,0
Paragnaisses, micaxistos e metacalcários	1,0
Paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários	1,0
Quartzitos	1,0
Rochas calcissilicíticas	2,0
Sedimentos argilo-arenosos	2,0
Tefritos, fonolitos, traquitos	1,0
PEDOLOGIA	
TIPOS DE SOLOS	PESOS
Argissolos	2,0
Gleissolos	3,0
Luvissolos	1,0
Neossolos	3,0

Planossolos	3,0
Plintossolos	1,0
Vertissolos	3,0
VEGETAÇÃO / USO DO SOLO	
CLASSES	PESOS
Caatinga Arbustiva Aberta	3,0
Cerrado	2,0
Complexo Vegetacional da Zona Litoranea	2,0
Floresta Mista Dicotilo-Palmacea (Mata Ciliar)	2,0
Floresta Perenifolia Paludosa Maritima	2,0
Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial	1,0
Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular	1,0
Mancha Urbana	3,0
CLIMA	
PRECITAÇÕES (MÉDIAS ANUAIS)	PESOS
1100mm	1,0
1350mm	2,0
1550mm	3,0
GEOMORFOLOGIA	
DECLIVIDADES (%)	PESOS
1 - 5	1,0
5,1 - 10	1,0
10,1 - 15	2,0
15,1 - 30	2,0
30,1 - 40	3,0
>40	3,0

Tabela 01 – Temas e Pesos atribuídos à Vulnerabilidade da RMF

Em seguida, fez-se a união dos temas em um único *shapefile*. Com esse novo *shapefile* unida todas as classes, pôde-se gerar a vulnerabilidade total da seguinte forma: Na tabela de atributos criamos mais um campo com o nome Vulnerabilidade Total. Com a ferramenta para a realização da álgebra de mapas, fizemos o somatório de todos os campos de vulnerabilidade para o tema desse novo campo e calculamos a média aritmética dividindo o valor obtido por 5 (cinco), número total de classes. O resultado correspondeu à vulnerabilidades ambiental da RMF.

Ainda para a produção cartográfica, no caso do mapa Demográfico da RMF, e para a geração de informações socioeconômicas da RMF, foram utilizados dados do Censo 2000 e da Contagem da População 2007, disponíveis no site do IBGE

através de http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#populacao e do Perfil Básico Municipal do IPECE, também disponível no site do órgão.

Elaborou-se a cartografia temática visando ilustrar a caracterização da área de pesquisa, e posteriormente, foram confeccionados os Mapas de Vulnerabilidade Ambiental (adotando dois métodos distintos), o de Uso e Ocupação do Solo e o de Zoneamento Ambiental-Minerário como produtos finais desta pesquisa.

Outra etapa do trabalho consistiu nas pesquisas de campo nas áreas de mineração da RMF. Foram visitadas ao todo cinco áreas de extração mineral: a pedreira Pyla, em Caucaia, o serrote Cararu, no Eusébio, a pedreira Natasha em Itaitinga, uma área de extração de areia na Lagoa do Recanto, em Aquiraz e outra área de extração de areia no leito do rio Curú, em São Gonçalo do Amarante.

A escolha dessas áreas para trabalho e visitas de campo, foi motivada ou pela concentração de alvarás minerários de agregados em determinadas porções da RMF ou pelo volume de material extraído nessas regiões, que correspondem às mais representativas de extração de agregados na área de pesquisa.

Foram feitos ainda registros fotográficos e observado as condições ambientais do entorno das áreas, das estruturas físicas das empresas e equipamentos. Também foi realizada entrevistas com responsáveis técnicos sobre a aplicação específica do material extraído, sobre o processo de produção, o mercado consumidor, e as medidas tomadas para se minimizar os impactos ambientais durante o processo de produção. Por fim, foi feita a interpretação e integração dos dados obtidos no levantamento bibliográfico e confeccionado os documentos gráficos e o texto final desta dissertação de mestrado.

3 – Caracterização da Área de Estudo

3.1 – Situação Geográfica

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) situa-se na porção nordeste do Estado do Ceará e limita-se a norte com o Oceano Atlântico; a sul com os municípios de Palmácia, Acarape e Redenção; a leste com Pindoretama e Cascavel; e a oeste com Paracuru e Pentecoste.

Treze municípios formam a RMF: Fortaleza, Caucaia, Aquiraz, Maracanaú, Maranguape, Itaitinga, Eusébio, Pacatuba, Guaiúba, Horizonte, Pacajús, Chorozinho e São Gonçalo do Amarante (Figura 3.1). Possui uma área de 4.875 km² e uma população estimada de 3.435.458 habitantes (IPECE, 2008).

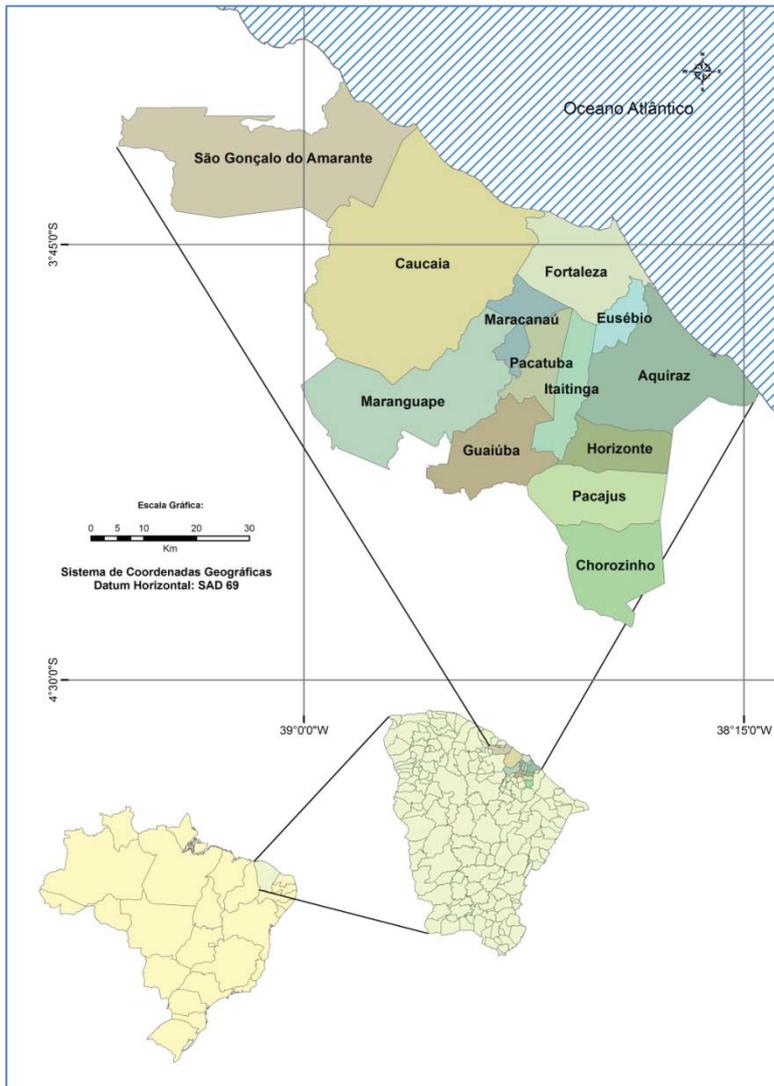


Figura 3.1 – Situação Geográfica da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

3.2 - Aspectos Fisiográficos

3.2.1 - Geologia

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) está inserida geologicamente, no extremo norte da Região de Dobramentos Nordeste ou Província Borborema, no contexto geotectônico da Faixa de Dobramentos Jaguaribeano (Almeida *et al*, 1977; *apud* Mota, 1998). Alguns autores atribuem a essa faixa, uma idade do Proterozóico Inferior, enquanto outros a datam do Ciclo Brasileiro, no Proterozóico Superior. Uma terceira corrente defende a ocorrência de seqüências do Proterozóico Inferior, sotopostas às do Proterozóico Superior, deformadas conjuntamente no Ciclo Brasileiro, como consta em Brandão, 1995b. (Figura 3.2)

Segundo Santos & Brito Neves (1984) *apud* Mota (1998), a Faixa de Dobramentos Jaguaribeano constitui “um sistema interior vestigial” formado por “rochas supracrustais pouco desenvolvidas, distribuídas em bandas e faixas estreitas e dispersas sobre um embasamento extensivamente exposto e retrabalhado”.

Essas rochas supracrustais têm sido agrupadas sob a denominação de Grupo Ceará ou Ceará Central, caracterizado por estilo estrutural não linear com amplas exposições de embasamento Pré-Brasileiro e ocorrência comum de rochas máficas e ultra-máficas. (Mota, 1998).

As unidades compreendidas no Grupo Ceará que ocorrem na RMF são representadas pela Unidade Independência, formada principalmente por paragneisses e micaxistos aluminosos, além de quartzitos e metacalcários; e pela Unidade Canindé, que abarca a maior área da RMF, formada por paragneisses em níveis distintos de metamorfismo, ortogneisses ácidos, e rochas metabásicas; ocorrem também metagabros, anfíbolitos, gnaisses dioríticos, rochas calcissilicáticas, formações ferríferas e ferro-manganessíferas, além de outros litotipos de menor representação. (CPRM, 2003)

Litologicamente, as faixas mais antigas que ocorrem na RMF ocupam as maiores áreas e são representadas pelos Complexos Gnáissico-Migmatítico e Granitóide-Migmatítico. Ambos de médio a alto grau metamórfico.

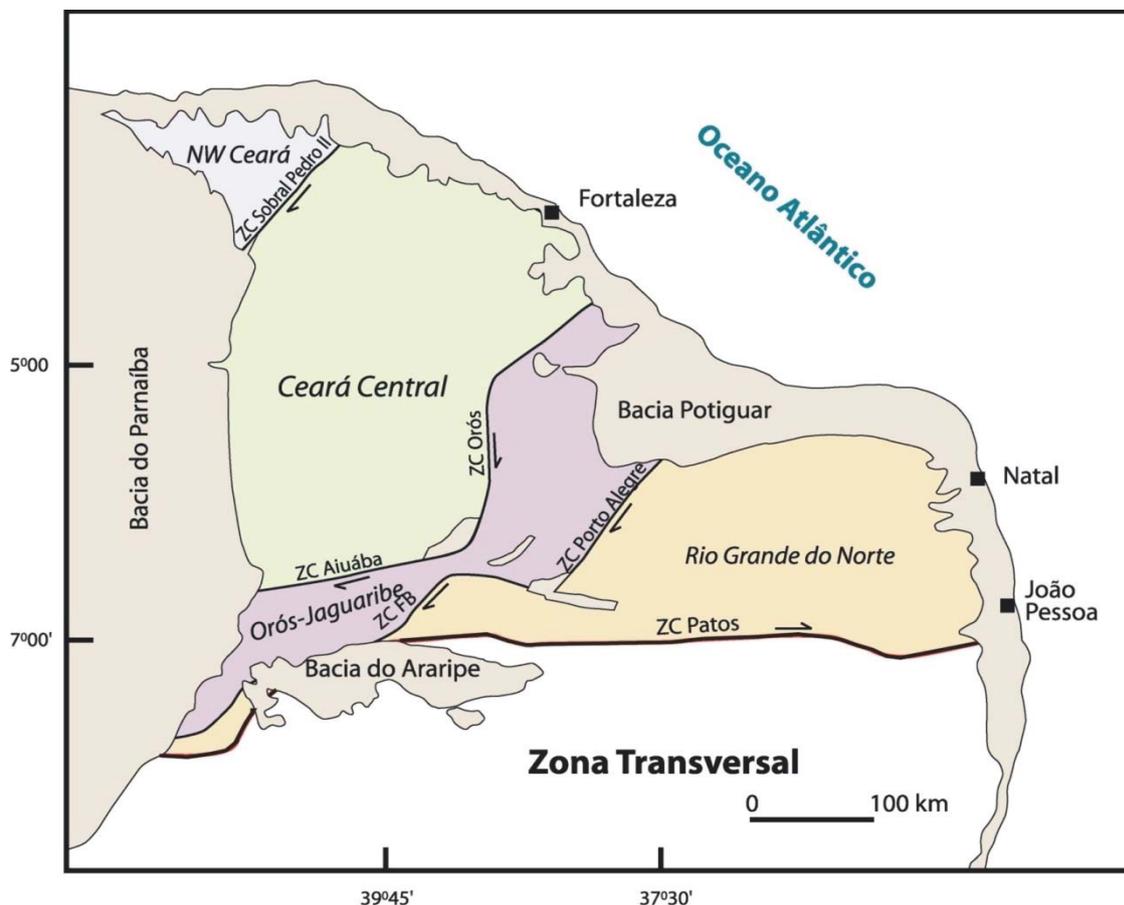


Figura 3.2 – Divisão geotectônica da Província Borborema (modificado de Fetter *et al*, 2000)

De acordo com Brandão (1995b), o Complexo Gnáissico-Migmatítico ocupa a maior parte da região e estão representadas principalmente pelos terrenos rebaixados pela erosão diferencial que deixou saliente na topografia as áreas constituídas predominantemente de material granitóide, sendo que suas melhores exposições se encontram na porção ocidental da RMF, constituindo as serras do Camará, Juá e Bico Fino.

Já o Complexo Granitóide-Migmatítico, formado por rochas ortoderivadas, ocorre na porção central da região e morfologicamente, suas melhores exposições são as serras Maranguape e Itaitinga (DNPM, 1998). (ver Figura 3.3 - Mapa Geológico da RMF)

Corpos plutônicos ácidos sob a forma de *stocks* e batólitos de natureza granítica datados ainda do Pré-Cambriano também são evidenciados na região. Esses corpos estão relacionados ao Evento Brasileiro (450-700 m.a). Algumas ocorrências estão localizadas na porção sul/sudeste da RMF, encaixados no Complexo Gnáissico-Migmatítico, tendo como representados os serrotes de Jatobá,

Cachoeira, Baú e Itaitinga. Esse último tem sido fonte de exploração para material de construção civil (DNPM, 1998).

Do Terciário, seguem-se as rochas vulcânicas alcalinas sob a forma de *necks* e diques sobressalentes na topografia e geneticamente associados ao vulcanismo do arquipélago de Fernando de Noronha. Esses litotipos são classificados basicamente como fonólitos e traquitos e apresentam formas variando de circulares a elipsoidais. Como representantes dessa unidade têm-se os serrotes do Cararu, Salgadinho, Pão de Açúcar e Ancuri. Ainda do Terciário, data a Formação Barreiras. Essa unidade “distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa, à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais” (Brandão, 1995b).

Por vezes ocorrem afloramentos da Formação Barreiras na linha de praia formando falésias vivas, como se observa na praia de Iparana, em Caucaia. O trecho mais largo da formação barreiras na RMF se encontra na porção leste, onde seus sedimentos penetram até 30 km em direção ao interior.

A gênese de seus sedimentos está associada a amplas faixas de leques aluviais coalescentes em sopés de encostas e depositada sob clima semi-árido. Sua espessura é variável e aumenta em direção à costa. Seus litotipos básicos são os arenitos argilosos, de tons avermelhados ou amarelados, com granulação de fina a média em grãos mal selecionados (DNPM, 1998). Também ocorrem na área em questão, pequenas manchas de coberturas colúvio-eluviais de matriz areno-argilosa que se assentam diretamente sobre os litotipos do Pré-Cambriano.

Ocorrem sobre os sedimentos da Formação Barreiras, as dunas edafizadas ou paleo-dunas, de idade quaternária. São formadas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média e de natureza quartzosa e/ou quartzo-feldspáltica. Esses sedimentos encontram-se, de modo geral, inconsolidados, embora possam apresentar em alguns lugares, certa compactação. Suas espessuras variam em torno de 15 metros próximos à linha de costa, com redução progressiva em direção ao interior.

Segundo Brandão (1995b), 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. Morfologicamente apresentam

feições parabólicas com eixos alinhados em direção E-W refletindo a predominância da direção dos ventos no quadrante leste.

As dunas recentes ou móveis são formadas por “sedimentos inconsolidados formando um cordão litorâneo com cerca de 2 a 3 km de largura, podendo atingir até 30 m de altura, dispostos paralelamente á linha de costa” (DNPM, 1998).

Sua origem está relacionada ao transporte eólico de sedimentos removidos da face da praia e apresentam declives suaves a barlavento e inclinações mais acentuadas a sotavento. Ocorrem capeando a geração mais antiga de dunas ou sobre os sedimentos da Formação Barreiras, e são interrompidas nas desembocaduras de canais fluviais, promontórios e falésias.

São constituídas por areias esbranquiçadas, quartzosas, bem selecionadas e de granulação fina a média. Geralmente não ocorre cobertura vegetal nas dunas recentes, no entanto, pode-se observar em alguns casos, presença de flora herbácea que reduz os efeitos da dinâmica eólica, responsável pela migração das dunas (Brandão, 1995b).

Finalmente, contamos com os depósitos flúvio-aluvionares, representados essencialmente por argilas, areias, cascalhos e siltes mal selecionados. São “depósitos alongados e sinuosos que preenchem as calhas e planícies dos cursos fluviais, lacustrinos ou estuários recentes”. (DNPM, *op cit*, 1998)

Esses depósitos são ricos em matéria orgânica que sustenta o ecossistema dos mangues nos ambientes estuarinos. Ocorrem de forma mais possante sob o domínio das coberturas cenozóicas, nos baixos cursos dos rios, enquanto sobre os terrenos cristalinos, onde os cursos d’água são freqüentemente controlados por fraturas e falhas, ocorrem em faixas mais estreitas, apresentando granulometria mais grossa nos canais ativos dos rios e, uma constituição mais fina nas planícies de inundação (Brandão, *op cit*).

A diversidade litológica da RMF propicia uma gama considerável de recursos minerais. Compõe a lista de jazimentos minerais na RMF, a água mineral, o diatomito, o calcário, o cobre, o talco, o manganês e outros. No entanto, tanto os depósitos minerais como as áreas de lavra de maior relevância na RMF estão ligadas aos minerais de uso direto na construção civil, os agregados: areias, argilas e pedras britadas.



Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza

LEGENDA

- Divisão Municipal
- Ferrovia
- Rodovia não pavimentada
- Rodovia pavimentada
- Drenagens
- ~ Açúdes e Lagoas

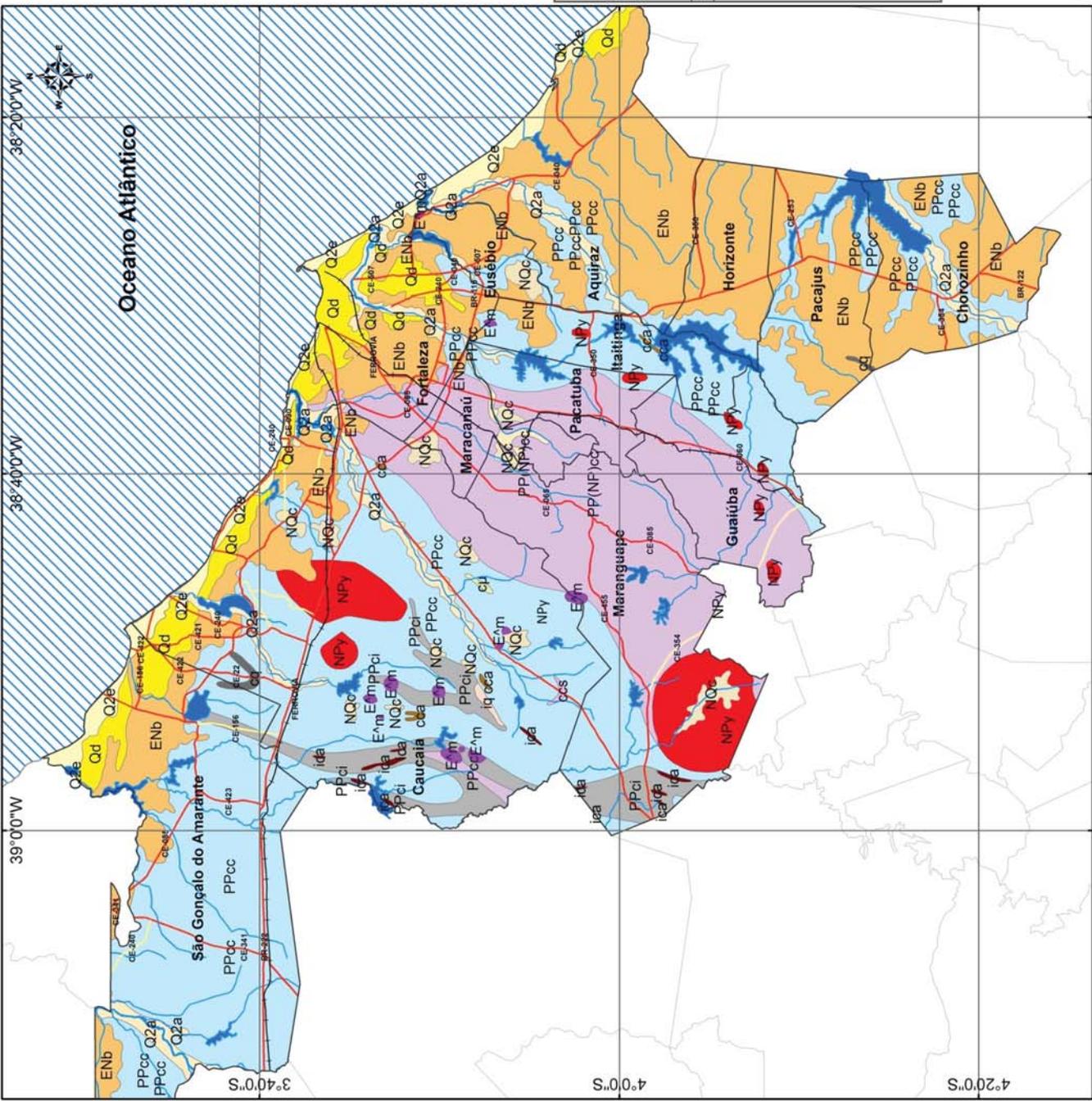
COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA

UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	QUATERNÁRIO	TERCIÁRIO		
DEPOSITOS ALUVIAIS	Qd	Qze	Qza	Qze
PRIMAIS E DUAS	Qd	Qze	Qza	Qze
MOSES (SUDESERTI)	Qd	Qze	Qza	Qze
PALEOCENAS	Qd	Qze	Qza	Qze
SEDIMENTOS DE ESPRIMENTALUMIUM	Qd	Qze	Qza	Qze
GRUPO BARREIRAS	Qd	Qze	Qza	Qze
SUITE MANGABEIRA	Qd	Qze	Qza	Qze
MESSEJANA	Qd	Qze	Qza	Qze
GRANITOS DIVERSOS	Qd	Qze	Qza	Qze
COMPLEXO CEARÁ	Qd	Qze	Qza	Qze
UNIDADE RECIFE	Qd	Qze	Qza	Qze
COMPLEXO CEARÁ	Qd	Qze	Qza	Qze
UNIDADE CANIBÉ	Qd	Qze	Qza	Qze
COMPLEXO CEARÁ	Qd	Qze	Qza	Qze
UNIDADE CANIBÉ	Qd	Qze	Qza	Qze
COMPLEXO CEARÁ	Qd	Qze	Qza	Qze
UNIDADE CANIBÉ	Qd	Qze	Qza	Qze

Escala Numérica
1:400.000

Escala Gráfica:
0 5 10 20 30 Km

Fonte: CPRM (2003) Sistema de Coordenadas Geográficas Datum Horizontal: SAD 69



3.2.2 – Geomorfologia

A Região Metropolitana de Fortaleza apresenta como unidades geomorfológicas a Depressão Sertaneja, os Tabuleiros Pré-Litorâneos, os Maciços Residuais, as Planícies Fluviais e Flúvio-Marinhas e os Campos de Dunas e Faixas Praiais, além de algumas estruturas vulcânicas na forma de *necks* exumados (Figura 3.4).

A diferenciação entre essas unidades é estabelecida a partir das características topográficas, litológicas, tectônicas, pedológicas e fitogeográficas.

Algumas feições apresentam os processos morfogenéticos modificados pela ação antrópica, como nos campos de dunas, onde a retirada da cobertura vegetal, transforma dunas fixas em móveis, o que têm causado transtornos á áreas urbanas e rurais. (Brandão, 1995a)

Os campos de dunas, as praias e as planícies flúvio-marinhas podem ser agrupadas como Planícies Litorâneas. No figura 3.4, as praias não estão representados por estarem incompatíveis com a escala do mapa.

As praias formam um cordão contínuo de depósitos sedimentares marinhos, desde a linha de maré baixa até a base das dunas. Ocorrem nas praias esporadicamente, os *beach rocks*, formações de arenitos na forma de corpos alongados que afloram ou na zona de estirâncio ou na zona de arrebentação. Essas formações são constituídas por sedimentos de praia, cimentados por carbonatos de cálcio ou de magnésio, com diagênese média a alta. Eles desempenham papel de barreira natural sobre os efeitos da erosão marinha (Brandão, *op.cit.*).

Os campos de dunas se apresentam como uma faixa contínua que acompanha paralelamente a linha de costa e só são interrompidas pelas formações estuarinas dos rios de maior porte, que formam as planícies flúvio-marinhas, pelos afloramentos eventuais da Formação Barreiras no litoral, as falésias; e pelos promontórios, formados por litotipos mais resistentes (quartzitos) que se apresentam na forma de pontas no litoral (pontas do Mucuripe e do Iguape).

Esses campos apresentam dois tipos distintos de dunas: as fixas ou edafizadas e as móveis ou recentes. As dunas móveis não apresentam cobertura vegetal, a não ser um recobrimento pioneiro sem muita expressão espacial.

As dunas móveis ocorrem mais próximas à linha de praia, sofrendo mais intensamente a ação dos ventos. As “manchas” esparsas de vegetação pioneira atenua os efeitos de deflação eólica, tornando fixas ou semi-fixas, porções dessas dunas. Morfologicamente apresentam feições de barcanas (meia lua) com declives suaves a barlavento em contraste com as inclinações acentuadas nas faces protegidas pela ação dos ventos. (Brandão, 1995a)

Ocorrem à retaguarda das dunas móveis, gerações mais antigas de dunas que apresentam já processos pedogenéticos relativamente desenvolvidos, o que resulta numa fixação maior das mesmas em relação às dunas recentes. A cobertura vegetal que nelas ocorre também é de maior porte e menos espaçada que nas dunas recentes, apresentando espécies herbáceas e arbustivas.

A formação de lagoas costeiras na RMF está associada à dinâmica sedimentar eólica que ocorre no litoral. A migração das dunas móveis decorrente dessa dinâmica promove o barramento de algumas drenagens que possuem descargas menos eficientes e obstruem suas desembocaduras.

Essa migração promove o assoreamento natural de canais fluviais, lagoas e mangues, bem como pode causar problemas à população ali residente quando o avanço das areias incide sobre áreas urbanas e agricultadas (Brandão, 1995a).

As planícies flúvio-marinhas, também pertencentes ao sistema de planície litorânea, caracterizam-se pela ação conjunta de processos continentais e marinhos. São depósitos de sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica. Destacam-se na RMF as planícies flúvio-marinhas dos rios Cocó, Ceará e Pacoti.

Os Tabuleiros Pré-Litorâneos, segundo Souza, (1979) *apud* Mota, (1998), “apresentam feições desenvolvidas anteriores aos cordões de dunas com materiais detríticos da Formação Barreiras”. Formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundos chatos, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação com declividades em torno de 5% em direção ao mar. Os mergulhos variam em função dos parâmetros estruturais do embasamento cristalino subjacente próximo (Mota, 1998). Em alguns setores da costa, projetam-se até o litoral, onde formam falésias e no interior observa-se a presença de testemunhos isolados da faixa principal, recortados pela erosão fluvial. (Brandão, 1995a)

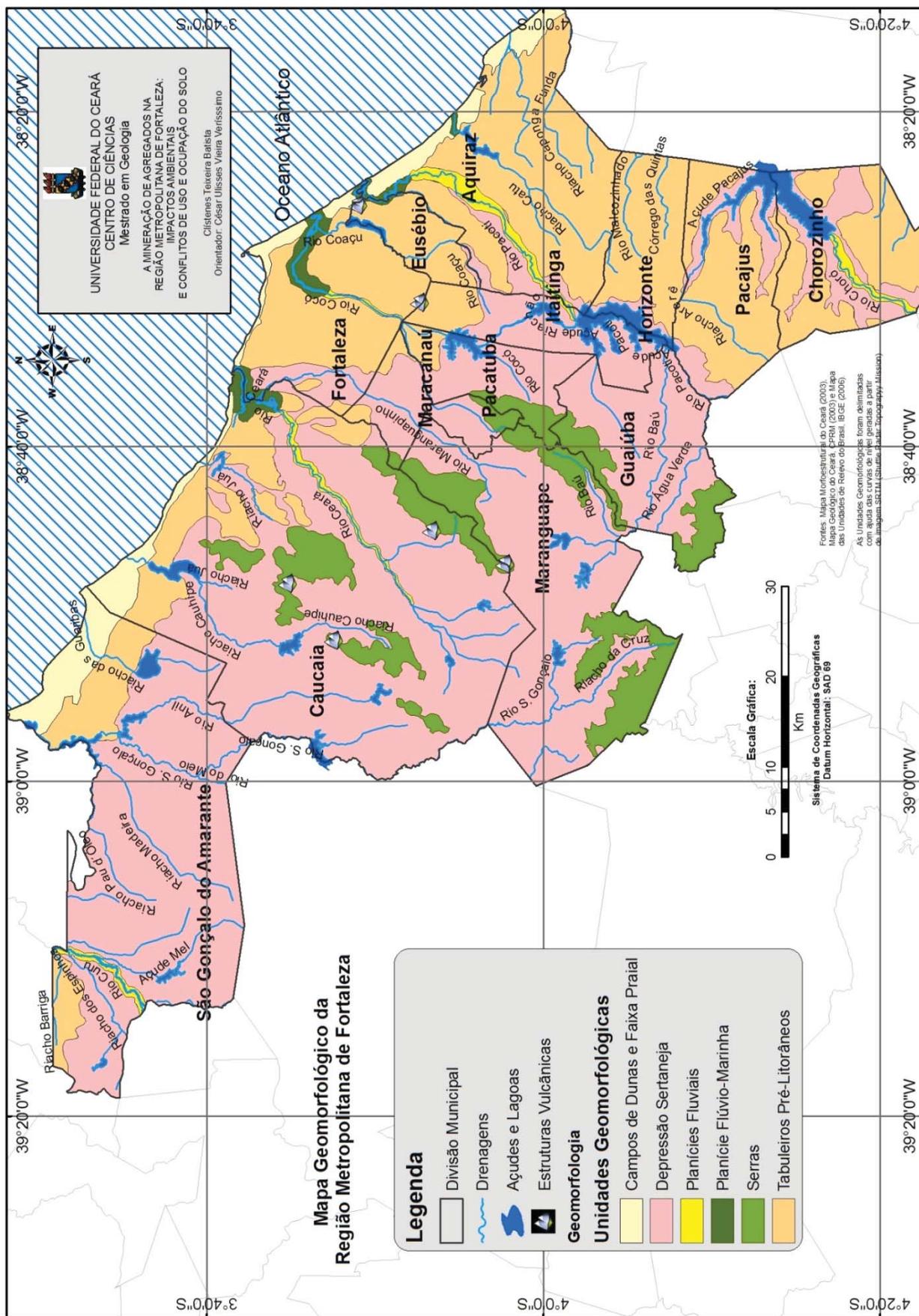


Figura 3.4 – Mapa Geomorfológico da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

Esses Tabuleiros, formados a partir da coalescência de sedimentos colúvio-eluviais, já corresponderam a uma cobertura sedimentar bem maior que atualmente, numa época em que o nível do mar era mais baixo que o atual (Brandão, 1995a).

As Planícies Fluviais abrigam melhores condições de solo e disponibilidade hídrica, constituindo, juntamente com os campos de dunas, e secundariamente com os Tabuleiros Pré-Litorâneos, nos ambientes de maior potencial hidrogeológico da RMF. Enquanto cortam a Depressão Sertaneja, os cursos d'água formam depósitos aluvionares estreitos, enquanto sobre o pacote de sedimentos Cenozóicos representados pelos Tabuleiros Pré-Litorâneos e pela Planície Litorânea, a faixa de acumulação fluvial torna-se mais expressiva. As planícies fluviais de maior destaque na RMF são as dos rios Cocó, Pacoti e Ceará (Brandão, 1995a).

A Depressão Sertaneja corresponde à unidade geomorfológica de maior expressão espacial na RMF. De acordo com Brandão (*op. cit.*), corresponde a uma superfície de aplainamento desenvolvida sobre rochas cristalinas e representada por extensas faixas de rampas pedimentadas com início na base dos maciços residuais e suaves declives em direção aos fundos dos vales e ao mar. Apresenta duas sub-unidades: uma com ocorrência de *Inselbers* na forma de morros isolados destacando-se da topografia plana predominante, e outra onde a dissecação é mais notória, formando relevos mais colinosos com interflúvios de feições convexas.

Os Maciços Residuais são constituídos por rochas graníticos-migmatíticas e foram formados a partir da erosão diferencial que rebaixou as áreas circundantes, de natureza gnáissica e correspondente morfológicamente à Depressão Sertaneja. Apresentam feições em topos aguçados, relevos tabulares e em *inselbergs*. (Brandão, *op. cit.*)

Esses maciços caracterizam-se por apresentarem condições de umidade elevadas nas vertentes a barlavento, onde o intemperismo químico predomina e favorece a formação de solos mais espessos e cobertura vegetal de maior porte, enquanto nas vertentes a sotavento, predomina o intemperismo físico, solos litólicos e rasos e ocorrência freqüente de afloramentos rochosos.

Destacam-se na RMF, como representantes dessa unidade e com as características acima citadas, as serras de Maranguape de Aratanha/Pacatuba, com cotas altimétricas da ordem de 700 a 800 metros (Figura 3.5). As elevações de

menor cota altimétrica possuem condições ambientais mais semelhantes com as características rebaixadas da Depressão Sertaneja, e são conhecidas como serras secas. (Brandão, 1995a)

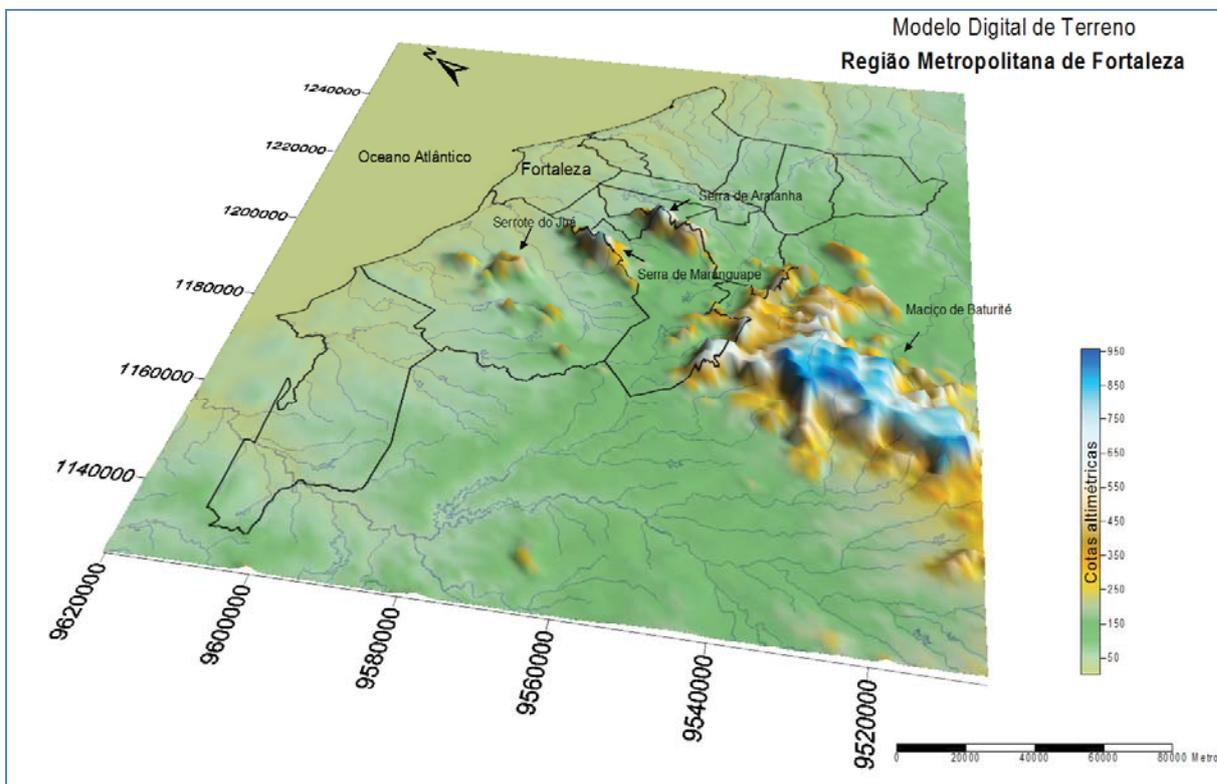


Figura 3.5 – Modelo Digital de Terreno da RMF, com destaque para as Serras de Aratanha, Maranguape e o serrote do Juá.

A RMF apresenta grandes amplitudes altimétricas devido à sua diversidade geomorfológica. Nos Tabuleiros Pré-Litorâneos e Planície Litorânea, as cotas raramente passam de 40 metros, enquanto nos Maciços Residuais, esses valores chegam a 800 metros (Figura 3.6).

Já quanto à declividade, se observa a predominância de baixos valores na maior parte da RMF. Tanto nos Tabuleiros Pré-Litorâneos quanto na Planície Litorânea os valores não passam de 10%, enquanto nos Maciços Residuais esses valores vão de 15 até mais de 40% (Figura 3.7).

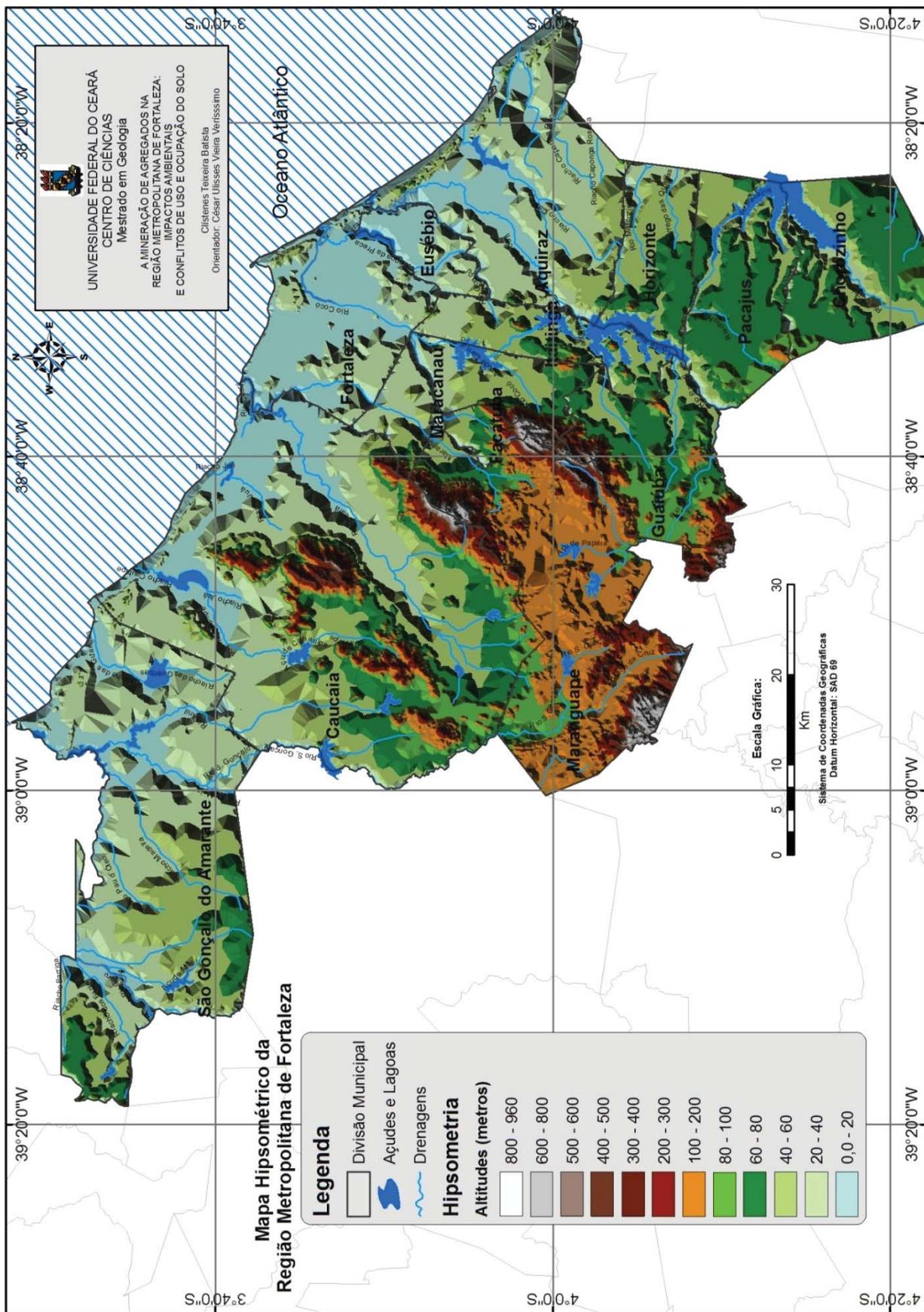


Figura 3.6 – Mapa Hipsométrico da HMR

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

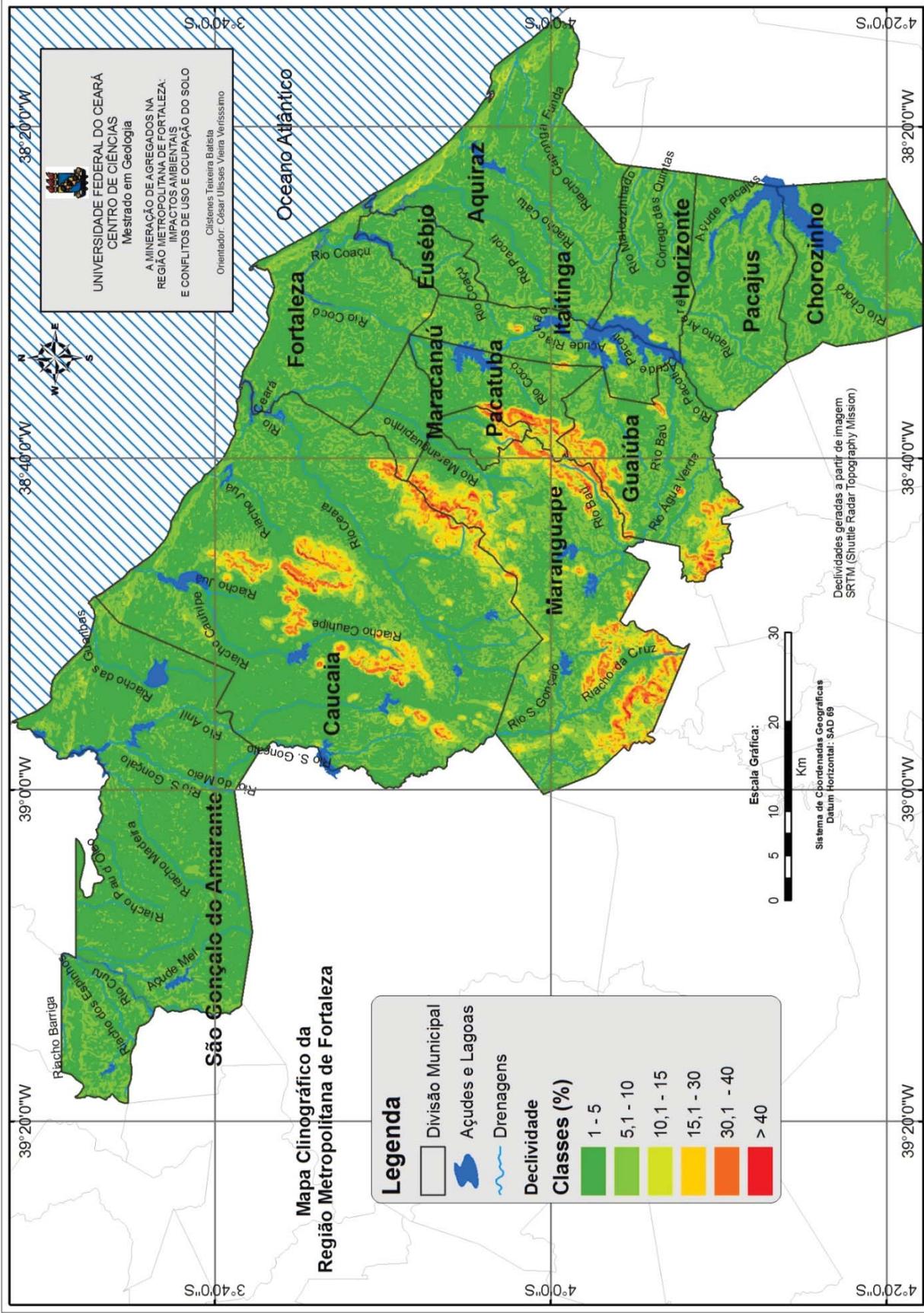


Figura 3.7 – Mapa Clinográfico da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

3.2.3 – Pedologia

Na RMF, as classes de solos predominantes são os Argissolos e os Neossolos. De modo geral, os solos da região possuem fortes limitações quanto ao uso agrícola, seja devido à pedregosidade, pouca profundidade, deficiência hídrica ou declividade. (Mota, 1998). Soma-se a esses fatores a pressão urbana que toma pra si, através da expansão imobiliária, áreas agricultáveis.

Os solos na RMF apresentam boa diversificação, predominando caracteristicamente, solos rasos ou medianamente profundos, com grande incidência de afloramentos rochosos (Brandão, 1995a).

A distribuição e diferenciação dos solos são influenciadas pelas características litológicas, relevo, vegetação e clima da região. No caso da RMF, observa-se a predominância dos Argissolos na sua porção central, que corresponde predominantemente à litotipos graníticos; à Formação Barreiras e geomorfologicamente, à Depressão Sertaneja e aos Tabuleiros Pré-Litorâneos.

Os Gleissolos ocorrem nas planícies flúvio-marinhas; os Neossolos Quartzarênicos, nos campos de dunas; os Neossolos Flúvicos, nas planícies fluviais; e na porção leste da região, numa área correspondente aos Tabuleiros Pré-Litorâneos ocorrem principalmente, os Neossolos Litólicos. Os Planossolos predominam na porção oeste da RMF, numa área correlativa aos terrenos do Complexo Gnáissico-Migmatítico e à Depressão Sertaneja. Há ainda manchas isoladas e dispersas de outras associações como os Plintossolos, os Vertissolos, e Luvissolos. (Figura 3.8)

Abaixo, segue uma breve descrição das características principais das classes de solo que ocorrem na RMF, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS), elaborado pela Embrapa em 1999. As classes citadas abaixo se referem ao 1º nível categórico do SBCS.

Argissolos: Constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B.

Gleissolos: Constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo dos horizontes A ou E, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com o horizonte glei. Horizonte plíntico se presente, deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo.

Luvissolos: Constituídos por material mineral, com argila de atividade alta, alta saturação por bases e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado ou proeminente, ou horizonte E, e satisfazendo os seguintes requisitos:

- Horizonte plínticos, glei e plânico, se presentes, não satisfazem os critérios para Gleissolos, Plintossolos e Palnossolos, respectivamente, na é coincidente com a parte textural do horizonte B.
- Horizonte glei, se ocorrer, inicia-se com 50 cm de profundidade, não coincidindo com a parte superficial do horizonte B textural.

Neossolos: Solos pouco evoluídos e sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico, e horizontes glei, plíntico e vértico, quando presentes, não estão em condições diagnósticas.

- Neossolos Litólicos: Solos com horizonte A ou hístico, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume), ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo.
- Neossolos Flúvicos: Solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C constituído de camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si
- Neossolos Quartzarênicos: Solos com seqüência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a

profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis.

Planossolos: Constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte plânico. Podem ser nátricos, quando apresentam horizonte plânico com caráter sódico imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou Háplicos, quando não se enquadram na classe anterior.

Plintossolos: Constituídos por material mineral, apresentando horizonte plíntico ou litoplíntico ou concrecionário, desde que comece dentro de 40 cm da superfície; ou comece dentro de 200 cm da superfície quando precedido de horizonte glei ou de horizonte A ou E, ou de outro horizonte que apresente cores pálidas, variegadas ou com mosqueados em quantidade abundante.

Vertissolos: Constituídos por material mineral com horizonte vértico entre 25 e 100 cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural. Apresenta fendas verticais no período seco, com pelo menos 1 cm de largura, atingindo, no mínimo, 50 cm de profundidade, exceto no caso de solos rasos, onde o limite mínimo é de 30 cm de profundidade.

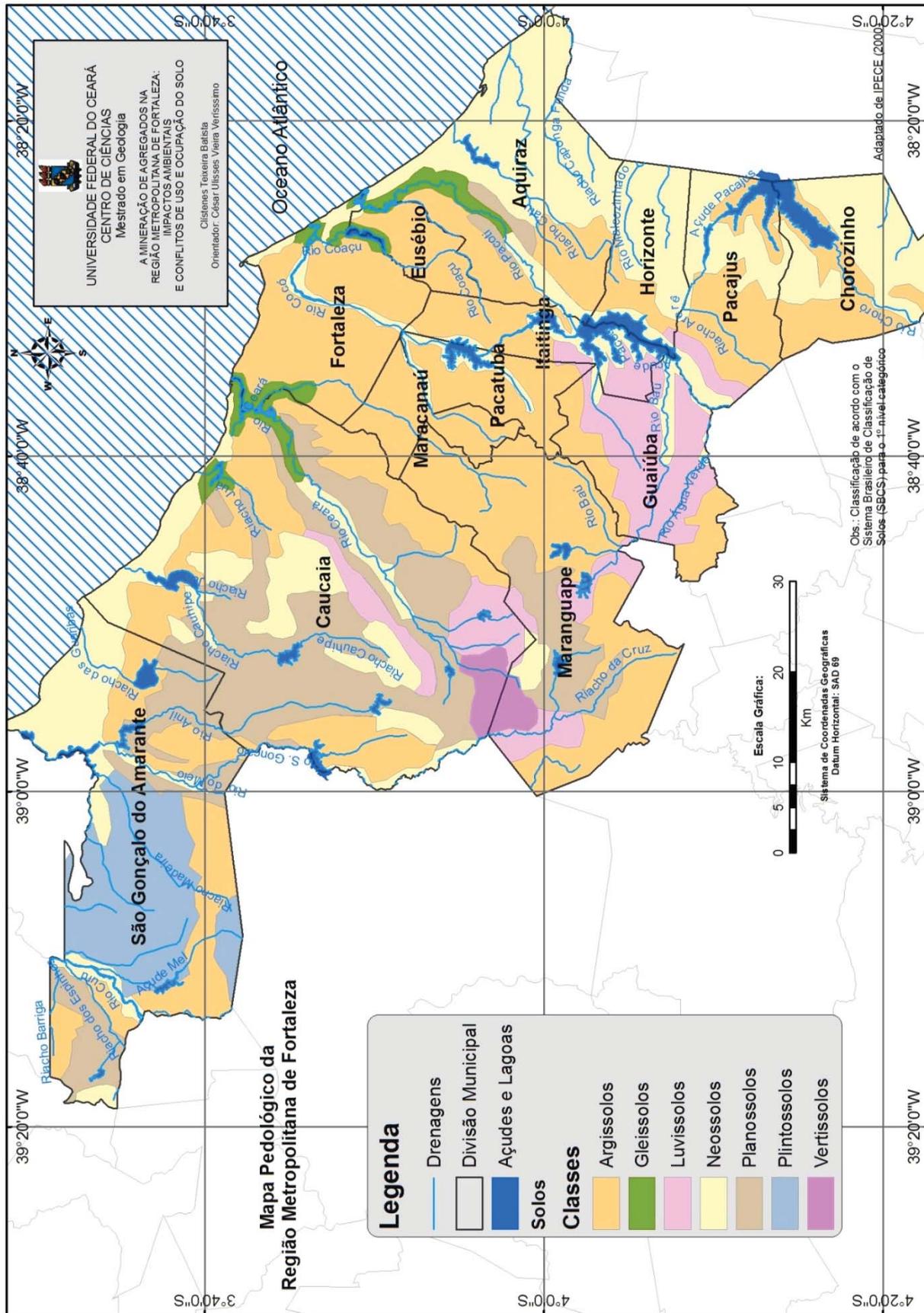


Figura 3.8 – Mapa Pedológico da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

3.2.4 – Cobertura Vegetal

A remoção da cobertura vegetal na RMF é uma das conseqüências mais notórias da expansão urbana que vêm ocorrendo de forma acelerada na região nas últimas décadas. Além da retirada da vegetação para a construção imobiliária, outras formas desordenadas de uso e ocupação do solo promovem o desmatamento. Como exemplos, podemos citar a retirada de lenha para ser usadas na produção de carvão e fonte de energia, o uso inadequado de técnicas agrícolas, a ocupação irregular de matas ciliares e mangues, etc.

A expansão urbana desordenada promoveu na RMF a ocupação ilegal de Áreas de Proteção Permanente (APP) nas margens dos rios e nos manguezais que ocorrem na região.

Por tudo isso, constata-se que as composições fitoecológicas na RMF já sofreram forte antropismo. As unidades que ocorrem na região são descritas a seguir:

Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida): Localizam-se nos setores mais levados das serras, tais como: Maranguape, Aratanha/Pacatuba, Juá, Conceição e Camará (Figura 3.9). A ocorrência de chuvas orográficas, favorecidas pela altitude e exposição a ventos úmidos, são os principais fatores que propiciam a formação desse ecossistema. As espécies dessa formação mantêm entre 75 a 100% de suas folhas por todo o ano, e caracterizam-se como árvores que alcançam até 30 metros de altura (Brandão, 1995a).

Destacam-se nessa unidade: o babaçu (*Orbignya martiana*), o jatobá (*Hymenacea courbarie*) e o píroá (*Basiloxylom brasiliensis*).

Nos trechos das nascentes de rios e riachos e nos setores das vertentes com declividade superior a 45%, essas áreas devem ser de preservação permanente. Apesar dessa restrição está disposta em legislação federal, constata-se nas serras da RMF, notadamente na serra de Maranguape, o não cumprimento dessas regras, com o a ocupação agrícola atingindo as vertentes em altas declividades.

Floresta Subcaducifolia Tropical pluvial (Mata Seca): Ocorre nos níveis inferiores e vertentes a sotavento dos Maciços Residuais e serrotes da RMF. É uma cobertura vegetal de porte arbóreo, intermediária entre a mata seca e a caatinga que circunda as cotas altimétricas mais baixas na região. Apresenta perda de folhas no período de estiagem. Seus principais representantes são: o angico (*Anadenanthera macrocarpa*), a aroeira (*Astromium urundeuva*), e o mulungu (*Erythrina velutina*).

Em decorrência do desmatamento nesse ecossistema, algumas espécies da caatinga, atingindo níveis topográficos mais altos, têm colonizado algumas áreas anteriormente ocupadas pela mata seca (Brandão, 1995a).

Floresta Perenifolia Paludosa Marítima (Mangues): As regiões estuarinas, onde ocorre a mistura de água doce dos rios e salgada, da influência marinha, são ocupadas pelos manguezais. Essa ação conjunta de processos continentais e marinhos proporciona a formação de ambientes de deposição de sedimentos síltico-argilosos muito ricos em matéria orgânica.

Na RMF, os manguezais ocorrem nas planícies flúvio-marinhas dos rios Ceará, Cocó e Pacoti. A composição florística arbórea desse ecossistema é representada por principalmente o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue branco (*Laguncularia racemosa*), e o mangue canoé (*Avicennia nitida*). Os mangues também abrigam grande variedade de espécies epífitas como bromélias, orquídeas e samambaias.

Trata-se de ecossistemas extremamente frágeis e complexos e que ainda desempenham importantes funções tanto no equilíbrio geoambiental como biológico, seja como áreas de reprodução de várias espécies de peixes, aves e crustáceos ou como proteção natural às enchentes, diminuindo a força dos rios próximos à foz desses (Brandão, *op cit*).

Complexo Vegetacional da Zona Litorânea: Podemos subdividi-las em duas subunidades: Vegetação de Tabuleiros e Vegetação de Dunas. A primeira se caracteriza por apresentar indivíduos com porte médio de seis metros cujas folhas caem em torno de 50% na estiagem. Entre os indivíduos que ocorrem na Vegetação

de Tabuleiros, destacam-se o pau d'arco (*Tabebuia avellaneda*), o angelim (*Andira retusa*) e o cajueiro (*Anacardium occidentale*).

Já a Vegetação de Dunas se caracteriza por apresentar como representantes florísticos a predominância de gramíneas, nas áreas correspondentes às dunas móveis; e espécies arbustivas, onde já há o desenvolvimento de um perfil de solo mais considerável, no caso, nas dunas edafizadas (ou fixas). Na primeira ocorrem especialmente a salsa-de-praia (*Ipomoea pés-caprae*), o capim-de-praia (*Paspalum maritima*) e o oró (*Phaseolus ponduratus*), enquanto nas dunas fixas ocorre principalmente o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), a tatajuba (*Chloroflora tinctoria*) e o cajueiro (*Anacardium occidentale*).

Cerrado: Nas porções dos Tabuleiros Pré-Litorâneos onde a Formação Barreiras apresenta constituição litológica mais arenosa, ocorrem “manchas” de Cerrado entre a flora da Caatinga. Apresentam um estrato arbóreo com indivíduos isolados ou em grupos e outro, herbáceo, de gramíneas. (Brandão, 1995a)

Os indivíduos mais comuns nessa unidade são: a lixeira ou sambaíba (*Curatella americana*), o cajuí (*Anacardium brasiliensis*) e o marfim (*Agonanda brasiliensis*).

Caatinga Arbustiva Aberta: Unidade fitogeográfica associada aos domínios dos terrenos cristalinos e depressão sertaneja de caráter caducifólio. A deficiência hídrica e os solos rasos com freqüentes afloramentos rochosos e pavimentos detríticos marcam o ambiente de ocorrência desse ecossistema.

Os principais representantes são: a jurema (*Mimosa hostile*), a catingueira (*Caesalpinia bracteosa*) e mandacaru (*Cereus jamacaru*).

A interferência antrópica promoveu considerável descaracterização da Caatinga na RMF, seja pela agricultura e pecuária, pela retirada de lenha ou pela expansão urbana. Dado os fatores limitantes dos aspectos litológicos, pedológicos e hídricos da área, essas interferências antrópicas, principalmente as práticas agrícolas adotadas, têm promovido a degradação da composição faunística e favorecendo o surgimento de uma vegetação secundária (capoeira) com menor capacidade de proteção do solo e sem valor econômico.

Floresta Mista Dicótilo Palmacea (Mata Ciliar): As matas ciliares ocorrem na RMF associadas às planícies fluviais dos rios Pacoti, Ceará, Cocó, São Gonçalo, Cauípe e outros. Esses ambientes fornecem boas condições hídricas e pedológicas.

A principal espécie que ocorre nesse ecossistema é a carnaúba (*Copernicia cerífera*). Ocorre também o mulungu (*Erythrina velutina*), o juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) e a oiticica (*Licania rigida*), e ainda espécies arbustivas e trepadeiras (Brandão, 1995a).

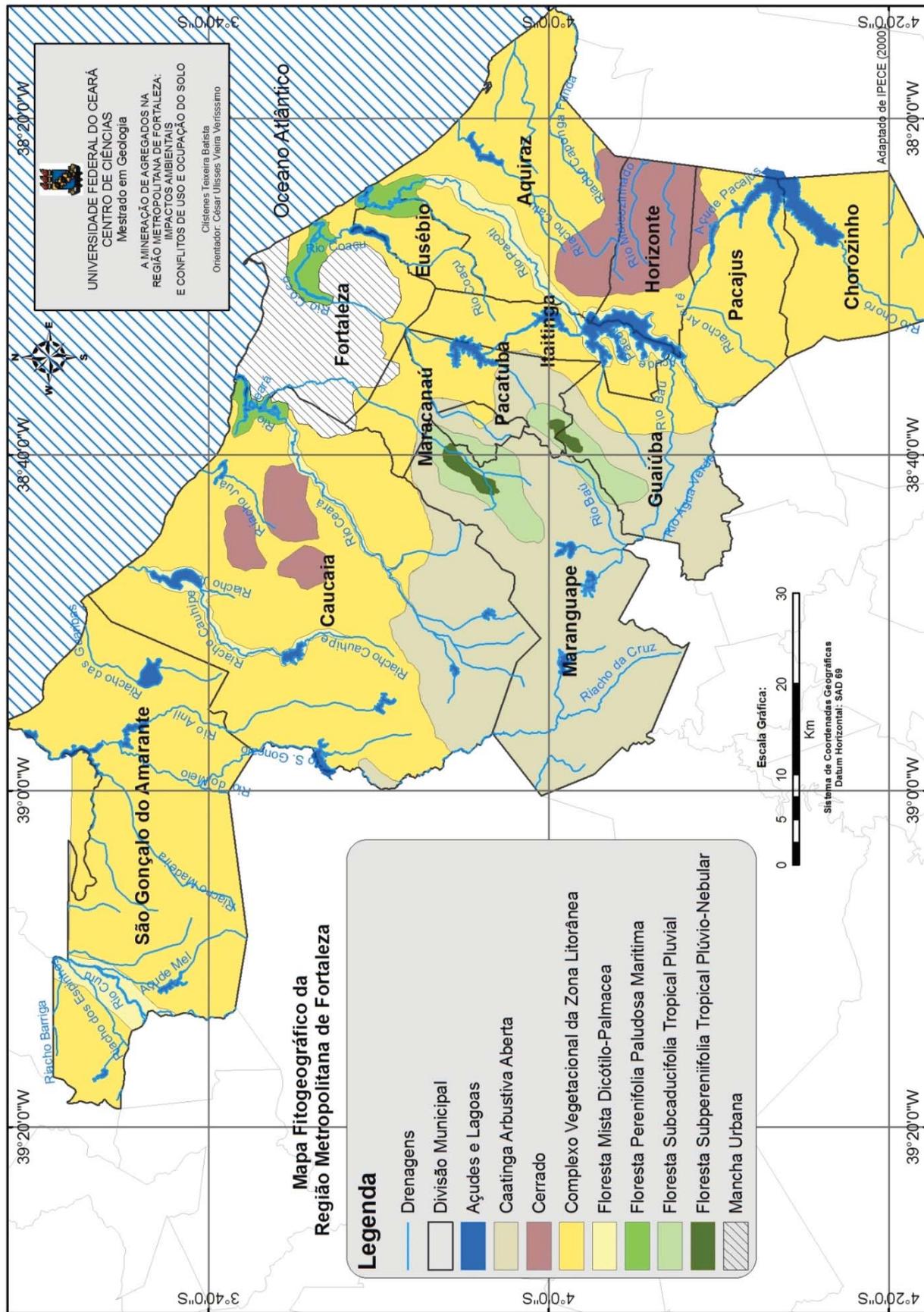


Figura 3.9 – Mapa Fitogeográfico da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Solo e Ocupação do Solo – 2010.

3.2.5 – Hidrografia

A RMF está inserida na Região Hidrográfica Metropolitana, formada por dezesseis bacias independentes ocupando uma área de 15.085 km² (COGERH, 2006). Para o suprimento da demanda hídrica da RMF, foi necessária a transposição de águas da Bacia do rio Jaguaribe para a Bacia Metropolitana através da construção do Canal do Trabalhador e do Eixo Castanhão/RMF.

As bacias hidrográficas delimitadas neste trabalho estão apresentadas na Figura 3.10. As principais drenagens são representadas pelos rios Ceará, Cauípe, São Gonçalo, Cocó, Maranguapinho e Pacoti. Desses, os rios Ceará, Cocó e Maranguapinho apresentam os problemas mais graves de poluição e descaracterização de seus leitos e margens, principalmente, por boa parte de seus canais cortarem áreas urbanas dos municípios Fortaleza, Caucaia e Maracanaú.

Também merece destaque o fato de que é na bacia do rio Pacoti que se encontram dois dos reservatórios da RMF administrados pela COGERH e que constitui o sistema responsável pelo abastecimento hídrico da RMF com as águas importadas da bacia do rio Jaguaribe – o sistema Pacoti-Riachão.

Além desses reservatórios, a RMF, ainda no que diz respeito aos recursos hídricos superficiais é farta em lagoas e açudes, como por exemplo, as lagoas da Precabura, Catu, Banana, e outras que complementam o suprimento de água para a região.

Quanto aos recursos subterrâneos, as dunas e paleo-dunas são as unidades geológicas com maior potencial aquífero da RMF, seguida da Unidade Aquífera da Formação Barreiras e pelos aluviões. Os Terrenos Cristalinos, com pouca porosidade primária, têm pouco potencial aquífero. O acúmulo d'água nessa unidade se restringe às zonas fraturadas.

Assim como os recursos superficiais na RMF, os subterrâneos são muito suscetíveis à poluição/contaminação devido a elevada ocupação urbana na RMF. Só o monitoramento e a preservação desses ambientes podem garantir a qualidade desses recursos. (Brandão, 1995a).

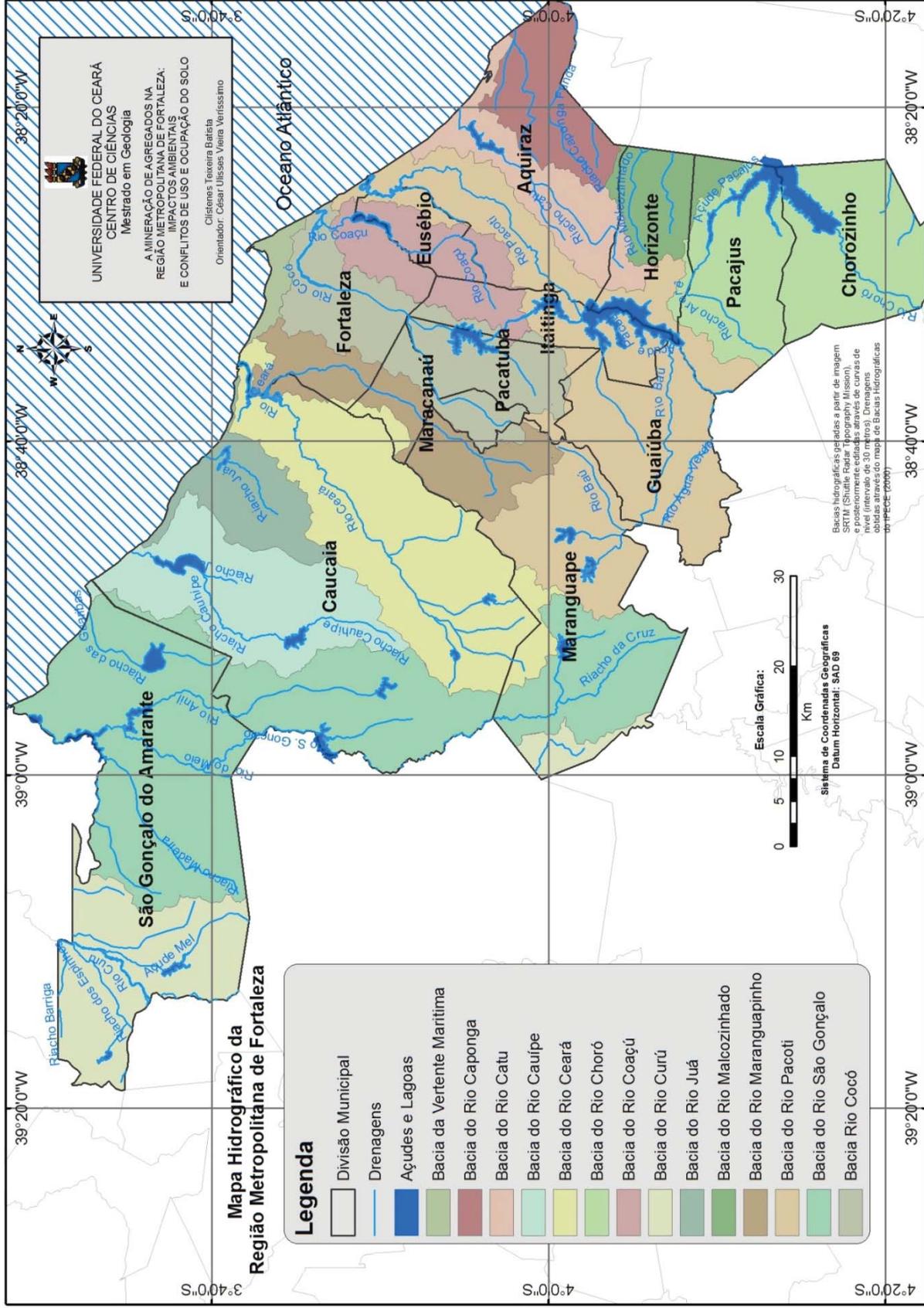


Figura 3.10 – Mapa Hidrográfico da RMF Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

3.2.6 – Clima

No Ceará, segundo a FUNCEME (1997), a circulação atmosférica é regida principalmente por três sistemas sinóticos geradores de precipitação: as frentes frias, que se originam no pólo sul; a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que oscila entre os trópicos e um Centro de Vorticidade Ciclônica, que ocorre de forma variada no período de chuvas.

Outros sistemas de escala regional também atuam na região, como as linhas de instabilidade formadas na costa e as brisas marítimas (Brandão, 1995a).

Desses sistemas, o principal responsável pela maior parte das chuvas na RMF e no Ceará, como um todo, é a ZCIT. Esse sistema é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul.

Ela atinge sua posição mais meridional, no equinócio de outono (23 de março), e retorna em maio ao hemisfério norte, atingindo sua posição mais setentrional no equinócio de primavera (23 de setembro).

As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa).

Os Vórtices Ciclônicos atingem a região Nordeste do Brasil e formam-se no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março e sua trajetória normalmente é de leste para oeste, com maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro.

É um conjunto de nuvens que giram no sentido horário e na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsistência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens.

Do ponto de vista das condições climáticas locais, a RMF apresenta as seguintes características:

- Regime pluviométrico bastante variado com ocorrências de anos com chuvas abundantes e outros de precipitações escassas.

- Distribuição irregular no decorrer do ano, com 90% das chuvas ocorrendo no primeiro semestre.
- As temperaturas médias variam com maior frequência entre 35° C e 20°C.
- Baixos índices de nebulosidade
- Forte insolação
- Altas taxas de evaporação.
- Ventos predominantes entre os pontos cardeais nordeste e sudeste
- Exposição média de sol cerca de 2.650 horas/ano.

Quanto à distribuição pluviométrica na RMF (Figura 3.11), observa-se o seguinte zoneamento:

- Predominância de Clima Tropical quente sub-úmido na porção central da RMF com médias pluviométricas superiores a 1500 mm.
- Clima Tropical quente úmido nos setores relacionados aos Maciços Residuais, onde nos setores a barlavento a pluviosidade passa os 1500 mm e nas vertentes secas, reduzem-se para 1300 mm ou menos ainda, nas porções mais interiores.
- Clima Tropical semi-árido brando na porção mais ocidental e no extremo sul da RMF. Apresenta a menor média pluviométrica da RMF (em torno de 1100 mm).

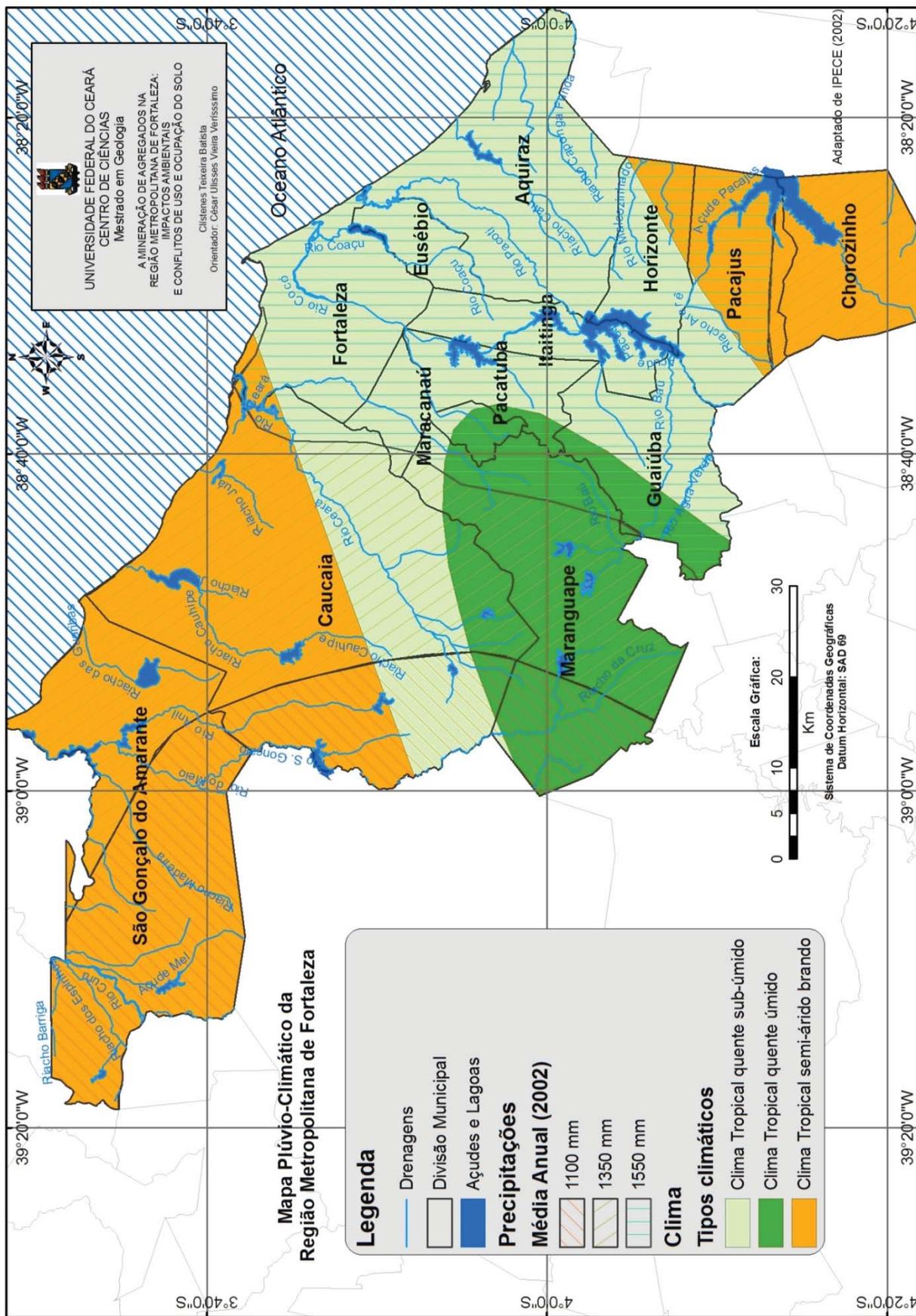


Figura 3.11 – Mapa Plúvio-Climático da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

3.3 - Aspectos Socioeconômicos

3.3.1 – População

Segundo o IPECE (2008), a RMF possui uma população de 3.435.458 de habitantes, com um ligeiro predomínio da população feminina, uma taxa de densidade demográfica de 687,46 hab/km² e 96,5% de urbanização (Figura 3.12). Aproximadamente três milhões de pessoas vivem nos quatro municípios mais populosos: Fortaleza, Caucaia, Maracanaú e Maranguape, sendo que apenas Fortaleza abriga quase dois milhões e meio de habitantes.

Nota-se com isso, que a população é bastante concentrada nos municípios que oferecem os principais equipamentos e serviços urbanos da RMF. Fortaleza concentra praticamente toda oferta de ensino superior e serviços médicos avançados, bem como o único aeroporto internacional da região e quase totalidade dos *shopping centers*.

Dentro do contexto estadual, se observa que a RMF concentra 42% dos habitantes do Estado. Essa alta concentração populacional na RMF se deveu principalmente às migrações do interior em direção à região metropolitana e promoveu um crescimento demográfico de 2,4% entre 1991 e 2007 (IPECE, *op cit*), o que coloca a RMF entre as taxas mais altas de crescimento demográfico entre as regiões metropolitanas brasileiras.

A instalação e o crescimento do Complexo Portuário e Industrial do Pecém, em São Gonçalo do Amarante, tende a reduzir a concentração de equipamentos estruturantes entre os municípios RMF, uma vez que se projeta a instalação de refinaria, siderúrgica e uma Zona Processamento para Exportações nesse Complexo, mas deve enfatizar a concentração de riquezas e população na RMF em relação ao interior do Estado.

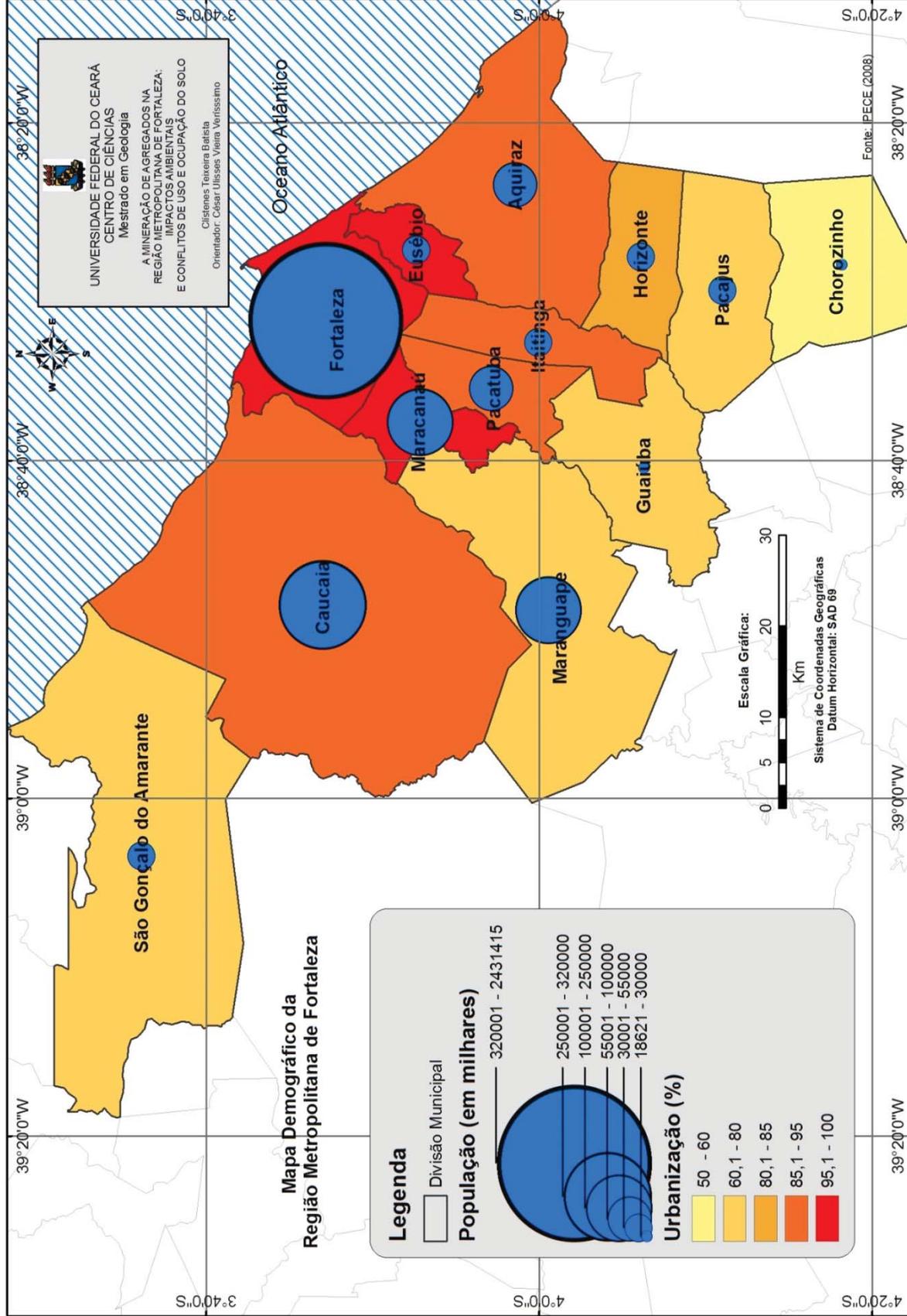


Figura 3.12 – Mapa Demográfico da RMF Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

3.3.2 – Economia

A RMF se destaca no contexto econômico do Ceará por responder pela maior participação na produção de riquezas no Estado. Aproximadamente 67% dos empregos formais e 63% do PIB cearense se concentram na RMF (Diário do Nordeste, 2009).

A região apresenta grande potencial de crescimento econômico, tanto pelo grande mercado consumidor como pelos investimentos em infra-estrutura previstos. A recente escolha de Fortaleza como uma das sub-sedes para a Copa do Mundo FIFA 2014 fomentará o turismo e a economia em geral da região. Os altos investimentos a serem feitos para capacitar Fortaleza para receber os jogos da Copa dinamizarão a economia regional, sobretudo o setor mineral que conhecerá um grande aumento da demanda por agregados.

O PIB da RMF como um todo e de cada um de seus municípios são apresentados na figura abaixo. Observa-se aí também a importância dos setores de serviços e indústria na composição do PIB da região.

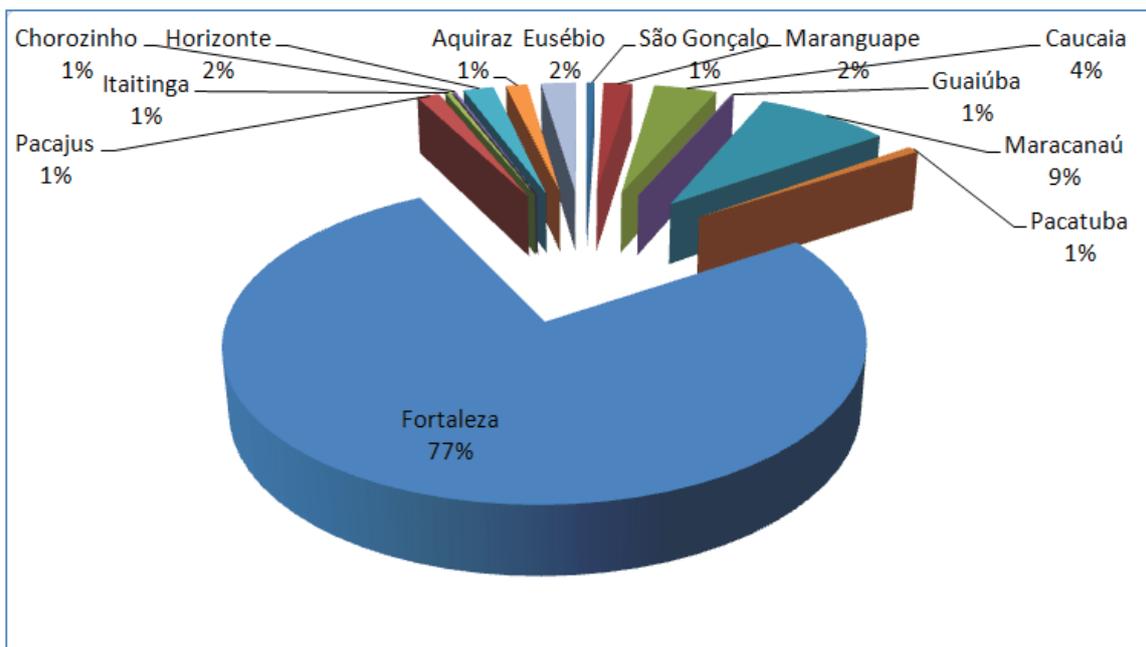
Figura 3.13 – PIB da Região Metropolitana de Fortaleza

Macrorregião de Planejamento	PIB a preços de mercado (R\$ mil)	PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	PIB por setor (%)		
			Agropecuária	Indústria	Serviços
Região Metropolitana de Fortaleza	25.756.991	7.689	0,8	25,7	73,5
Aquiraz	353.360	5.096	8,3	37,8	53,9
Caucaia	1.036.992	3.411	2,7	25,7	71,6
Chorozinho	52.800	2.548	16,1	11,7	72,3
Eusébio	577.395	15.018	1,1	62,7	36,2
Fortaleza	19.734.557	8.309	0,2	18,9	80,9
Guaiúba	36.215	1.697	18,2	13,9	67,9
Horizonte	504.107	11.587	4,1	60,9	35,0
Itaitinga	90.601	2.727	3,4	16,0	80,7
Maracanaú	2.196.620	11.330	0,1	60,8	39,1
Maranguape	476.804	4.844	4,4	42,5	53,1
Pacajus	366.960	7.090	5,6	48,1	46,3
Pacatuba	198.255	3.266	2,2	36,9	60,9
São Gonçalo do Amarante	132.327	3.344	14,3	18,5	67,2

Fontes: IBGE/IPECE

A maior parte da produção de riquezas na RMF se concentra em Fortaleza (Figura 3.14), no entanto, como mencionado anteriormente, existe a tendência de descentralização econômica na RMF com a instalação dos equipamentos previstos no Complexo Portuário e Industrial do Pecém, em São Gonçalo do Amarante.

Figura 3.14 - Participação Municipal no PIB da RMF (R\$ mil)



Fonte: IPECE, 2008.

O setor agropecuário tem na produção de hortaliças e na avicultura, as principais atividades. A pesca também é um segmento importante em alguns municípios, principalmente a artesanal.

O setor de serviços e comércio é altamente diversificado, mas concentrada principalmente em Caucaia, Maracanaú e Fortaleza. Nesse ramo, merece destaques o turismo, que ao contrário do setor de serviços, apresenta melhor distribuição na RMF com equipamentos como parques temáticos, hotéis e resorts instalados em vários municípios da RMF como Aquiraz, Eusébio e São Gonçalo do Amarante. No entanto, é em Fortaleza que está instalada a maior parte da rede hoteleira da região. A tendência é de expansão da atividade turística na RMF como um todo, o que acentuará essa dispersão de equipamentos turísticos na região.

A indústria é um setor mais desenvolvido nos municípios de Fortaleza, Eusébio, Horizonte, Caucaia e Maracanaú, esse último contando com um distrito industrial. Em São Gonçalo do Amarante está sendo instalado um novo distrito industrial contando com refinaria de petróleo, siderúrgica, uma zona de processamento para exportações (ZPE) e muitas outras indústrias que ali se instalarão a reboque dessas indústrias de base.

A produção mineral na RMF envolve principalmente substâncias como água mineral, diatomito, talco, calcário e manganês e agregados. As atividades de mineração que respondem pelo maior número de frentes de lavra e de produção são justamente as relacionadas aos materiais de uso direto na construção civil, os agregados, em especial a areia e a brita.

As atividades ligadas à produção de brita envolvem investimentos maiores e são executadas por empresas de médio porte. A produção de areia e argila é em boa parte, executada por empresas de pequeno porte. Os municípios da RMF com maior participação na produção mineral são Caucaia, Maracanaú, Itaitinga, Aquiraz e São Gonçalo do Amarante.

3.3.3 – Indicadores Sociais

Os indicadores sociais na RMF apresentam de modo geral, um quadro bem mais positivo que a realidade de outras regiões do estado. A tabela abaixo mostra o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios da RMF e sua respectiva posição no *ranking* estadual.

Quadro 3.1 – IDH na Região Metropolitana de Fortaleza

REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - IDH		
Municípios	IDH	Posição no Ranking do Estado
São Gonçalo do Amarante	0,639	75º
Maranguape	0,961	13º
Caucaia	0,721	3º
Guaiúba	0,652	47º
Maracanaú	0,736	2º
Pacatuba	0,717	4º
Fortaleza	0,786	1º
Pacajus	0,678	19º
Itaitinga	0,680	17º
Chorozinho	0,633	87º
Horizonte	0,679	18º
Aquiraz	0,670	27º
Eusébio	0,684	16º

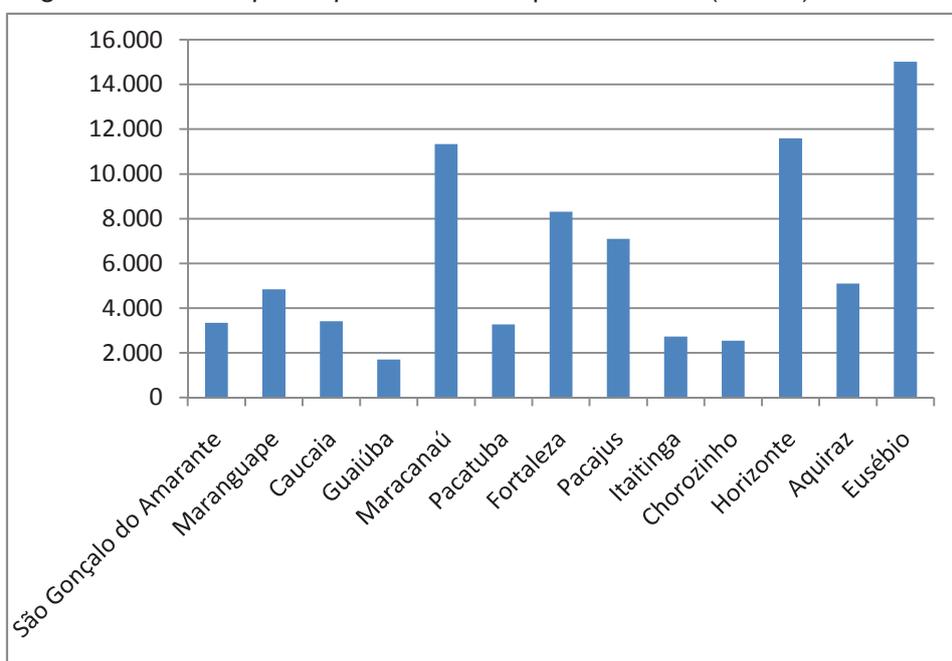
Fonte: IPECE/PNUD (2000)

De acordo com o IPECE (2008), a RMF apresenta uma taxa de mortalidade infantil de 17,0 (por mil nascidos vivos), 86,7% de escolarização do ensino fundamental e 77,2% de escolarização do ensino médio.

Quanto à infra-estrutura de saneamento básico, 90,4 % da população é atendida por água tratada e 40,2% contam com cobertura de esgoto.

Na figura 3.15 se observa que os municípios com os valores mais altos na RMF de PIB *per capita* são Maracanaú, Horizonte e Eusébio. Isso se deve ao fato de que os três municípios concentram um bom número de indústrias. Fortaleza tem o maior PIB da região em termos absolutos, mas apresenta um PIB *per capita* mediano, segundo dados do IPECE (2008).

Figura 3.15 – PIB *per capita* dos municípios da RMF (R\$ mil)



Fonte: IPECE, 2008.

4 – A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza

4.1 – Aspectos Técnicos

4.1.1 – Caracterização dos Agregados

Os minérios se subdividem em três categorias: Metálicos, Energéticos e Não-metálicos ou Industriais. Os agregados enquadram-se entre os não-metálicos ou industriais.

Rochas e minerais industriais são os materiais naturais (e ocasionalmente, resíduos das diversas indústrias) empregados na atividade humana pelas suas propriedades físicas, químicas ou ornamentais, encontradas no mineral ou rocha na forma em que foram extraídas ou após uma transformação não metalúrgica (Vidal *et al*, 2005).

As principais aplicações das rochas e minerais industriais são para a produção de: cerâmicas, tintas, fertilizantes, papéis, produtos farmacêuticos, vidros, abrasivos, refratários, plásticos, borrachas, etc. É também comum o uso na agricultura, construção civil, saneamento básico, indústrias diversas.

Segundo Tannús (2007), os principais grupos de rochas usadas como materiais de construção civil são:

Ígneas – Granito, Sienito, Basalto e Diabásio.

Sedimentares – Clásticas ou detríticas: Arenitos, Siltitos e Argilitos; Químicas: Calcita e Dolomita. (São pouco recomendáveis às construções civis de modo geral, embora a Dolomita assumam certas características compatíveis com certas funções de materiais de construção.)

Metamórficas – Filitos, Ardósias, Xistos, Mármore, Anfibolitos, Gnaiss e Quartzitos.

Ainda se acordo com Tannús (*op.cit.*), os agregados podem ser divididos conforme sua natureza entre naturais (areia, cascalho, areia de britagem, pedra

britada) e artificiais (escória britada, argila expandida, etc.). Já quanto à densidade se subdividem em leves (argila expandida e vermiculita), normais (areia natural, areia de britagem, pedra britada e cascalho) e pesados (magnetita, barita e escória).

A caracterização tecnológica é um recurso indispensável pra se conhecer as propriedades das rochas e assim, lhes atribuir as aplicações mais condizentes com suas características, o que assegurará maior qualidade e segurança às obra que utilizam materiais que respeitem as normas e recomendações impostas pela caracterização tecnológica. As técnicas para se conhecer as propriedades das rochas se dão através de normatizações, que se constituem em traçar uma padronização de procedimentos para caracterizar determinado produto e tornar mais homogêneo e preciso o tratamento a determinado assunto através de ensaios e análises.

As características petrográficas (composição mineralógica, estrutura e textura) e mecânicas determinam a compatibilidade ao uso com materiais de construção civil.

No Brasil, o órgão responsável pela normatização e caracterização tecnológica das rochas industriais é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a Instituição Normalizadora Brasileira.

Os agregados, segundo a norma NBR 9935 (ABNT, 1987), são um material granular pétreo, sem forma ou volume definido, a maioria das vezes quimicamente inerte, obtido por fragmentação natural ou artificial, com dimensões e propriedades adequadas a serem empregados em obras de engenharia.

De acordo com as normas da ABNT, (NBR: 7225 e 7211), as definições e especificações de agregados quanto aos tamanhos dos fragmentos são os seguintes:

- Agregado – material natural de propriedades adequadas obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm.
- Agregado graúdo – pedra britada ou brita ou pedregulho muito grosso, grosso e médio, de dimensões nominais entre 100,0 mm e 4,8 mm.

- Agregado miúdo – pedregulho fino, pedrisco grosso, médio e fino, areia grossa, média e fina, de dimensões nominais entre 4,8 mm e 0,075 mm.

Os agregados são produzidos a partir da britagem de maciços rochosos (pedra britada, pó de pedra) ou da exploração de ocorrências de material particulado natural (areia, seixo rolado ou pedregulho).

Sua principal aplicação é na fabricação de concretos e argamassas onde, em conjunto com um aglomerante (pasta de cimento portland / água), constituem uma rocha artificial, com diversas utilidades em engenharia de construção, cuja principal aplicação é compor os diversos elementos estruturais de concreto armado (lajes, vigas, pilares, sapatas, etc).

Além do uso em concreto e argamassas, os agregados apresentam outras aplicações no campo da engenharia, tais como: pavimentos betuminosos (base de estradas de rodagem), lastro de vias férreas, elemento filtrante, enrocamentos (aterros em estradas, quebra-mares, bases e pilares de pontes), etc.

Cerca de 80% do concreto é constituído de agregados, decorrendo daí a importância do uso de agregados com especificações técnicas adequadas e custo competitivo, que permita a obtenção de um concreto a preço competitivo, com característica técnica de resistência e durabilidade, capaz de concorrer com os outros materiais de natureza estrutural utilizados na construção civil (Tannús, 2007).

A produção de areia, saibro e pedra britada caracteriza-se pelo baixo valor unitário e pela produção de grandes volumes. O transporte corresponde a mais da metade do custo final do produto, o que impõe a necessidade de ser produzido o mais próximo possível do mercado consumidor.

As areias são depósitos detríticos silicosos, compostos principalmente de quartzo e são usadas como agregado miúdo para emprego em argamassas e concretos, pode ser classificada como natural (rios, minas, várzeas) e artificial (resíduo fino de pedreiras – pó de pedra). Já a pedra britada tem uso como agregado graúdo na construção civil, pode ser classificada como natural (pedregulho ou seixo rolado, cascalho) e artificial (pedra britada, argila expandida, escória, etc), enquanto o saibro é aplicado para pavimentação de ruas e rodovias (DNPM, 1998).

Os produtos artificiais são também uma alternativa na minimização dos impactos ambientais, uma vez que sua utilização implica em volumes menores de rejeitos dispostos no meio ambiente que acabam por comprometer os solos e recursos hídricos, principalmente se depositados de forma irresponsável pelo minerador.

Quanto à forma de ocorrência natural das substâncias usadas como agregados, se observa que as areias ocorrem como um produto do intemperismo em todos os tipos de rochas. Os principais depósitos de extração de areia são nos leitos dos rios e nas várzeas. A areia grossa ocorre principalmente nos canais ativos e terraços dos rios; as areias finas ocorrem faixa litorânea, sendo que a branca ocorre nos sedimentos eólicos costeiros do Quaternário e as vermelhas, na parte mais distal da sedimentação fluvial do Grupo Barreiras sobre depósitos de dunas e paleodunas.

As rochas usadas como pedras britadas geralmente ocorrem em serras formadas por rochas ígneas e metamórficas. (Que por condições geológicas específicas não são apropriadas a utilizações mais nobres ou mais valorizadas no mercado, como as rochas ornamentais).

Os saibros são produtos da alteração de diversos tipos de rochas que apresentam decomposição parcial dos minerais primários com vestígios da rocha original. Ocorrem na forma de coberturas colúvio-eluviais sobre rochas cristalinas (DNPM, 1998).

4.1.2 – Métodos de Lavra

Na RMF, a exploração mineral de agregados se dá a céu aberto. Nos jazimentos de areia grossa, nos canais fluviais, o método adotado é em cavas, já na extração de areia fina em dunas fixas, semi-fixas ou móveis, e na exploração das pedreiras de granito/gnaiss e fonólito para a produção de brita, o método utilizado é em bancadas (DNPM, 1998).

A lavra de areia grossa em cavas é conduzida de forma manual, semimecanizada e mecanizada. Se a extração ocorrer em depósito fluvial, pode ser em cava seca (acima do nível d'água) ou em cava fechada (formando uma lagoa).

A areia grossa é extraída geralmente nos leitos ativos de cursos d'água e paleocanais, com o uso de pá manual ou pá carregadeira, principalmente no período de seca, quando o nível das águas é reduzido ou inexistente, como no caso da extração de areia no rio Curú, em São Gonçalo do Amarante. (Foto 4.1)



Foto 4.1 – Extração de areia no rio Curú, São Gonçalo do Amarante (Foto do Autor).

No entanto, há casos de extração de areia nas lagoas costeiras da RMF, como é o caso de uma área de lavra de pequeno porte na lagoa do Recanto, em Aquiraz, onde se observou a retirada de areia com pá carregadeira e a formação de uma cava de pelo menos três metros nas margens da lagoa. Na mesma área também é extraída argila. (Foto 4.2).

Geralmente, o carregamento é feito em caminhões convencionais, no entanto, há casos em que a extração de areia emprega o uso de retroescavadeiras, que realiza também o trabalho de carregamento, ao mesmo tempo. Nas lavras de areia fina em bancadas, a extração é bastante rudimentar com o uso de pás manuais e carregamento em caminhões-caçambas basculantes. Devido à falta de planejamento em algumas lavras desse tipo, os taludes das bancadas de areia são muito íngremes, o que torna a operação perigosa.



Foto 4.2 – Aspecto da extração de areia na Lagoa do Recanto no município de Aquiraz (Foto do Autor).

A lavra nas pedreiras da RMF consiste no desmonte das rochas, carregamento e transporte do estéril e do minério em escavações superficiais. Estudos sobre topografia da área, dimensões da lavra e previsão de produção são exigidos para a otimização dos recursos minerais. (DNPM, 1998).

As etapas de exploração nas pedreiras devem seguir a ordem de desmatamento da cobertura vegetal; remoção do capeamento da jazida; desmonte do minério; carregamento do minério e transporte do minério aos centros consumidores. No caso da RMF, normalmente a lavra é encostas com sistema de bancadas múltiplas de alturas entre 4 e 15 metros.

Segundo Vidal *et al* (2005), “as bancadas apresentam faces inclinadas visando maximizar a fragmentação da rocha e o posicionamento da pilha de material resultante da detonação”. Utilizam-se explosivos industriais à base de carbonitratos e emulsões na fragmentação dos maciços.

Nas áreas de pedreiras visitadas na pesquisa de campo deste trabalho, observamos que as bancadas na Pedreira Pyla em Caucaia, possuem uma altura média de 12 metros (Foto 4.3), enquanto em Itaitinga, na Pedreira Natasha, as bancadas apresentam uma altura entre 12 e 20 metros (Foto 4.4).

Algumas pedreiras localizadas em áreas próximas a centros urbanos utilizam explosivos não-elétricos, que produzem detonação com menor ruído e vibração. Havendo necessidade de minimizar a geração de pó, faz-se a aspersão de água.

Adota-se a fragmentação secundária utilizando-se rompedor hidráulico ou através de detonação secundária para blocos de rocha de grande diâmetro resultantes da detonação primária. Há casos de empresas que não adotam o sistema de bancadas sucessivas com lavra planejada e que utilizam paredões íngremes, formando uma bancada única muito mais alta que o recomendado. (DNPM, 1998).

O método de extração com bancadas altas apresenta como desvantagem menor segurança na lavra, pois é maior o risco de acidentes graves com a queda de operários ou equipamentos e, menor flexibilidade de produção, pois “a orientação da frente de lavra não pode ser facilmente modificada em função de motivos operacionais, porém permite um nível de produção elevado.” (Mattos *et al*, 2005)

A recomendação é que as bancadas sejam construídas com sua frente na direção concordante com a xistosidade da rocha para proporcionar maior fragmentação no desmonte primário e menor arremessos de fragmentos rochosos.



Foto 4.3 – Vista das bancadas múltiplas na Pedreira PYLA no município de Caucaia (Foto do Autor)



Foto 4.4 – Vista parcial das bancadas na Pedreira Natasha no município de Itaitinga (Foto do Autor)

No caso da Pedreira Pyla, o processo de produção consiste em:

1. Desmontagem das rochas com explosivos encartuchados (no período chuvoso) ou granulado. A colocação dos explosivos é disposta relativamente eqüidistantes uns dos outros numa organização de triângulos mais ou menos eqüiláteros para melhor distribuir a força dos explosivos e otimizar o desmonte com blocos de dimensões menos variada possível. A colocação dos explosivos precede os furos com rompedor hidráulico.
2. Britagem. Primária: os caminhões carregam o pré-alimentador e o britador com blocos de dimensões até 2 metros. O material resultante é aplicado em alvenaria. Secundária: produção de agregado graúdo e miúdo. Ocorre também a britagem terciária para a produção de brita corrida. O pó-de-brita usado como brita corrida tem aplicação como pavimento asfáltico de rodovias e vias públicas. (Foto 4.5)

Segundo responsáveis técnicos pela pedreira Pyla entrevistados nos trabalhos de campo, os ensaios tecnológicos de compressão realizados de acordo com a ABNT no material daquela pedreira, determinaram sua aplicação mais voltada às obras que exigem grande resistência a peso, enquanto que o material extraído no serrote Cararu (fonólito) caracterizou-se em ensaios de abrasão, aplicação mais compatível com o uso em obras viárias.

O processo de produção na pedreira Natasha em Itaitinga é similar à produção na Pyla (Foto 4.6). Ocorre desmonte de rocha com explosivos em média a cada 10 dias, depois o material passa pelos britadores até a britagem terciária, quando é feita a separação da brita de acordo com o diâmetro e a aplicação.

A produção de pedreira Natasha se volta para fornecer agregado para servir na restauração de rodovias pavimentadas. Atualmente, a pedreira não oferta brita para servir de agregado na construção civil, sendo um caso à parte da realidade das outras pedreiras de Itaitinga e da RMF como um todo. A produção está estimada em 10 mil m³ ao mês.



Foto 4.5 – Britador utilizado na britagem secundária na pedreira Pyla (Foto do Autor).



Foto 4.6 – Britadores utilizados na produção da pedra Natasha em Itaitinga (Foto do Autor)

Foi solicitada uma visita de campo na de lavra do serrote Cararu, à empresa que minera o serrote, mas nossa solicitação não foi atendida. Assim, não obtivemos informações técnicas do material minerado a partir da própria empresa nem de seu processo de produção, só foi possível visitar o entorno da área e verificar outros aspectos da mineração relacionados ao uso e ocupação do solo naquela região, como a expansão imobiliária próxima à mina e os aspectos geoambientais. (Foto 4.7)

A lavra de saibro na RMF é executada por escarificação (raspagem mecânica) que consiste nas etapas de desmatamento da cobertura vegetal, decapeamento da camada orgânica (aproximadamente de 10 cm), desmonte do minério com trator de esteira e transporte do minério (DNPM, 1998).



Foto 4.7 – Vista do serrote Cararu ao fundo e a presença de áreas residências e loteamentos urbanos próximo à mina, no município de Eusébio (Foto do Autor).

4.2 – Aspectos Legais

4.2.1 – Legislação Mineral

A atividade mineral no Brasil está submetida a uma série de regulamentações ditadas pelo Estado brasileiro, onde o principal instrumento legal que disciplina suas atividades é o Decreto-Lei 227/67 – o Código de Mineração. No entanto, a própria Constituição Federal de 1988 já menciona os recursos minerais como bens da União, daí o motivo das reservas minerais não serem considerados propriedade do titular das terras onde elas se encontram.

Para realizar a concessão, fiscalização, e estabelecer as diretrizes da atividade minerária, o Estado conta com diversos órgãos públicos ligados aos recursos minerais e ao meio ambiente. Dentre os quais, o DNPM e o IBAMA.

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) é o órgão responsável pelo planejamento e fomento do aproveitamento dos recursos minerais,

preservação e estudo do patrimônio paleontológico, cabendo-lhe também superintender as pesquisas geológicas e minerais, bem como conceder, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, de acordo o Código de Mineração.

O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) executa em nível federal, os licenciamentos e fiscalização ambiental. Cada estado e boa parte dos municípios possuem seus órgãos ambientais de licenciamento e fiscalização.

Um aspecto importante a respeito da legislação mineral no Brasil trata da recuperação das áreas degradadas pela atividade minerária (expressa no art. 225, § 2º, da CF), que deve ser incorporada ao projeto técnico da lavra através de um Plano de Recuperação de Área Degradada e um Plano de Fechamento de Mina.

A recuperação das áreas de mineração está regulamentada pelos artigos 2º, VIII e 14, § 1º, da Lei 6.983/81 e pelo DF 97.632/89 e segundo esse decreto, tem como objetivo o “retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade com o meio ambiente”.

Segundo o art. 2º do Código de Mineração, são os seguintes regimes possíveis para obtenção de título minerário: Autorização de pesquisa, Concessão de Lavra, Licenciamento, Permissão de lavra garimpeira, Registro de extração, Monopólios e Regimes especiais.

No caso da mineração de agregados, os regimes usuais para obtenção do título minerário, são dois: o licenciamento e o registro de extração.

- Licenciamento: Previsto no inciso III do art. 2º do Código e Mineração e regulamentado pelas Leis 6.403/76 e 6.567/78. Previsto, mas não exclusivo para as seguintes substâncias: areias, cascalhos (e seus produtos de uso imediato na construção civil e preparação de argamassas), rochas e seus minerais (para construção de paralelepípedos, guias, sarjetas, etc.), argilas (para fabricação de cerâmica vermelha), rochas britadas (para uso imediato na construção civil) e, calcários (empregado como corretivo do solo na

agricultura). A área licenciada não pode ultrapassar 50 ha. É um regime exclusivo do proprietário do solo ou a quem tiver dele expressa autorização, e depende de licença expedida por autoridade administrativa municipal e do se seu registro no DNPM. Dispensa a pesquisa mineral.

- Extração mineral: Para o aproveitamento de agregados para uso imediato na construção civil. Instituído pela Lei 9.827/99 e regulamentado pelo Decreto 3358/00. Permitem que pessoas jurídicas de direito público de administração direta sejam titulares de títulos minerários. Considera-se inconstitucional. É uma permissão exclusiva para extração de agregados e materiais de uso imediato na construção civil. A área máxima permitida sob esse regime é de 5 ha., com prazo definido como aquele necessário a conclusão de obra pública, prorrogável uma única vez. Podem-se aditar novas substâncias, desde que voltadas ao uso imediato na construção civil.

4.2.2 – Legislação Ambiental

Os instrumentos básicos da política ambiental no Brasil são o estabelecimento de padrões qualidade, o zoneamento ambiental, a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento e a revisão de atividades potencialmente causadoras de significativa degradação ambiental.

As principais leis ambientais que mais diretamente influenciam a mineração no Brasil são as seguintes:

- Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965 que institui o Código Florestal Brasileiro estabelecendo as Áreas de Proteção Permanente, as áreas de Reservas Legais e conceitua as atividades de Utilidade Pública e de Interesse Social.
- Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, que estabelece a Política nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e

aplicação, constitui o Sistema Nacional de meio Ambiente (SISNAMA) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental.

- Lei 9.985 de 18 de julho de 2000, que regulamenta o art. 225 da Constituição Federal (sobre Meio Ambiente) e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

Como sabemos, a mineração é uma atividade indispensável na sociedade moderna e é responsável pela geração de enormes receitas financeiras e geração de emprego e renda, no entanto, devido algumas de suas características é uma atividade também muito impactante no meio ambiente. Alguns conceitos são importantes para se avaliar adequadamente a questão ambiental e legal voltada á mineração, particularmente á mineração de agregados:

Degradação: “processos resultantes e danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais” (Decreto Federal nº. 97.639/89).

Meio Ambiente: “É um jogo de interações complexas entre o meio suporte (elementos abióticos), os elementos vivos (elementos bióticos) e as práticas sociais produtivas do homem”. (Grinover, 1989) “É o conjunto de condições, leis, influencias e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (Lei nº. 6.938/81).

Impacto ambiental: “Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetem: (I) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (II) as atividades sociais e econômicas; (III) a biota; (IV) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; (V) a qualidade dos recursos ambientais”. (Resolução 001/86 – CONAMA).

A atividade de mineração promove tanto impactos positivos, que são relacionados principalmente com a questão socioeconômica, como impactos negativos, geralmente associados ao meio físico. Entre os quais, destacamos:

- Impactos Positivos: Satisfação das demandas sociais, desenvolvimento regional, geração e aperfeiçoamento da mão-de-obra local e regional, fonte geradora de desenvolvimento de outros setores da economia, fonte geradora de tributos.
- Impactos Negativos: Supressão da vegetação, fuga de animais e diminuição da procriação, desequilíbrio entre as espécies e redução dos habitat, reconfiguração das superfícies topográficas, aceleração de processos erosivos, indução de escorregamentos, modificação de cursos d'água, aumento de turbidez e de solidez em suspensão na água, assoreamento e entulhamento de cursos d'água, interceptação de lençóis freáticos, mudanças na dinâmica de movimentação das águas subterrâneas, poluição sonora e visual, lançamento de fragmentos rochosos e vibração de solo, aparecimento de zonas com população menos favorecida próximos à mineração e desconforto das circunvizinhanças ao empreendimento.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é exigido para o licenciamento ambiental de qualquer atividade de mineração e tem sua definição, normas e critérios básicos, estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 001/86.

A exigência do EIA aplica-se aos empreendimentos mineiros de toda e qualquer substância mineral. Porém, para as substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, em função das características do empreendimento, pode ser dispensada a apresentação do EIA. Cabendo nesse caso, apresentação de um Plano de Controle Ambiental e seu respectivo relatório (PCA/RCA), em conformidade com as diretrizes do órgão ambiental estadual competente pela empresa de mineração.

A mineração, por se tratar de uma atividade altamente impactante no meio físico, sofre algumas restrições na legislação ambiental brasileira quanto às áreas a serem mineradas. Uma das principais delas é a respeito da mineração em Áreas de Proteção Permanente (APP).

Segundo a MP 2.166/01, a intervenção minerária em APP, inclusive com supressão da vegetação é permitida (se não houver alternativa técnica ou locacional), desde que devidamente autorizada por órgão ambiental competente, pois a mineração é considerada atividade de Utilidade Pública.

Já a resolução CONAMA 369/06 *apud* Tannús (2007) define os casos de intervenção em APP apenas permitidos nos casos de bens de Utilidade Pública e classifica os agregados como bens de Interesse Social, proibindo assim, sua extração em APP, caso não conte com instrumentos de ordenamento territorial, definido pelo órgão ambiental ou que havendo, não conste a extração de rochas para uso direto na construção civil.

Vale ressaltar que boa parte das minas de agregados está em APP. Vê-se com isso, um grave impasse para a mineração de agregados no Brasil, uma vez que são poucos os instrumentos de zoneamentos e ordenamentos territoriais que consideram a mineração de agregados como um dos itens no parcelamento do solo.

A diminuição das reservas minerais devido à expansão urbana que ocupa indiscriminadamente áreas de bom potencial mineral também é uma das razões para se reavaliar a questão de extração mineral em APP's, desde que seja executada de forma responsável do ponto de vista técnico e ambiental.

Exigências legais previstas, como o Plano de Aproveitamento Econômico (PAE) da jazida, que poderão fazer com que a autorização seja recusada caso implique em atividade prejudicial ao bem público ou comprometa o interesse social, tecnologia eficiente a serviço desse tipo de atividade e a rigidez locacional das jazidas, característica comum da atividade minerária também são razões para a liberação de extração de agregados em APP's.

Quanto às Reservas Legais, Tannús (2007) observa que existe um tratamento idêntico às situações distintas e muitas vezes, o tamanho diminuto das reservas legais compromete suas funções de manutenção do quadro ambiental daquela área.

Outro aspecto que o autor levanta é que em alguns casos a soma da Reserva Legal (20%) e APP (de 12 a 15%) sobre a área total da propriedade, abrangendo muitas vezes 1/3 da área, compromete inexoravelmente o uso da mesma.

Certamente existem alguns casos de restrições ambientais exageradas, muitas delas sem o devido embasamento técnico-científico, e nesses casos deve haver algum tipo de revisão da legislação, no entanto, é necessário realmente impor limites quanto ao uso dos recursos minerais em áreas de maior fragilidade ambiental ou de interesse arqueológico ou turístico.

No caso da RMF, as dunas, que apresentam grande disponibilidade de areia são áreas de grande vulnerabilidade ambiental. A resolução CONAMA nº 303 de 20 de março de 2002 classifica as dunas, tanto fixas como móveis como Áreas de Preservação Permanente, assim como as margens dos rios, lagos, lagoas e nascentes.

Ao contrário da legislação mineral, que é de competência exclusiva da União, a legislação ambiental pode ser complementada pelos estados e municípios, que podem criar Unidades de Conservação (UC's) para preservar os recursos naturais de uma área tida como de relevância ambiental.

Além das APP's das drenagens e dos campos de dunas, existem outras áreas de uso restritivo na RMF, como algumas UC's. As principais são a Reserva do Batoque, em Aquiraz; as Áreas de Proteção Ambiental (APA's) dos estuários dos rios Pacoti e Ceará, o Parque Ecológico do rio Cocó e a APA de Maranguape, que são estaduais.

Já a APA das Dunas de Sabiaguaba e o Parque Natural das Dunas de Sabiaguaba, em Fortaleza, são municipais. Essas duas UC's foram criadas em 2006 na tentativa de que as atividades humanas existentes na área sejam realizadas em conformidade com as potencialidades e limitações naturais. A APA de Sabiaguaba tem 1.009,74 ha e o parque, 467,6 ha. O parque, como UC de Proteção Integral, prevê uso e ocupação mais restritivos dentro dos seus limites.

As dunas da Sabiaguaba desde muito tempo são áreas de extração de areia, e mesmo depois da criação do parque foi constatado que empresas ainda faziam extração dessa substância ilegalmente. Só recentemente a Justiça proibiu a

extração com base em agravo da Procuradoria Geral do Município de Fortaleza depois de denúncia da imprensa.

A figura abaixo mostra a localização em Fortaleza, do Parque Natural das Dunas de Sabiaguaba, onde são proibidas as extrações de areia dos seus campos de dunas.

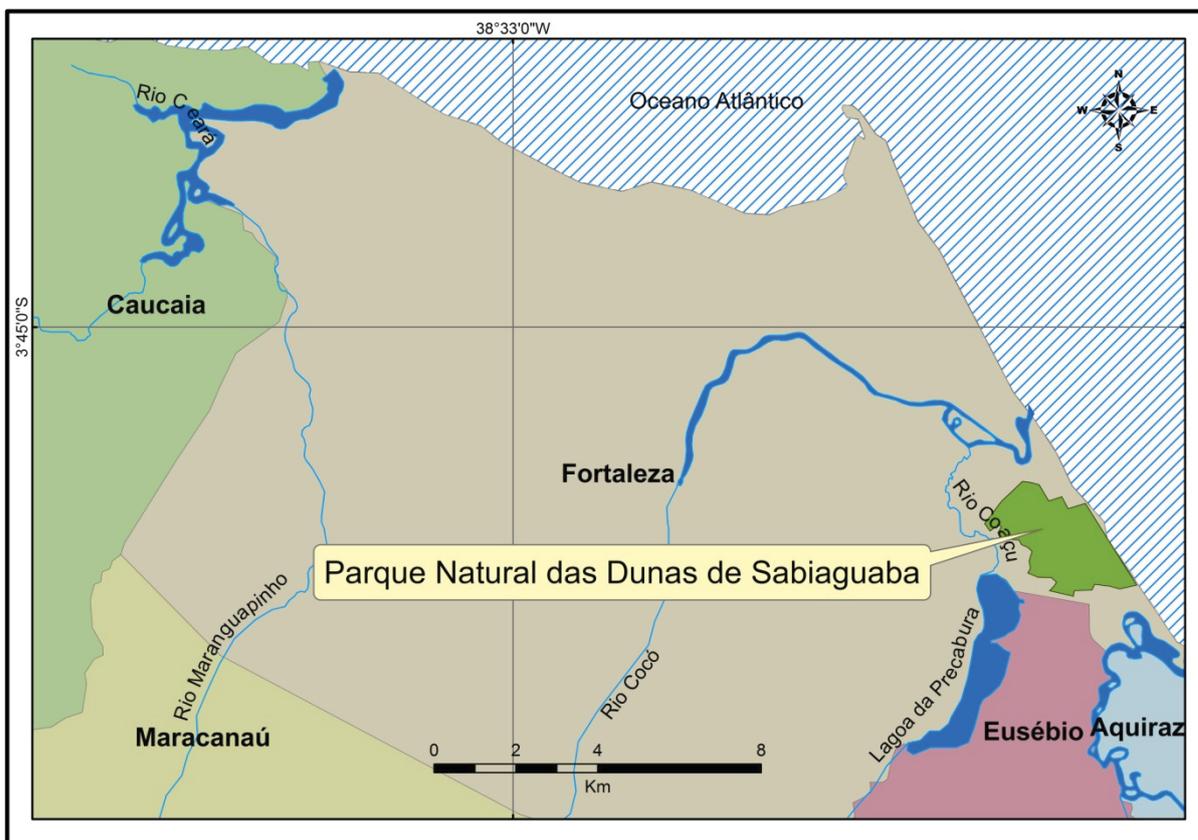


Figura 4.1 – Localização do Parque Natural das Dunas de Sabiaguaba.

4.3 – Potencial Mineral da Região Metropolitana de Fortaleza

Trabalhos realizados por empresas do setor produtor de brita demonstram que o potencial mineral desse bem na região pode atender à demanda esperada, mesmo atingindo num curto espaço de tempo, padrões de consumo comparáveis aos das regiões que mais crescem no mundo (DNPM, 1998).

Não existem números oficiais sobre as reservas de pedras britadas e rochas vulcânicas alcalinas na RMF, no entanto, pelo perfil litológico da RMF, infere-se que

os valores de reserva dessas substâncias superem em muito os valores encontrados para as areias fina e grossa.

As areias, em suas granulometrias fina e grossa, utilizadas em argamassas e preparo de concreto, respectivamente, mostra-se, ao contrário da situação da brita, um quadro mais inquietante devido a um menor potencial das lavras de areia, principalmente a grossa, exatamente porque sua ocorrência na região está associada a áreas de preservação ambiental ou de interesse turístico. (DNPM, 1998).

Um estudo publicado em 1986, pela Companhia Cearense de Mineração (CEMINAS), intitulado de “Levantamento do Potencial de Substâncias Mineráveis de Emprego Imediato na Construção Civil da Região Metropolitana de Fortaleza”, estima reservas da ordem de 74.000.000 m³ de areia vermelha na RMF.

Assim como no caso da areia fina, as extrações de areia grossa na RMF ocorrem sob regime de licenciamento, que dispensa estudos geológicos da área de mineração e também não há dados oficiais sobre suas reservas na RMF. O trabalho da CEMINAS (1986) *apud* DNPM (*op. cit.*) calculou uma reserva estimada de quase 2.000.000 de m³ de areia grossa para os rios São Gonçalo, Cauípe e Ceará.

Ao contrário do setor produtor de brita, tradicionalmente mais organizado e executado por empresas de maior porte, até pelo volume de capital e equipamentos necessários a sua extração e beneficiamento, a extração de areia é executada, em boa parte, por pequenas empresas informais, o que dificulta estudos sobre seu volume de produção.

Com disponibilidade restrita, execução informal e uma produção considerável, a extração de areia na RMF é uma das atividades mais preocupantes no que diz respeito aos conflitos sobre o uso e ocupação do solo metropolitano.

Quanto à ocorrência dos minerais, de acordo com o DNPM (1998), os depósitos de areia fina e vermelha na RMF estão relacionados respectivamente às dunas recentes do Quaternário, e aos sedimentos fluviais do Terciário da Formação Barreiras, em porções mais distais, onde os depósitos são menos argilosos e ocorrem sobrepostos por depósitos de paleodunas e dunas.

Alguns pontos de afloramentos de areia fina na RMF são encontrados nas localidades de:

- Iguape, Prainha, Lagoa do Encantado, em Aquiraz;
- Pirapora, Garrote e Iparana, em Caucaia;
- Água Fria, Sabiaguaba, Cofeco, Precabura e Cidade 2000, em Fortaleza e;
- Mangabeira, no Eusébio.

A granulometria dessas areias predominantemente varia de fina a média. A extração desses minerais estende-se principalmente ao longo da faixa litorânea da RMF, principalmente em Caucaia, Aquiraz e Eusébio, enquanto em Fortaleza, é reduzida devida à intensa ocupação urbana.

A principal aplicação dessas areias na construção civil é como agregado miúdo na produção de argamassas. Ainda segundo o DNPM (1998), não há norma brasileira que especifique as granulometrias mais apropriadas para o agregado de argamassas, no entanto, algumas caracterizações dessas areia foram realizadas pelo trabalho supracitado, apontando que as amostras analisadas das areias vermelhas da RMF estão enquadradas como finas, com uso mais apropriado pra reboco.

Os principais depósitos de areia grossa estão associados às planícies fluviais e lacustres das bacias dos rios São Gonçalo, Ceará, Curú e Pacoti, distribuídos nos municípios de Aquiraz, Caucaia, Pacatuba, Fortaleza, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape e Guaiúba e São Gonçalo do Amarante.

Sua extração pode ocorrer tanto no canal ativo como nos terraços aluviais dos rios e seus afluentes. Na RMF, os rios Pacoti e Curú apresentam grandes reservas de areia, e em ambos os casos, as extrações ocorrem através de pás carregadeiras nos leitos ativos (Foto 4.8). Os depósitos aluvionares constituem faixas relativamente contínuas de deposição, formando terraços aluviais elevados de 2 a 4 metros da calha dos rios, e nos canais ativos os depósitos ocorrem sobrepostos a uma camada de argila escura, com espessura média de 1,50 m. (DNPM, *op. cit.*).

Nas lagoas costeiras, também ocorre extração de areia, embora num volume de produção menor. Nesses casos, são mais comuns as extrações irregulares.



Foto 4.8 – Extração areia grossa no leito do rio Curú, no município de São Gonçalo do Amarante. (Foto do Autor).

A areia grossa é utilizada como agregado miúdo na construção civil para a fabricação de concreto. O trabalho do DNPM (1998) realizou uma série de caracterizações tecnológicas em atendimento à norma NBR-7211/83, da ABNT (Agregados para concretos) para as areias grossas coletadas em diversos pontos da RMF, como nos rios São Gonçalo, Pacoti, Choró, e Ceará, entre outros pontos.

Os dados apresentados, segundo o próprio trabalho, indicam que o agregado miúdo utilizado na RMF na fabricação de concreto apresenta características satisfatórias, enquadrando-se dentro da norma NBR-7211 (ABNT).

As rochas graníticas (Foto 4.9) e as rochas vulcânicas alcalinas (fonólitos) (Foto 4.10) dos maciços residuais na RMF são utilizadas como pedras britadas que podem ser utilizadas como calçamentos, revestimentos asfálticos, lastros e concretos. Suas principais áreas de extração estão representadas pelas Serras do Camará, Conceição e Juá, em Caucaia; e pelas serras de Maranguape e Itaitinga.



Foto 4.9 – Corpo granítico minerado pela Pedreira PYLA. Serra do Camará, em Caucaia. (Foto do Autor).

As principais áreas que oferecem maior potencial de pedra britada são os seguintes tipos litológicos:

- Granitos do Proterozóico Inferior, que ocorrem nas Serras de Itaitinga, Pocim, Boqueirão e em serrotes isolados;
- Migmatitos e Gnaisses do Complexo Gnáissico-Migmatítico, nas serras do Camará, Conceição, Juá, Bico Fino e no serrote das Cajazeiras;
- Gnaisses do Complexo Granítico-Migmatítico, representados pelas serras de Maranguape, Aratanha e Monguba e;
- Rochas vulcânicas alcalinas, representados por alguns serrotes distribuídos nos municípios de Caucaia, Itaitinga e Eusébio, entre eles, o Cararu, no Eusébio, onde foi feita uma visita de campo.

As rochas vulcânicas alcalinas se apresentam na RMF como corpos topograficamente elevados de forma circular ou elipsoidal encaixados em rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico ou em contato com os sedimentos da Formação Barreiras, como é o caso do serrote Cararu, onde se localiza a única pedreira da

RMF em rocha alcalina vulcânica, enquanto as demais são constituídas por rochas granitóides.



Foto 4.10 – Serrote do Cararu, constituído de fonólitos, no Eusébio. (Foto do Autor).

Petrograficamente, as rochas alcalinas da RMF apresentam traquitos e fonólitos, esse último sendo utilizado com brita para uso como agregado graúdo na produção de argamassas, mas podem ser utilizados também na produção de cimento.

O DNPM, através do Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza (1998) realizou os ensaios exigidos pela norma NBR-7211 (ABNT) em algumas amostras de todos os tipos de brita em produção em pedreiras de Itaitinga, Eusébio e Caucaia para a caracterização do agregado graúdo em concreto. A maioria dos ensaios elaborados indicou que as pedras britadas utilizadas como agregado graúdo na RMF atendem a norma NBR-7211 (ABNT).

Outra substância largamente utilizada na construção civil é o saibro. Na RMF as principais ocorrências estão localizadas no sul do município de Fortaleza, no norte de Itaitinga e no sudoeste do Eusébio (DNPM, 1998).

Ocorrem em coberturas colúvio-eluviais laterizadas nos interflúvios do riacho Coaçu e dos rios Cocó e Maranguapinho e seus afluentes. A principal aplicação está voltada para obras de base de pavimentação de ruas e rodovias.

Nota-se com isso, a grande importância dessa substância para a expansão urbana e da malha viária da RMF. As reservas reduzidas dessa substância na região sugerem que nas áreas de sua ocorrência deva ser adiado o máximo possível a ocupação urbana antes de sua extração.

A figura 4.2 a seguir apresenta as principais litologias encontradas na RMF e oferece uma indicação do potencial mineral da região.

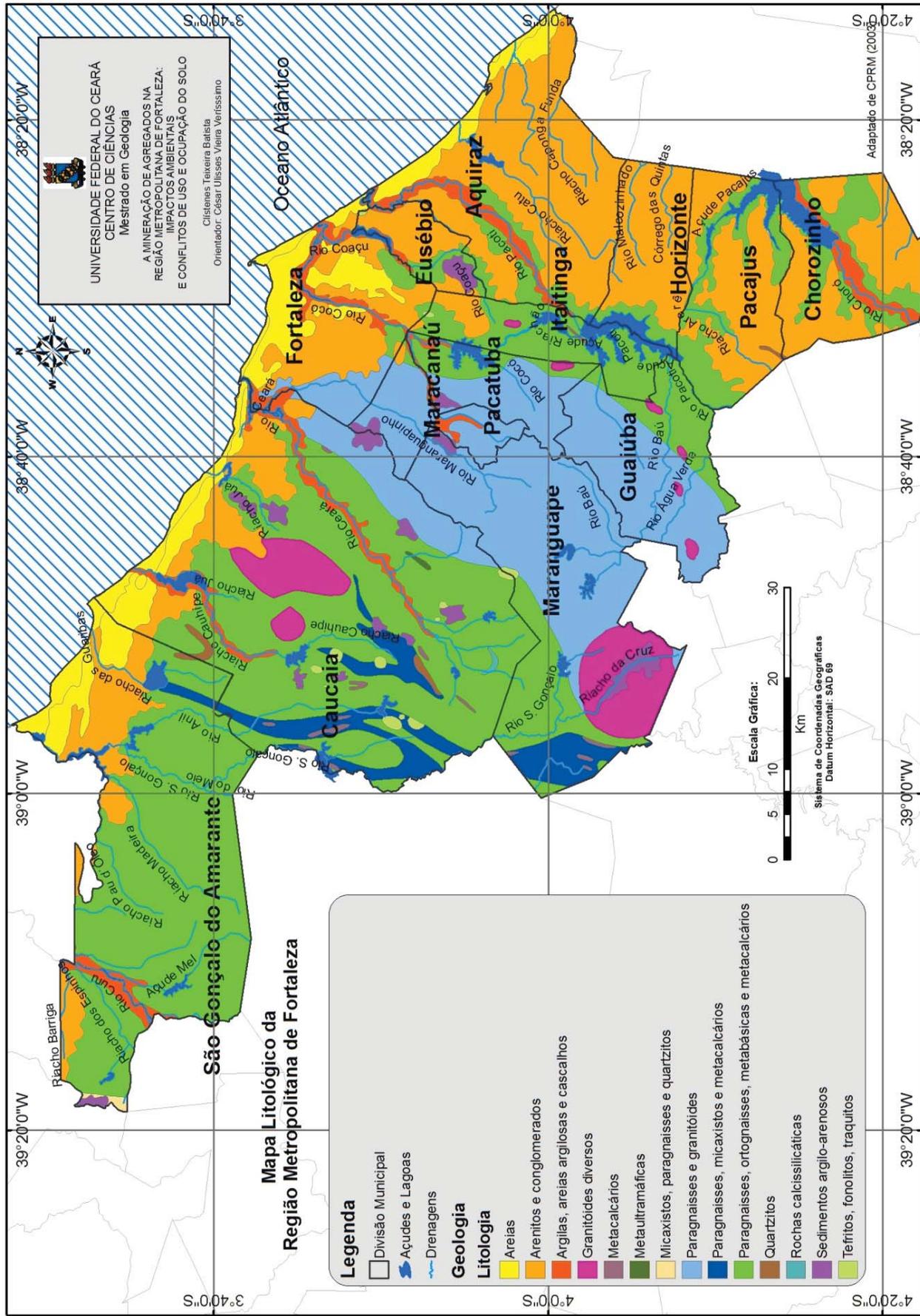


Figura 4.2 – Mapa Litológico da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

4.4 – Aspectos Econômicos

4.4.1 – Áreas de Produção

Existem na RMF aproximadamente 180 processos ou alvarás registrados junto ao DNPM para extração e/ou beneficiamento de agregados. Certamente, não se encontra necessariamente atividades de extração mineral em todas essas áreas.

No entanto, o número de processos ativos em cada município dá uma indicação da importância da mineração de agregados na região e individualmente em cada município.

Com os dados disponibilizados pelo próprio DNPM na internet na forma de arquivos *shapefile*, construímos o mapa dos processos minerários da RMF (Figura 4.4 - Mapa dos Processos Minerários de agregados da RMF). Fizemos também um levantamento em agosto de 2009 através dos programas SIGMINE e Cadastro Mineiro, ambos do DNPM e disponíveis no *site* desse órgão na internet, dos processos ativos de agregados nos municípios da RMF. (Quadro 4.1)

Quadro 4.1 – Processos de Agregados na RMF

Número de Processos por Tipo de Agregado				
Municípios	Areia	Pedra Britada	Saibro	Total
São Gonçalo do Amarante	17	02	02	21
Caucaia	43	28	04	75
Fortaleza	03	--	02	05
Maracanaú	03	03	--	06
Maranguape	04	02	--	06
Itaitinga	01	10	01	12
Pacatuba	02	04	--	06
Guaiúba	03	--	--	03
Eusébio	03	01	--	04
Aquiraz	26	01	02	29
Horizonte	01	--	--	01
Pacajús	--	--	--	--
Chorozinho	08	01	--	09
Total	114	52	11	177

Fonte: Cadastro Mineiro (DNPM)

Nesse levantamento verificou-se que os municípios em que há mais processos de minerais agregados são Caucaia, Aquiraz e São Gonçalo do Amarante. Por outro lado, Horizonte, Pacajús e Guaiúba são os municípios com menos processos minerários.

Com os números de processos por substância em cada município da RMF, foi possível também fazer um levantamento do percentual de cada substancia no total de processos de agregados por município, e assim, traçar um perfil desses municípios na composição da oferta de agregados na RMF. (Figura 4.3)

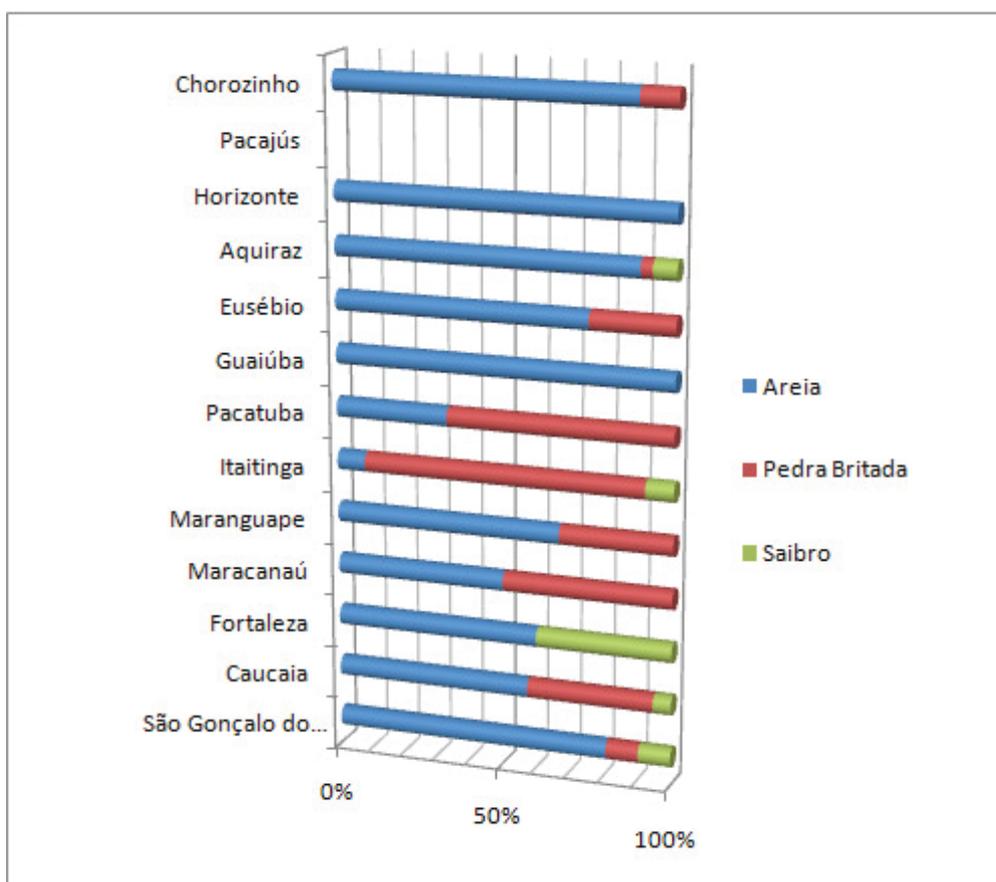
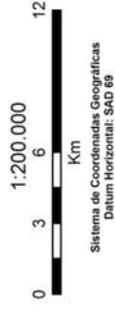
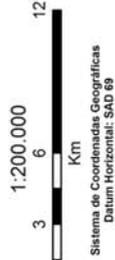
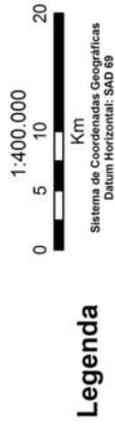
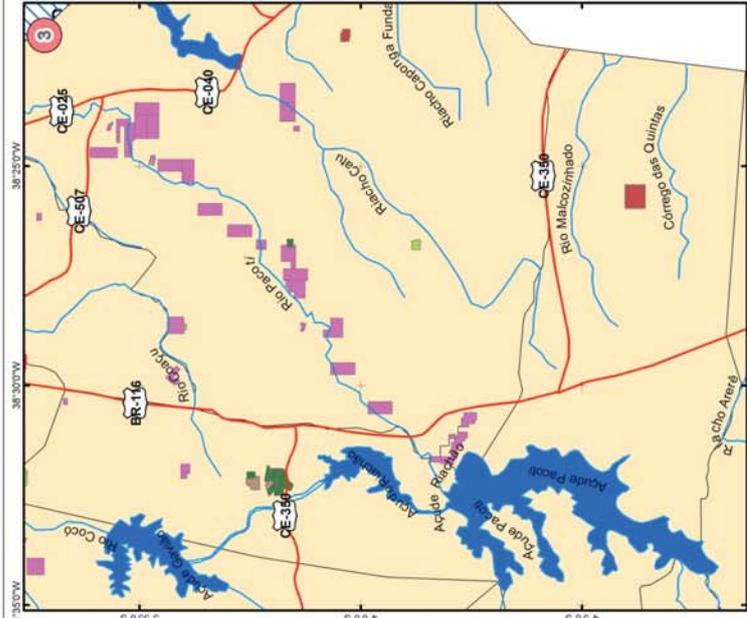
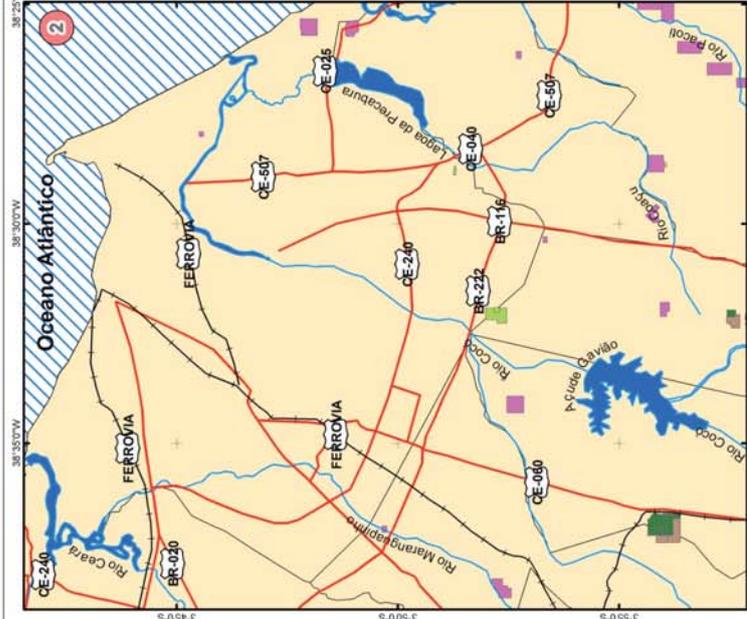
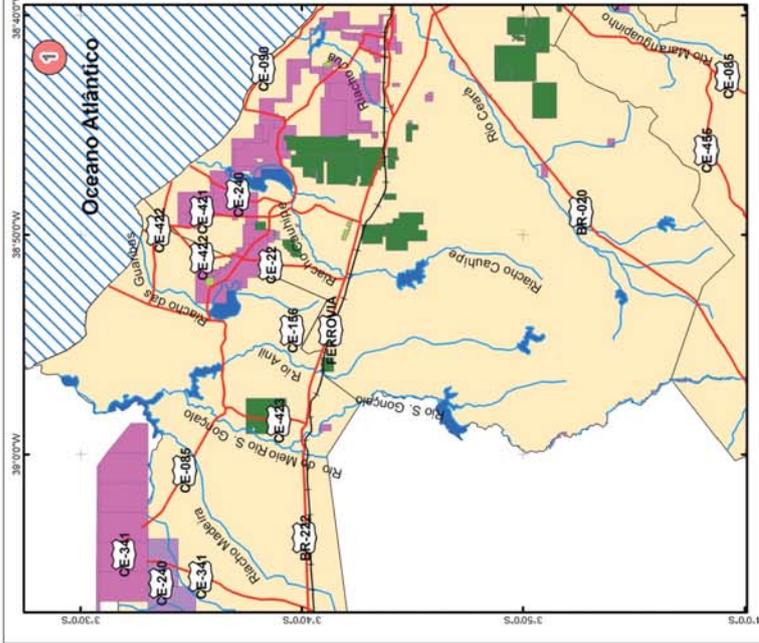


Figura 4.3 – Participação municipal nos processos de agregados na RMF

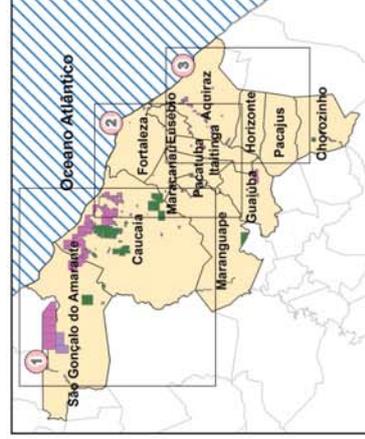
Podemos observar que em Aquiraz, Eusébio e São Gonçalo do Amarante, a maioria dos processos minerários se refere à areia, enquanto em Itaitinga, a maior parte dos processos está relacionada à pedra britada; e em Caucaia, existem processos relativamente bem distribuídos das três substâncias pesquisadas.



Legenda

- Ferrovias
 - Rodovias
 - Drenagens
 - Açúdes e Lagoas
 - Divisão Municipal
- Alvarás DNPM (Materiais de uso direto na construção civil)***
- Substâncias**
- Areia
 - Diatomito
 - Gnaisse
 - Granito
 - Granito para Brita
 - Saibro

Articulação



Mapa dos Processos Minerários da Região Metropolitana de Fortaleza

* Em agosto de 2009
 Fonte: DNPM (SIGMINE)

Como dito anteriormente, o número de processos registrados no DNPM, não corresponde rigorosamente às áreas onde está havendo extração mineral, uma vez que as áreas podem ter sido requeridas visando uma extração futura, ou ainda estão em fase de pesquisa preliminar.

Outro ponto é que também é possível está havendo extração de algum mineral sem o devido registro no DNPM e no órgão ambiental, nesse caso, tem-se uma extração mineral irregular.

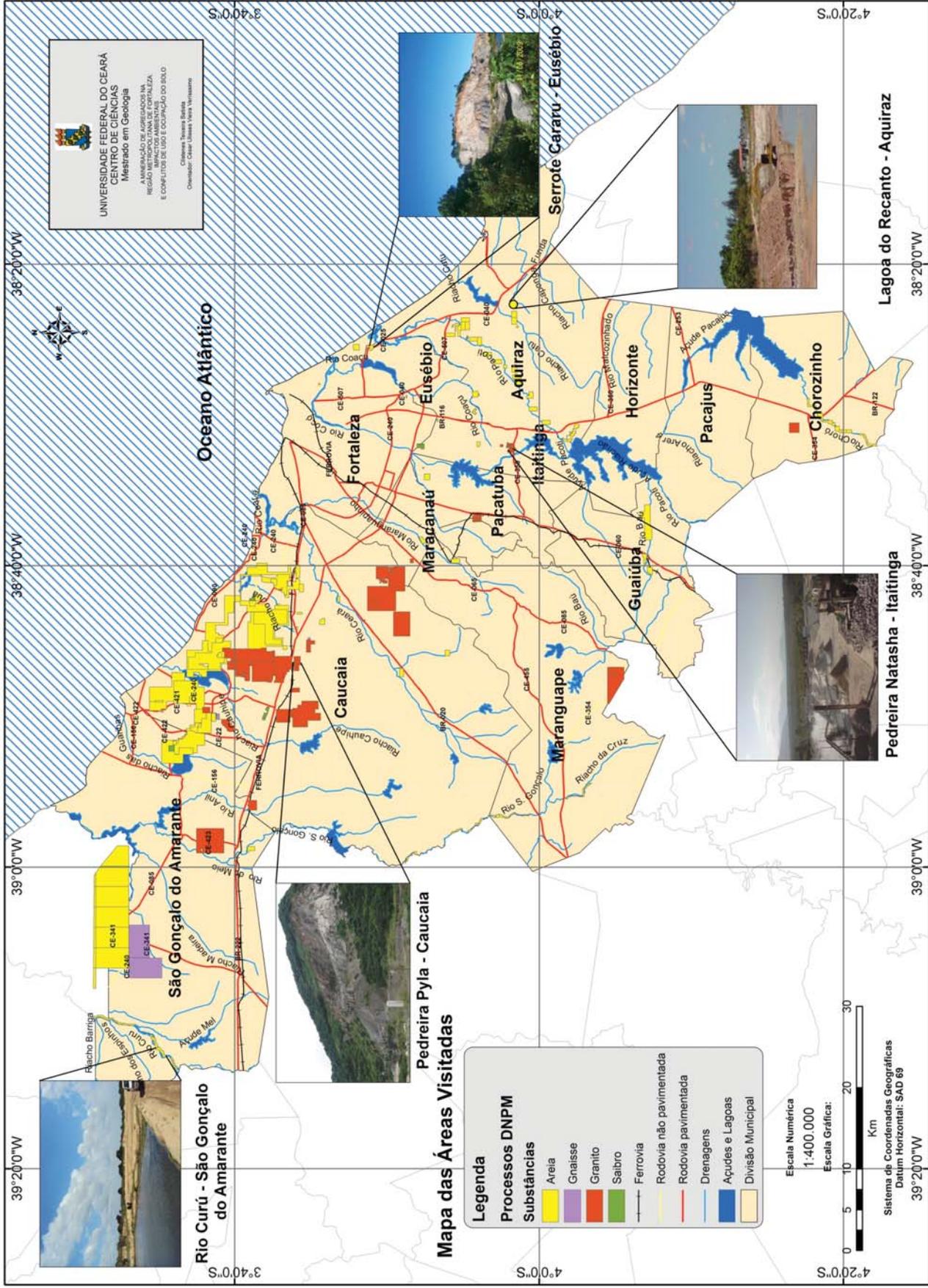
Esses casos são mais comuns de ocorrerem em relação à areia, que ao contrário da mineração de brita, exige poucos recursos financeiros e técnicos pra se proceder á extração, bastando pra isso apenas um caminhão e uma pá carregadeira, quando muito, pois a extração também pode ser feita através de pás manuais.

No decorrer dessa pesquisa, foram feitos alguns trabalhos de campo em vários municípios da RMF em áreas de extração de agregados. No caso da mineração de pedras visando a obtenção de brita, foram visitadas as pedreiras Pyla, em Caucaia; a pedreira Natasha, em Itaitinga; e a pedreira do serrote Cararu, no Eusébio (Figura 4.5 – Mapa das Áreas Visitadas). Nessa última não tivemos permissão da empresa que minera o serrote de acessar o pátio de operação e à mina em si, nem houve contato a fim de se obter informações acerca de produção, beneficiamento, medidas mitigadoras de impactos ambientais, etc.

Nas duas primeiras pedreiras visitadas, foi possível fazer um questionário e conseguir informações suficientes sobre o processo de produção nessas pedreiras.

Quanto à extração de areia, optamos por visitar uma área sem registro no DNPM. Trata-se da localidade da Lagoa do Recanto, em Aquiraz, onde estava havendo extração nas margens de uma lagoa costeira.

O responsável pela extração informou que a extração não tinha fins comerciais e que ele vinha recuperando a lagoa, apesar dela está visivelmente assoreada, e com os trabalhos de extração de areia ocorrendo de um lado da lagoa e extração de argila do outro, não condizerem com as técnicas de conservação ambiental tida como adequadas nesse tipo de atividade.



4.4.2 – Mercado de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza

Todo empreendimento mineiro apresenta muitas diretrizes e restrições. Entre as diretrizes podemos citar a aproveitamento integral do depósito mineral, a oferta de produtos compatíveis com as especificidades do mercado, a máxima valorização do material útil contido no depósito mineral, a integração do empreendimento à estrutura social e econômica da região, a rentabilidade adequada à atração de capitais e a conciliação do empreendimento com o uso e ocupação do solo e com o meio ambiente.

As principais restrições são: a dimensão do mercado, as dimensões reservas/vida útil, a relação estéril/material útil, o comportamento granulométrico do mineral, os fatores tecnológicos e os fatores locacionais e ambientais.

Segundo Tannús (2007), a mineração enquanto atividade econômica apresenta algumas particularidades fundamentais:

- Rigidez locacional
- Longo tempo de maturação de um projeto minerário
- Especificidade tecnológica
- Capital expressivo para transformar uma ocorrência mineral em bem útil.
- Exigência de altas taxas de retorno
- Exauribilidade da jazida
- Singularidade das jazidas e minas.
- Monitoramento ambiental específico
- Reversibilidade dos impactos ambientais

Muitas dessas características implicam em custos que não estão presentes em outras atividades econômicas. Outras características como a singularidade das jazidas e minas (perfil litológico da região) e a rigidez locacional estão diretamente relacionadas à segurança institucional (legislação ambiental e urbana) e fazem da mineração uma atividade caracterizada como de investimento de alto risco.

Leis ambientais exageradamente restritivas e zoneamentos urbanos que não prestigiem o potencial mineral e as áreas onde já ocorre mineração podem

comprometer seriamente a oferta desses insumos tão importantes para a economia ou até mesmo inviabilizar expansões e novos empreendimentos mineiros.

O mesmo autor salienta que os empreendimentos que operam sob o regime de licenciamento (mais instáveis) são mais tímidos aos investimentos que visam melhorias no processo tecnológico.

A posição competitiva no mercado da atividade mineira depende de fatores intrínsecos (esfera de decisão dos empreendedores) e extrínsecos (fatores macroeconômicos, político-institucionais, regulatórios, infra-estruturais e sociais).

Ainda de acordo com Tannús (2007) no planejamento estratégico do empreendimento mineiro, os fatores intrínsecos classificam-se em *forças* e *fraquezas* e os fatores extrínsecos, em *oportunidades* e *ameaças*. São eles:

Ambiente Interno

- Forças: localização e características das reservas, favorável disponibilidade e condições de acesso a tecnologias atualizadas, sistema produtivo a operar segundo padrões de competitividade, no que se refere à garantia da qualidade e custos, adequada experiência do grupo empreendedor, boa reputação e capacidade de articulação do grupo empreendedor, favoráveis indicadores de rentabilidade e capacidade de pagamento.
- Fraquezas: reservas minerais com características e/ou localizações inadequadas, dificuldade de suprimento de insumos, peças e materiais de reposição, escassez de mão-de-obra especializada, instabilidade do mercado.

Ambiente externo

- Oportunidades: condicionamento geológico favorável à expansão das reservas, perspectiva de expansão e conquista de mercados, facilidade de acesso a financiamentos adequados, perspectiva de

melhoria nas regulações de uso e ocupação do solo, perspectivas de aprimoramento na legislação mineral, tributária e ambiental.

- Ameaças: perspectivas de retração de mercados, perspectivas de agravamento de condicionamento regulatório (tributação, acesso à propriedade mineral, meio ambiente, etc.).

Segundo informações obtidas em campo junto às empresas produtoras de agregados, a maior parte da produção desses bens na RMF volta-se ao mercado de construção civil de Fortaleza e outras cidades que apresentem crescimento do mercado imobiliário mais vigoroso como Maracanaú e Eusébio, embora esporadicamente haja outras solicitações como o de construção e reforma de quebra-mares (que dispensa as britagens).

Observa-se na RMF um panorama econômico para a mineração de agregados que apresentam tanto do ponto de vista do ambiente interno como externo boas perspectivas de crescimento e incorporação de novas tecnologias, no entanto, há alguns 'gargalos', principalmente do ponto de vista regulatório e institucional a serem equacionados na atividade mineira na RMF que facilitariam o exercício dessa atividade.

Forças ou Oportunidades e Fraquezas ou Ameaças na produção mineral de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza:

Forças ou Oportunidades:

- Pouca distância entre as áreas de ocorrência e extrações de areia, saibro e pedra britada que ocorrem dentro dos limites da própria região com distâncias máximas de 30 km aos pontos de consumo, o que não chega a encarecer demasiadamente os agregados consumidos na região. Os agregados constituem minerais de baixo valor unitário e a viabilidade de sua extração depende da maior proximidade possível dos mercados consumidores, pois os custos de

transportes chegam a representar até mais metade do preço do produto ao consumidor final, em alguns casos.

- Condições litológicas favoráveis para a oferta de agregados com a abundância de maciços de rocha dura e depósitos de areia consideráveis tanto nos Tabuleiros Pré-Litorâneos como nas Planícies Fluviais.
- Boas condições infra-estruturais no que diz respeito à energia e à malha viária. A instalação de projetos como refinaria de petróleo, siderúrgica, uma Zona de Processamento de Exportações (ZPE) e muitas indústrias que devem vir a reboque para o Complexo Portuário e Industrial do Pecém, deve ampliar os investimentos em infraestrutura, beneficiando a atividade minerária na região.
- Alargamento da base da demanda com a perspectiva de projetos governamentais de obras públicas e projetos privados de grande porte e a requalificação urbana com projetos habitacionais que visem amenizar o déficit habitacional metropolitano ao mesmo tempo em que planejam reduzir as áreas de risco nas principais cidades da RMF. Todos esses empreendimentos promoverão um aumento importante na demanda de agregados e a indústria mineral de agregados da RMF deve ter condições técnicas e institucionais de responder a esse aumento. O aumento da renda da população metropolitana que deve acompanhar o crescimento dos investimentos previstos para a região também pressionará a demanda por agregados.
- A melhoria do ambiente econômico em nível nacional com a redução dos juros e desoneração de alguns impostos deve facilitar financiamentos para o acesso de novas tecnologias que aperfeiçoem a produção e aumentem a competitividade das empresas de mineração.
- A recente escolha de Fortaleza como uma das sub-sedes para a Copa do Mundo FIFA no Brasil em 2014 promoveu uma programação de investimentos dos governos federal, estadual e municipal que à

parte dos investimentos já citados, será responsável por um aumento significativo da demanda de agregados com projetos que visarão a melhoria da mobilidade urbana em Fortaleza com a reforma da malha viária da cidade e a construção e reforma de equipamentos urbanos como estádios, hotéis, áreas de lazer, hospitais, etc.

Fraquezas ou Ameaças:

- Ausência de normas adequadas ao planejamento urbano que considere a mineração de agregados. Não existe na RMF um Plano Diretor Metropolitano formado por todos os municípios da região. Cada município integrante de Regiões Metropolitanas ou os municípios com mais de vinte mil habitantes deve, segundo o art.41 da Lei 10.257/01, o Estatuto das Cidades, possuírem um Plano Diretor Municipal (PDM). Os municípios da RMF possuem PDM desarticulados entre si e nenhum deles considera a atividade minerária em seus zoneamentos. É possível e desejável um Plano Diretor único para toda a RMF que reconheça o potencial geológico da região e a importância da atividade minerária para a economia regional estabelecendo áreas reservadas à produção de agregados.
- As condições regulatórias possuem alguns aspectos preocupantes como tributação exageradamente elevada e leis ambientais, muitas vezes demasiadamente restritivas. Exageros de regulamentação, muitas vezes sem o devido conhecimento técnico-científico da mineração e do meio ambiente podem engessar a produção de agregados em uma região ou município, ainda podem aumentar o custo final dos bens minerais e estimular as atividades clandestinas, que geralmente são mais negligentes quanto às questões ambientais.
- Boa parte das áreas para a extração de agregados na RMF está requerida no DNPM sob a forma de Regime de Licenciamento, esse tipo de requerimento não requer a prévia pesquisa mineral, ao contrário da Autorização e da Concessão, que por isso, conferem

maior estabilidade ao investidor. A instabilidade institucional desestimula os investimentos.

- A expansão urbana desordenada promove a elevação dos custos de aquisição ou arrendamento do solo para os empreendedores mineiros, além disso, os conflitos com as circunvizinhanças na forma de paralizações das atividades e multas tendem a se tornar mais comuns nas áreas onde a mineração esteja mais próxima das zonas urbanas.

Existem tendências e perspectivas positivas em andamento na mineração de agregados na RMF no que diz respeito à inovação tecnológica. Algumas delas é a substituição da brita convencional como insumo na produção de concreto (para agregados leves), a redução na intensidade do uso de concreto na construção civil, o uso da areia de brita (oriundo dos finos da britagem) e o uso de agregado oriundo de RCD (Reciclagem de entulho de Construção e Demolição).

A produção de RCD ainda é incipiente no Brasil, mas já é realizada há 30 anos na América do Norte e é em 70% reprocessada na Europa (Tannús, 2007) e tem como principais vantagens a contribuição para solução do problema do lixo urbano nas regiões metropolitanas e a redução da pressão da demanda sobre os depósitos de rocha dura.

Já o uso da areia de brita ajuda a promover o melhor aproveitamento dos depósitos de rocha dura e reduz a pressão da demanda sobre depósitos de areia natural, além de facilitar o atendimento às especificações do mercado.

5 – Mineração de Agregados e Meio Ambiente na Região Metropolitana de Fortaleza

5.1 – Zoneamento Geoambiental da Região Metropolitana de Fortaleza

A proposta de zoneamento geoambiental para a RMF aqui adotada foi adaptada dos trabalhos de Brandão (1995a) e Souza (1988) onde esses autores, baseados na abordagem sistêmica de Bertrand (1977) e na classificação ecodinâmica de Tricart (1977), apresentaram um esboço de zoneamento ambiental para a RMF fundamentada na compartimentação geomorfológica da região.

Essa compartimentação incluiu a delimitação das unidades geoambientais, e para cada uma delas, foi descrita suas características dominantes, suas potencialidades e limitações, as condições ecodinâmicas e seus usos compatíveis.

Para Brandão (1995a), podemos deduzir que cada compartimentação geomorfológica é resultante de uma evolução geoambiental com seus próprios padrões climáticos e hídricos, e suas particularidades pedológicas e fito-ecológicas, assim, o zoneamento geoambiental baseado na geomorfologia se justifica.

As unidades geoambientais são delimitadas em geossistemas e geofácies em “função das combinações mútuas entre fatores do potencial geocológico (condições geológicas, geomorfológicas, climáticas e hidrológicas/hidrogeológicas) e os fatores da exploração biológica, com ênfase para os solos e vegetação.” (Brandão, 1995a).

O zoneamento geoambiental “busca esclarecer a inter-relação e a interdependência dos componentes geoambientais, possibilitando a divisão da paisagem física” (Lehuteur e Marino, 2007) e a partir dessa divisão e do conhecimento de suas características, pode-se traçar uma proposta de ordenamento territorial na forma de um zoneamento para a RMF.

Na RMF, de acordo com a classificação de Souza (1988), foram identificados cinco geossistemas e seis geofácies.

- Geossistemas: Planícies Fluviais, Planícies Litorâneas, Maciços Residuais, Tabuleiros Pré-Litorâneos e Depressão Sertaneja.

- Geofácies: Campos de Dunas e Faixa Praial, Planícies Flúvio-Marinhas (das Planícies Litorâneas), Vertentes e Platôs Úmidos e Vertentes Secas (dos Maciços Residuais), e os Pedimentos Conservados com *Inselbergs* e Pedimentos Dissecados em Colinas (da Depressão Sertaneja).

O Quadro abaixo apresenta os cinco geossistemas encontrados na RMF e suas subdivisões em seis geofácies com suas respectivas abrangências em valores absolutos e em relação à área total da RMF.

Os Tabuleiros Pré-Litorâneos e as Planícies Fluviais, devido à sua homogeneidade paisagística e ecodinâmica, não foram subdivididas em geofácies, enquanto numa escala mais detalhada de análise, dada as diferenças ecodinâmicas e de vulnerabilidade encontradas no sistema costeiro, poder-se-ia sugerir para num estudo posterior, a divisão da geofácia Campos de Dunas, na Planície Litorânea, em dois geótopos: um específico para as áreas de dunas fixas e móveis e outro para a praia e a planície de deflação.

Quadro 5.1 – Unidades Geoambientais da RMF

Unidades Geoambientais		Km ²	%
Geossistemas	Geofácies		
Planícies Fluviais	—	74,15	1,52
Planícies Litorâneas	Campos de Dunas e Faixa Praial	174,2	3,57
	Planícies Flúvio-Marinhas	53,65	1,1
Maciços Residuais	Vertentes e Platôs Úmidos	77,2	1,58
	Vertentes Secas	299,9	6,15
Tabuleiros Pré-Litorâneos	—	1.462,4	30
Depressão Sertaneja	Pedimentos Conservados com <i>Inselbergs</i>	2.242,5	46,04
	Pedimentos Dissecados em Colinas	485,8	9,95

Adaptado de Brandão (1995a)

Podemos observar que a unidade geoambiental de maior expressão geográfica na RMF é a Depressão Sertaneja, que corresponde a algo em torno de 55% da área total da RMF. Os Tabuleiros Pré-Litorâneos ocupam 30% da totalidade da RMF, enquanto as Planícies Fluviais e Flúvio-Marinhas correspondem às unidades de menor área, com menos de 2%, cada.

A Figura 5.1 mostra um quadro comparativo da área de cada geofácia da RMF em quilômetros quadrados e a Figura 5.2 mostra sua distribuição geográfica.

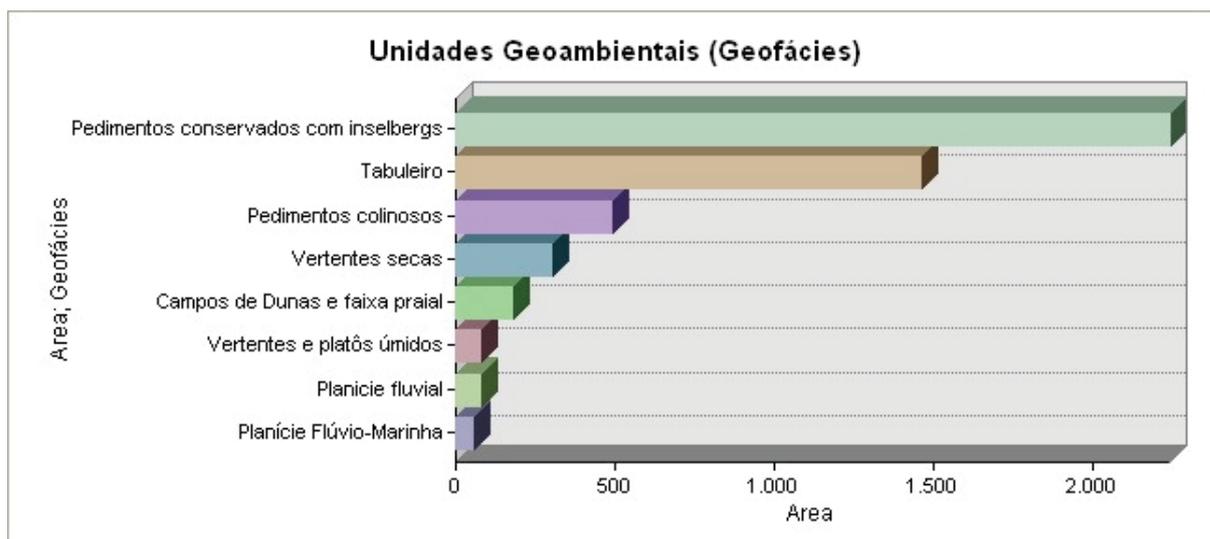


Figura 5.1 – Comparativo da área das geofácies da RMF

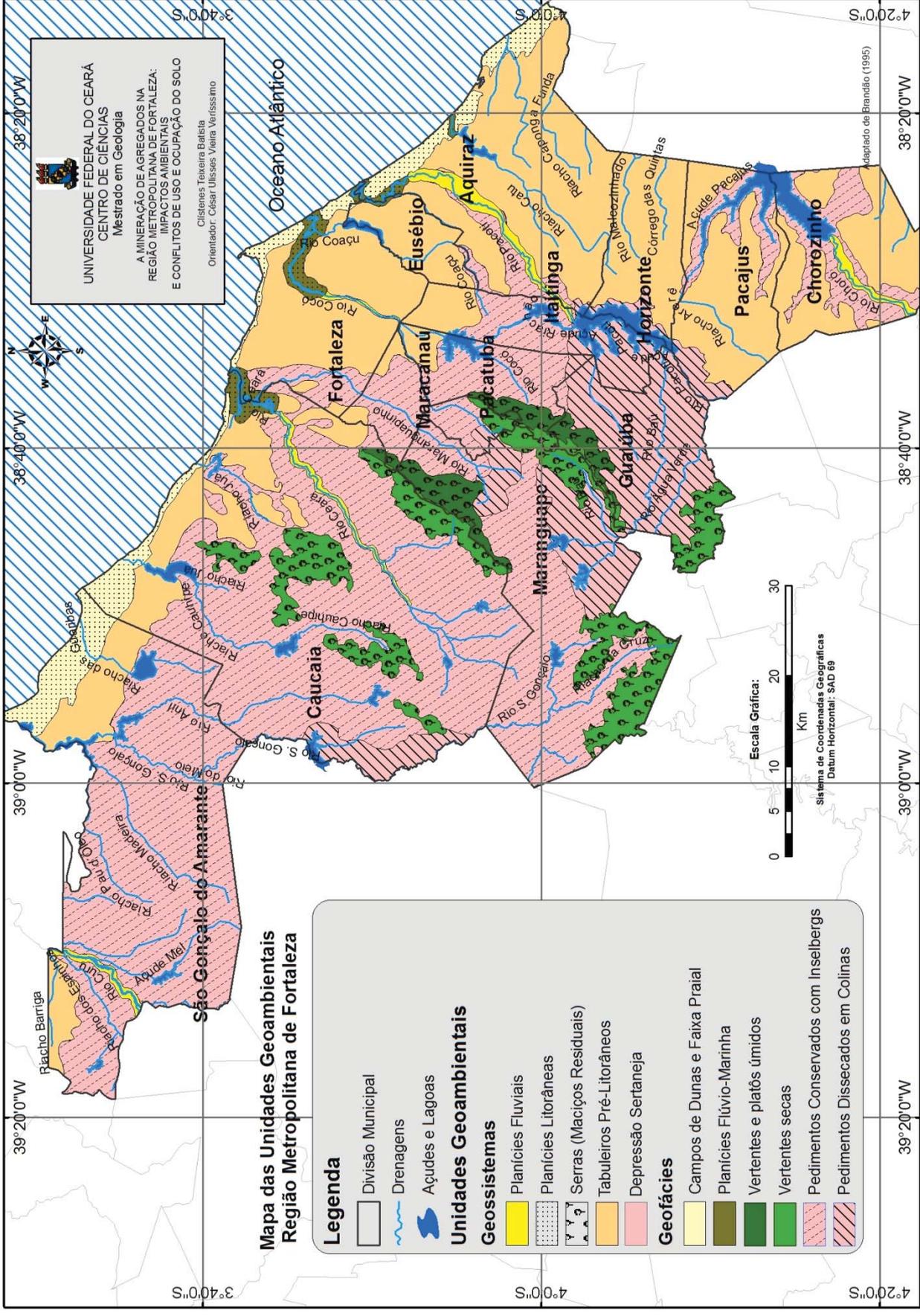


Figura 5.2 – Mapa das Unidades Geoambientais da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

5.1.1 – Vulnerabilidade Ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza

No zoneamento geoambiental da RMF o enquadramento dos geossistemas e geofácies em categorias ecodinâmicas permitiu a definição da vulnerabilidade de cada unidade geoambiental e de suas respectivas potencialidades e limitações.

Para Lehugeur e Marino (2007), as potencialidades dizem respeito às “riquezas presentes no espaço geográfico, ou seja, recursos hídricos, potencialidades edáficas, características geomorfológicas e fitogeográficas, condições climáticas e patrimônio paisagístico” enquanto as limitações estão relacionadas “às restrições e fragilidades das unidades e subunidades quanto à capacidade de suporte (uso e ocupação) do solo, características pluviométricas, balanço hídrico, susceptibilidade à erosão e estado de conservação.”

As condições ecodinâmicas dos ambientes foram definidas segundo Tricart (1977), em função de suas características dominantes, capacidade de suporte, condições ecodinâmicas e vulnerabilidade ambiental em ambientes estáveis, de transição, instáveis e fortemente instáveis, onde o balanço entre morfogênese e pedogênese é o critério fundamental para sua classificação. Assim, é possível também determinar os níveis de vulnerabilidade ambiental, que é dividido em nula ou muito baixa, moderada a forte, forte e muito forte, como mostra o quadro abaixo.

Quadro 5.2 – Classificação Ecodinâmica dos Ambientes

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 a morfogênese, 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 á estabilidade, predominância da morfogênese indica tendência á instabilidade.	Moderada a Forte

Ambientes Instáveis	Morfogênese intensificada, relevos 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 da cobertura vegetal, incidência acentuada dos processos erosivos.	Muito Forte

Adaptado de Tricart, (1977) *apud* Brandão (1995a)

A classificação das categorias de vulnerabilidade ambiental das unidades geoambientais da RMF, feita por Souza *et al* (1994) *apud* Brandão (1995a), proporcionou um mapeamento das áreas ambientalmente mais frágeis na RMF e daquelas mais tolerantes á atividade antrópica.

No mapa de vulnerabilidade ambiental da RMF baseado na classificação de Brandão (*op. cit.*), (Figura 5.3) pode-se observar que a Planície Litorânea, por se tratar de um ambiente extremamente delicado, é o geossistema de maior vulnerabilidade, particularmente nos Campos de Dunas e Faixa Praial, geofácie classificada como de vulnerabilidade Forte a Muito Forte, enquanto as Planícies Flúvio-Marinhas são tidas como áreas de Forte vulnerabilidade.

Os Maciços Residuais, áreas de declividades consideráveis, apresentam-se em suas duas geofácies (Vertentes e Platôs Úmidos e Vertentes Secas), como áreas de vulnerabilidade Moderada a Forte.

As duas geofácies da Depressão Sertaneja, os Pedimentos Colinosos e os Pedimentos Conservados em *Inselbergs*, devido às condições climáticas, pedológicas e fitológicas mais agressivas, proporcionam Moderada Vulnerabilidade em Ambientes de Transição, enquanto os Tabuleiros Pré-Litorâneos e as Planícies Fluviais apresentam índices mais baixos de vulnerabilidade.

Já o resultado da aplicação do modelo de Crepani (2001) na RMF pode ser observado no mapa da figura 5.4, onde se constata nítidas diferenças com o mapa de vulnerabilidade obtido a partir da classificação ecodinâmica de Brandão (*op.cit.*).

Pode-se observar na figura 5.4 que em comparação com o mapa de vulnerabilidade baseado em Brandão (1995a), as áreas correspondentes às planícies fluviais apresentam de Alta a Muito Alta vulnerabilidade, enquanto que no trabalho de Brandão (*op. cit.*), essas áreas apresentam, segundo esse autor, baixa vulnerabilidade.

Outra diferença entre os dois mapas de vulnerabilidade, diz respeito aos Tabuleiros Pré-Litorâneos, onde no modelo baseado em Crepani (2001), esse terrenos apresentam alta vulnerabilidade, ao contrário do mapa da figura 5.3.

Os dois mapas, no entanto, apresentam correlações de vulnerabilidade em relação às planícies litorâneas, com alta vulnerabilidade; às serras de vertentes úmidas e vertentes secas, também com alta vulnerabilidade e; à depressão sertaneja, com vulnerabilidade média.

Acreditamos que o mapa elaborado a partir do método adaptado das UTB's de Crepani (*op. cit.*) apresenta-se mais fiel à realidade ambiental da RMF, uma vez que para sua confecção foi adotado "pesos" ou importâncias às variáveis que consideramos adequadas e acertadas e por ainda considerar no cálculo aritmético do modelo, a importância de temas como clima, cobertura vegetal e solos, subestimadas na proposta de Brandão (*op. cit.*), que destacou basicamente a geologia e a geomorfologia.

O resultado indica boa correspondência ao observado em campo e entre a literatura pesquisada sobre a temática ambiental na RMF.

Destacamos o fato das Planícies Fluviais e dos Tabuleiros Pré-Litorâneos se enquadrarem acertadamente, a nosso ver, na categoria de alta a muito alta vulnerabilidade ambiental, discordando, portanto, da proposta de Brandão (*op. cit.*), que as classificou de áreas de baixa vulnerabilidade. Essas unidades possuem litologias friáveis, são relativamente ocupadas pela ação antrópica, e possuem solos rasos, o que justifica a classificação como e alta e muito alta vulnerabilidade.

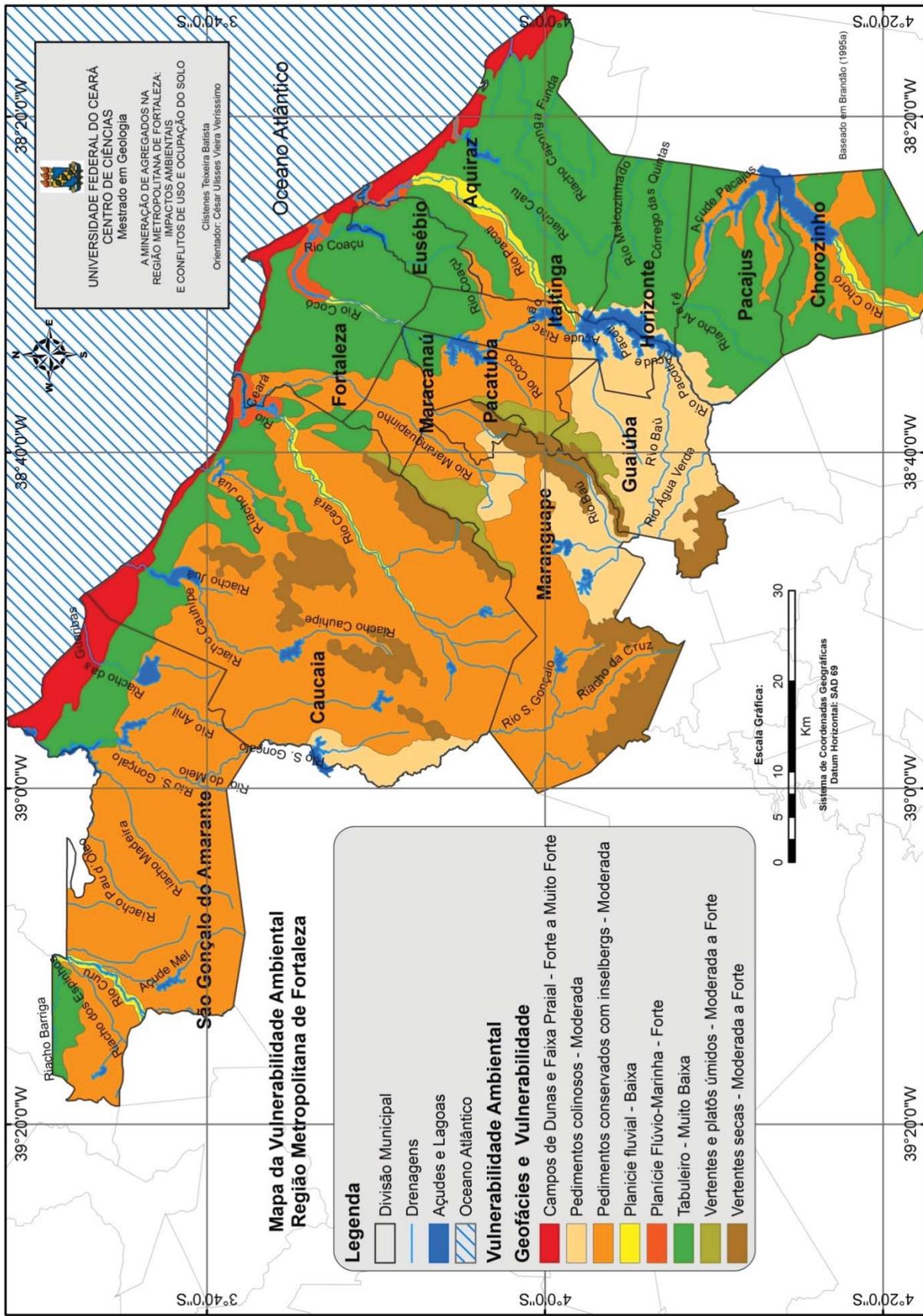


Figura 5.3 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da RMF (Baseado em Brandão, 1995a)

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Solo e Ocupação do Solo – 2010.

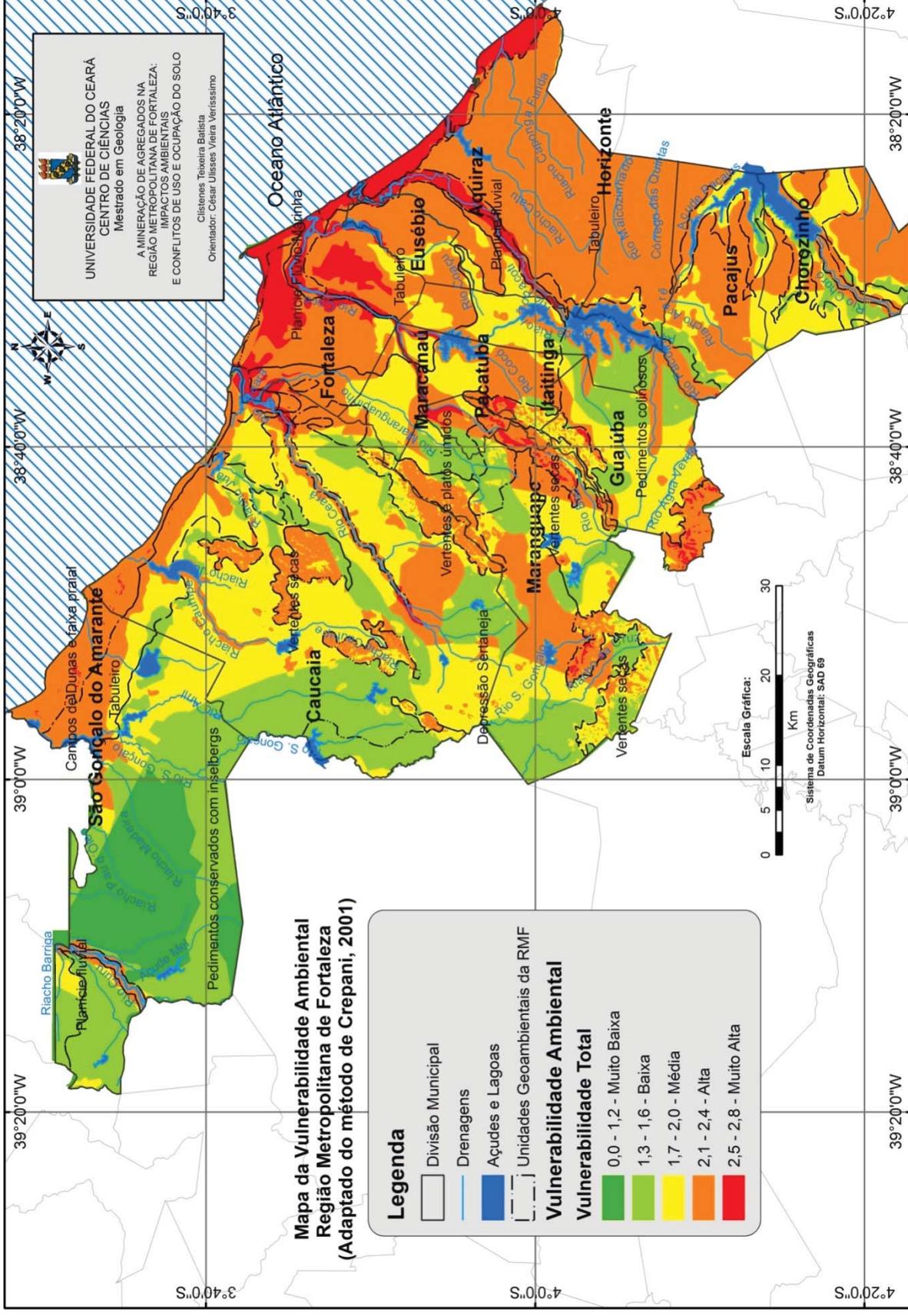


Figura 5.4 – Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da RMF (Baseado no modelo de Crepani, 2001)

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

5.1.2 – Potencialidades e Limitações das Unidades Geoambientais da Região Metropolitana de Fortaleza

As Unidades Geoambientais da RMF, de acordo com suas características naturais, apresentam potencialidades e limitações ambientais próprias. O conhecimento desses itens é fundamental para se traçar um zoneamento de uso e ocupação do solo adequado, que respeite as limitações ambientais ao mesmo tempo em que procure tirar proveito das potencialidades naturais.

O quadro abaixo descreve as características naturais dominantes, as potencialidades e limitações ambientais das Unidades Geoambientais da RMF, segundo Brandão (1995a). Na última coluna à direita (Variáveis Ambientais de Vulnerabilidade), são enumeradas as variáveis ambientais consideradas, com base no modelo de Crepani (2001), que serviram para aferir os “pesos” das variáveis em cada tema do mapa de Vulnerabilidade Ambiental confeccionado segundo esse modelo (Figura 5.4).

Quadro 5.3 – Unidades Geoambientais da RMF – Características, Potencialidades e Limitações e Variáveis Ambientais de Vulnerabilidade

Geossistema	Geofácia	Características Naturais Dominantes	Potencialidades e Limitações do Ambiente	Variáveis Ambientais de Vulnerabilidade
Planície Litorânea	Campo de Dunas	Faixa costeira com dunas móveis, fixas e paleodunas, com dinâmica eólica muito ativa, faixas praias com larguras irregulares. Nas dunas fixas e paleodunas, a pedogênese favorece a fixação da cobertura vegetal impedindo a mobilização eólica, vegetação do com plexo litorâneo com predomínio de estrato arbustivo nas dunas fixas.	Patrimônio paisagístico com 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 da instabilidade; sistema viário deve ser cuidadosamente projetado, considerando-se a vulnerabilidade do ambiente; loteamentos devem ser implantados mediante a realização de estudos de impacto ambientais; meio limitativo para a prática de atividades agropecuárias; dunas se enquadram como unidades de preservação permanente.	Geologia: minerais pouco coesos representados por areias bem selecionadas. Geomorfologia: declividades médias (em torno de 30%) Pedologia: solos pouco desenvolvidos (Neossolos). Vegetação: cobertura vegetal ausente ou esparsa, no caso das dunas fixas, do tipo herbáceo. Clima: precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.
	Planície Flúvio-Marinha	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 serve de criadouro de várias 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.	Geologia: minerais pouco coesos representados por areias, siltes, argilas e cascalhos mal selecionados. Geomorfologia: declividades baixas (menores que 10%) Pedologia: solos medianamente desenvolvidos (Gleissolos). Vegetação: cobertura vegetal de porte arbórea, relativamente fechada. Clima: precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.
Tabuleiros Pré-Litorâneos	—	Superfície plana com 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 com pequenas amplitudes altimétricas entre os fundos de vales e os topos dos interflúvios; razoável	As condições de clima e 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 favorável à erosão dos solos; sem limitações significativas à ocupação e expansão urbana;	Geologia: arenitos argilosos mal selecionados pouco consolidados. Geomorfologia: declividades baixas (menores que 10%) e relevo pouco dissecado. Pedologia: presença de solos medianamente desenvolvidos (Argissolos) e solos poucos desenvolvidos (Neossolos).

		concentração de lagoas; areias quartzosas e argissolos recobertos por vegetação de tabuleiros fortemente descaracterizada pelo uso agrícola, pecuária e a maior parte dos sítios urbanos de Fortaleza, Caucaia, Maracanaú, Eusébio e Aquiraz.	potencialmente favorável à implantação de rede viária.	Vegetação: cobertura vegetal de porte arbórea, grandes áreas desmatadas para ocupação antrópica. Clima: precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.
	Pedimentos Conservados com <i>Inselbergs</i>	Superfície plana, rampeada na direção dos fundos dos vales e do litoral com altimetria entre 60 e 120 m em rochas do embasamento cristalino; drenagem densa com padrão dentrítrico e cursos d'água com regime intermitente; 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.	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de paragneisses. (boa coesão) Geomorfologia: declividades baixas (menores que 15%) Pedologia: associação de solos de modo geral, rasos e pouco desenvolvidos (Luvissoles, Planossos, Vertissolos e Plintossolos). Vegetação: ocorrência predominante de caatinga arbustiva aberta, já bastante degradada pela ação antrópica. Clima: precipitações abaixo de 1350 mm anuais.
Depressão Sertaneja		Superfície moderadamente dissecada em feições de topos convexos com altimetrias superiores a 100 m em rochas cristalinas; drenagem densa com padrão dentrítrico e cursos d'água com regime intermitente sazonal; solos rasos a moderadamente profundos revestidos por caatingas arbóreo-arbustivas fortemente degradadas.	Idem	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de granitóides (boa coesão) Geomorfologia: declividades baixas (menores que 15%) Pedologia: solos de pouco a medianamente desenvolvidos (Luvissoles, e Argissolos). Vegetação: ocorrência predominante de caatinga arbustiva aberta, já bastante degradada pela ação antrópica. Clima: precipitações entre 1550 e 1350 mm anuais.
Maçiços Residuais	Vertentes e Platôs Úmidos	Áreas serranas dispersas pela Depressão Sertaneja, posicionadas próximo ao litoral com altitudes entre 600 e 900 m; 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	Bom potencial edafo-climático 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	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de granitóides (boa coesão) Geomorfologia: altas declividades (acima de 30%) e relevo bastante dissecado. Pedologia: predominância de solos medianamente desenvolvidos (Argissolos).

		fluvial é densa e os vales são profundos; nos relevos colinosos os argissolos têm fertilidade natural média; nas vertentes de cristas ocorrem solos rasos (litólicos) e afloramentos rochosos; nos fundos dos vales, as planícies alveolares têm solos aluviais e coberturas coluviais; o revestimento vegetal tem remanescentes de matas plúvio-nebulares ao lado de lavouras variadas.	expansão urbana e implementação de infraestrutura viária.	Vegetação: cobertura vegetal de porte arbóreo, (Mata seca e Mata úmida) com características decíduais (Mata úmida). Clima: precipitações entre 1550 e 1350 mm anuais.
	Vertentes Secas	Áreas de sotavento dos maciços serranos com 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 natureza climática e topográfica; ambientes muito vulneráveis aos efeitos da erosão acelerada.	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de granitóides (boa coesão) Geomorfologia: altas declividades (acima de 30%) e relevo bastante dissecado. Pedologia: predominância de solos medianamente desenvolvidos (Argissolos) com ocorrências de afloramentos rochosos. Vegetação: cobertura vegetal de porte arbóreo, com predominância da mata seca. Clima: precipitações entre 1550 e 1350 mm anuais.
Planícies Fluviais	—	Faixas de acumulação aluvial das planícies formadas pelos rios Pacoti, São Gonçalo, Cocó, Cauipe 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.	Bom potencial edafo-climático favorável à agricultura; 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.	Geologia: areias, argilas e conglomerados inconsolidados. Geomorfologia: declividades muito baixas (menores que 5%) Pedologia: solos pouco desenvolvidos (Neossolos Flúvicos). Vegetação: mata ciliar de porte arbóreo com representantes arbustivos. Clima: predominantemente precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.

Modificado de Brandão (1995a)

5.1.3 – Usos Compatíveis do Solo da Região Metropolitana de Fortaleza

O diagnóstico geoambiental da RMF feito por Brandão (1995a) tendo como base o trabalho de Souza (1988) possibilitou também a definição dos usos compatíveis do solo para cada unidade geoambiental da região, considerando suas características físicas e suas vulnerabilidades e potencialidades.

A descrição dos usos compatíveis do solo para a RMF serve inclusive, como referência para a elaboração de uma proposta de zoneamento ambiental-minerário, planos diretores municipais ou regionais, e outros instrumentos de disciplinamento do solo, a ser conduzido pelo poder público, pois fornece as indicações básicas de quais formas de ocupação e/ou atividades econômicas são mais adequadas de se estabelecer nas diferentes unidades geoambientais da região.

A seguir são apresentados os usos compatíveis do solo de cada geossistema ou geofácia da RMF:

- Planície Litorânea / Campos de Dunas: Atividades urbano-turística controladas; com restrições para mineração, agricultura, loteamentos e estradas; uso restrito e controlado das faixas praias e dos corpos d'água; necessidades de monitoramento da qualidade ambiental.
- Planície Litorânea / Planícies Flúvio-Marinhas: Reservas biológicas; áreas de uso e acesso restrito por imposições legais; ecossistemas sujeitos à preservação compulsória e permanente de sua biodiversidade.
- Tabuleiros Pré-Litorâneos: Áreas de uso e acesso livres; próprias à expansão urbana, atividades agro-pecuárias, extrativas e à expansão/implantação de malha viária.
- Depressão Sertaneja: Propícia à atividade agro-pastoril, agro-extrativa vegetal e à mineração, em especial àquela destinada para obtenção de materiais de uso direto na construção civil.
- Maciços Residuais / Vertentes e Platôs Úmidos: Áreas favoráveis e parcialmente favoráveis às lavouras de ciclo longo, como cafeicultura, fruticultura, silvicultura e ao uso urbano-turístico.

- Maciços Residuais / Vertentes Secas: Áreas favoráveis e parcialmente favoráveis às lavouras de ciclo longo, como cafeicultura, fruticultura e silvicultura.
- Planícies Fluviais: Áreas favoráveis às atividades agrícolas e à implantação de cerâmicas e olarias.

5.1.4 – Mineração de Agregados no Quadro Geoambiental da Região Metropolitana de Fortaleza

A avaliação da situação da mineração de agregados na RMF em relação aos aspectos geoambientais da região pode ser descrita através da sobreposição da localização dos processos minerários de agregados junto ao DNPM com as classes de vulnerabilidade ambiental da RMF.

A Figura 5.5 mostra a posição desses processos em relação ao mapa de vulnerabilidade ambiental da região. Podemos observar que boa parte dos processos de agregados na RMF ocorre principalmente em áreas de vulnerabilidade de média a alta.

Os processos minerais para obtenção de brita (basicamente granito e gnaiss) estão localizados em áreas de moderada a forte vulnerabilidade, correspondentes aos Maciços Residuais e Depressão Sertaneja. Os processos de saibro localizam-se em áreas média a alta vulnerabilidade que correspondem aos Tabuleiros Pré-Litorâneos e os processos de areia, em sua maioria, situam-se nas Planícies Fluviais, terrenos de alta ou muito alta vulnerabilidade.

As áreas de lavra que requerem mais cuidados são as de areia localizada na Planície Litorânea e as pedreiras de brita nos Maciços Residuais da região. No primeiro caso, a forte vulnerabilidade ambiental e a legislação, que classifica as dunas fixas e móveis em Áreas de Preservação Permanente (APP) implicam em sérias restrições à mineração nessas áreas.

E quanto à mineração nos Maciços Residuais da região, a principal limitação é quanto à declividade, que se não for realizada de acordo com os parâmetros de controle ambiental, pode acarretar em riscos de desmoronamentos, erosão

acelerada e outros impactos, além de que, áreas com declividade superiores a 45° ou 100%, se configuram também como APP.

De modo geral, pode-se considerar que a mineração de agregados na RMF, desde que realizada seguindo os padrões de controle ambiental determinados pela legislação e as orientações técnicas adequadas, não se configura em riscos ambientais severos para a região nem compromete sua sustentabilidade ambiental.

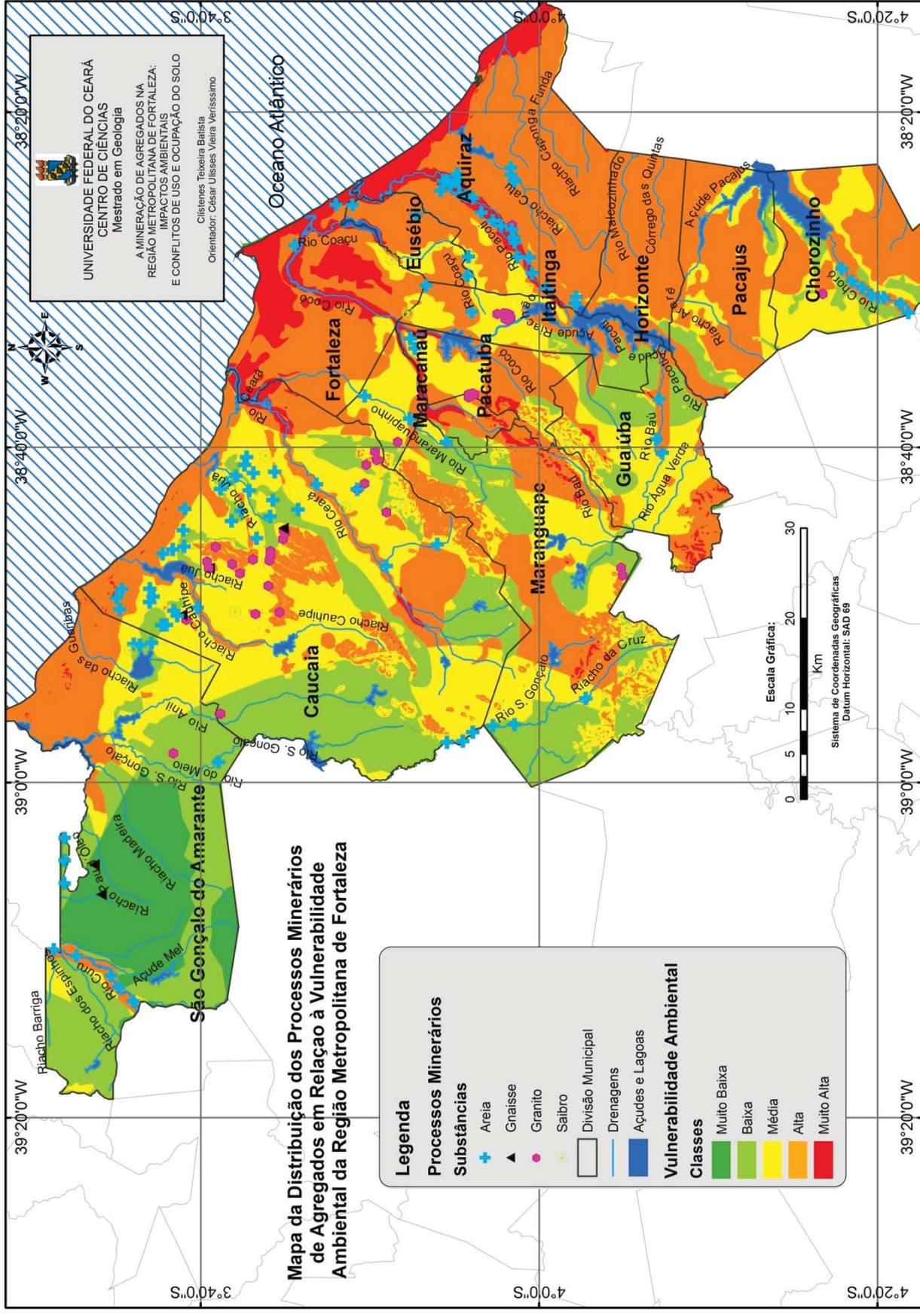


Figura 5.5 – Mapa dos Processos Minerários de Agregados em Relação à Vulnerabilidade Ambiental da RMF

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

5.2 – Impactos Ambientais da Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza

Os impactos da mineração em área urbana sobre o meio antrópico revestem-se de especial importância devido ao alto grau de ocupação urbana, que são agravados, face à proximidade entre as áreas mineradas e as áreas habitadas. É o caso dos impactos visuais, resultantes dos altos volumes de rocha e solos movimentados e às dimensões da cava ou da frente de lavra. O desconforto ambiental pode ser sentido mesmo quando as emissões estiverem abaixo dos padrões ambientais estabelecidos. Os impactos causados sobre a saúde, por outro lado, dificilmente ocorrem quando estes limites são respeitados. (Dias, 2001).

A partir da década de 90, a mineração de agregados, principalmente a de brita, nas regiões metropolitanas, tem feito esforços para acompanhar as demandas atuais da legislação ambiental, incorporando ao processo produtivo o gerenciamento ambiental no planejamento do empreendimento, com a correta aplicação das técnicas de lavra e a adequação a determinados parâmetros. (Sintoni, 1994).

Diversos efeitos e impactos negativos são causados ao meio ambiente, gerados pela atividade de mineração, em suas diversas e variadas fases, desde o desenvolvimento até o abandono da área, após encerramento das atividades de lavra.

A mineração constitui, ainda, uma atividade que expõe a riscos mais elevados, do que qualquer outro tipo de ocupação, a vida e a saúde do homem, devido, entre outros fatores, à sua associação com explosões, escavações, utilização de equipamento pesado, além dos problemas adicionais de ventilação, liberação de poeira e gases, ameaça de colapsos, e do possível ingresso de água proveniente do lençol freático, nas minas subterrâneas.

Constata-se, a bem da verdade, que os impactos ambientais produzidos são diversificados, com efeitos e duração também diversos. Por isso, os locais de mineração ativa são freqüentemente caracterizados pela poluição do solo, da água, do ar, visual e sonora, posteriormente destacados. Além disto, se nota que os impactos da atividade mineral habitualmente se estendem para muito além do sítio de operações. Essa constatação também é enfatizada pela Resolução CONAMA n.

1/86, que considera a mineração uma atividade potencialmente poluidora. Com efeito, segundo Barreto (2001), e de acordo com estudo da Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, realizado em 1987, elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo (IPT), os principais impactos ambientais da atividade de mineração, entre outros, são os seguintes:

- 1º- Alteração do lençol de água subterrâneo;
- 2º- Poluição sonora, visual, da água, ar e solo;
- 3º- Impactos sobre a fauna e a flora;
- 4º- Assoreamento, erosão, mobilização de terra;
- 5º- Instabilidade de taludes, encostas e terrenos em geral;
- 6º- Lançamento de fragmentos e vibrações.

5.2.1 – Tipos de Impacto Ambiental

Principais impactos relacionados à produção de agregados.

No Meio Físico:

- Em solos e rochas – erosão, movimentos de massas e blocos, empobrecimento e alterações físicas e químicas do solo.
- No relevo – alteração topográfica
- Nas águas – alterações na composição física e química, alterações volumétricas dos corpos d'água, rebaixamento do lençol freático e, assoreamento.
- No ar – alterações das características físicas e químicas do ar e poluição sonora.
- Destaca-se também a poluição visual.

No meio Biótico:

- Na flora – redução das espécies arbóreas, empobrecimento da vegetação e regressão do processo vegetativo.
- Na fauna – fuga de animais, diminuição da procriação, desequilíbrio entre as espécies e redução dos habitat.

No Meio Antrópico:

- Positivos – aumento da renda municipal, redução do desemprego e aumento do desenvolvimento regional.
- Negativos – aparecimento de zonas com população menos favorecida próximos à mineração e desconforto das circunvizinhanças ao empreendimento.

O principal impacto nos solos corresponde à interrupção de uso da terra, em face de uma aceleração dos processos erosivos, que, por sua vez causam perda do potencial agrícola da área, expulsão da fauna e destruição da flora local.

A poluição hídrica relaciona-se, notadamente, com a permanência de pilhas completamente expostas, de rejeitos depois da lavra, sujeitos à ação da erosão, o que produz alterações físicas nos cursos fluviais, provocando sua poluição geoquímica.

A mineração pode, desta forma, propiciar a veiculação de elementos metálicos nocivos ao meio aquático, provocando a alteração substancial de sua qualidade química. Entre os elementos mais perigosos, lançados nas águas por atividades industriais ou de mineração, encontram-se os metais pesados, como o cádmio, o mercúrio, o chumbo e o arsênio. Assim, a poluição hídrica pode acarretar e gerar sérios riscos à saúde pública, devido à formação de poluentes (substâncias ácidas ou tóxicas) durante e após a desativação das minas.

A poluição atmosférica, relacionada à atividade mineral ocorre com a formação de poeira contendo partículas sólidas em suspensão.

Esta pode causar danos à vegetação e à saúde humana, nas áreas adjacentes às lavras, como é o caso do aparecimento das denominadas chuvas ácidas, causadoras de paisagens estéreis e profundamente erodidas. Por outro lado, além disto, nota-se, também, que, ao longo dos anos, nas regiões onde se localizam instalações de tratamento e processamento de minérios, fundições e outras instalações proximamente relacionadas à mineração, sobretudo de rochas ornamentais e minerais industriais, a presença de outra fonte de degradação ambiental, especialmente em relação à poluição do ar e da água.

A poluição visual gerada pela mineração evidencia-se pela destruição da paisagem e por alterações topográficas, como a criação artificial de superfícies

planas ou escalonadas em substituição ao relevo ondulado original; eliminação de picos ou serras; criação de grandes cavidades; modificação na hidrologia dos riachos, desviados das frentes de mineração; além da ocorrência de fenômenos de solifluxão e de ravinamento. Esta destruição da paisagem, em diferentes níveis, efetiva-se pelas escavações, desmonte e transporte de grandes massas, intensa atividade de dragagem fluvial, etc. Os resíduos das operações de mineração e dragagem podem alterar significativamente o ambiente, em superfície. As extensas pilhas de rejeitos de dragagem podem representar fonte contínua de carga excessiva de sedimentos para os rios, a não ser que procedimentos adequados de reabilitação sejam ativados. Os ecossistemas, nos sítios de dragagem, são totalmente obliterados e os sedimentos retirados do local, pela água, podem assorear canais e ecossistemas marinhos muitos quilômetros adiante. Os sedimentos excedentes, em suspensão, podem prejudicar o abastecimento de água potável, alterar a temperatura e a transparência da água, reduzir a vida dos lagos e reservatórios e diminuir a capacidade de vazão da água dos canais, aumentando, conseqüentemente, o potencial de inundações.

A poluição sonora relacionada à mineração é causada pelos ruídos produzidos por detonações e desmontes de minérios. O sistema de extração e beneficiamento, sobretudo de rochas ornamentais (granitos) e minerais industriais, traz sérios problemas à saúde humana, especialmente para o sistema auditivo dos trabalhadores nas minas, face aos excessivos ruídos produzidos, pelas explosões. Além disto, nas regiões onde há proximidade da população local e circunvizinha, com as pedreiras em jazimento, outros graves problemas de saúde podem ser observados, no que diz respeito as funções cardiovasculares, endócrinas, neurológicas e psicológicas, por ocasião das detonações e britagem, acarretando adicionalmente, demasiada poluição, vibração e ruído.

De imediato, para a mineração de agregados em regiões metropolitanas como a RMF, podemos enumerar como impactos positivos, a geração de empregos, a geração de tributos e o aumento da viabilidade econômica dessa atividade, uma vez que as curtas distancias entre as zonas produtoras de agregados e os centros consumidores desse material propicia o barateamento do seu preço final, beneficiando o mercado de construção civil e os consumidores.

No entanto, os impactos adversos produzidos por essa atividade na RMF são evidentes. São impactos pontuais, mas de difícil recuperação ambiental, principalmente do ponto de vista paisagístico.

De acordo com Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza, publicado pelo DNPM em 1998, os impactos ambientais adversos provocados pela mineração na RMF, no caso da areia branca, em dunas recentes são:

- A remoção da cobertura vegetal das dunas semi-fixas;
- Alteração da topografia;
- Desequilíbrio do processo de transportes e deposição de sedimentos para a linha de costa;
- Assoreamentos de ecossistemas aquáticos, como as lagoas interdunares;
- Contaminação e poluição dos aquíferos;
- Poluição visual;
- Alteração da fauna e da flora.

Com o desequilíbrio da dinâmica litorânea provocada pela exploração inadequada das dunas verifica-se a mobilização de sedimentos sobre áreas urbanizadas e ainda a perda de parte das belezas cênicas dessas áreas e de seu potencial turístico. Geralmente, após a extração da areia, a área é ocupada por loteamentos imobiliários, que resulta em impermeabilização do solo e o comprometimento do potencial aquífero com a construção de fossas e esgotos ou são abandonadas, tornando-se algumas vezes, local de deposição de entulhos, o que acaba comprometendo a qualidade dos mananciais hídricos (DNPM, 1998).

No caso de mineração em dunas fixas e semi-fixas, a supressão da vegetação promove a aceleração dos processos erosivos, transformando essas dunas fixas em móveis.

Ressalta-se também que de acordo com a resolução CONAMA 302/02, as dunas são APP's, assim a atividade mineral nas dunas da RMF se consistem em atividades ilegais, sendo no contexto atual, áreas de pouca atividade mineral. E

ainda, foram criadas em 2006, como mencionado anteriormente, a APA das Dunas de Sabiaguaba e o Parque Natural das Dunas de Sabiaguaba, em Fortaleza, o que restringe ainda mais a extração mineral nas dunas.

A exploração da areia vermelha, que ocorre nos Tabuleiros Pré-Litorâneos, tem impactos semelhantes aos da exploração de areia branca, muitas vezes sua extração é feita simultaneamente ou logo após a extração da areia branca. O agravante fica por conta da escavação das cavas, que, às vezes, atinge o nível freático, devido ao exagero do seu aprofundamento por parte dos mineradores. (Brandão, 1995a.)

A movimentação de equipamentos no desmonte e transporte das lavras de areia vermelha produz maior quantidade de poeira que na extração de areia branca, uma vez que na areia vermelha é encontrada maior presença de materiais mais finos (siltes e argilas). A poluição sonora gerada por esses equipamentos também ocorre, afetando as comunidades vizinhas e a fauna (DNPM, 1998).

A extração de areia grossa ocorre nos leitos ativos das planícies fluviais ou nas planícies de inundação. A extração dos depósitos de areia dos rios, provoca como impactos mais freqüentes, o desmatamento da mata ciliar, a erosão acelerada, o assoreamento, a alteração da dinâmica fluvial devido à superfície irregular e desestruturada no leito provocada pela abertura inconseqüente de cavas.

É comum a abertura de acessos paralelos e rentes às margens, levando ao desmatamento da mata ciliar e á desestabilização das margens, o que representa em alguns casos, um impacto mais significativo que a extração propriamente dita. (DNPM, 1998).

Quando executada de forma planejada, a extração de areia em leito ativo contribui para o desassoreamento de rios, mas as interferências na topografia e morfologia dos canais devido às extrações inadequadas nos períodos de estiagem provocam erosão das margens assoreamento dos canais nos períodos chuvosos. (DNPM, *op. cit.*).

A retirada de material do leito dos rios ocasiona também a redução no volume de sedimentos que normalmente seria transportado em direção à foz e redistribuído pela deriva litorânea. Essa redução de sedimentos que chega á foz

contribui no processo de erosão costeira, como acontece atualmente em trechos das praias de Iparana, Pacheco e Icarai (Brandão, 1995).

Outros impactos adversos na extração de areia dos rios que podem ser mencionados são: poluição visual, emissão de gases e poeiras, afugentamento da fauna, lançamentos de lixo e entulho e poluição hídrica, pelo derramamento de óleos e graxas.

No caso de extração ilegal, os impactos tendem a ser mais notórios, uma vez que muitas vezes nenhuma medida de controle ambiental é tomada. Em Aquiraz, na lagoa do Recanto, foi constatada uma extração irregular de areia. A retirada indiscriminada compromete o corpo hídrico, que já se encontra assoreado. (Foto 5.1)



Foto 5.1 – Resultados de lavra clandestina de areia na lagoa do Recanto, em Aquiraz. (Foto do Autor)

No leito do rio Curú, em São Gonçalo do Amarante, se encontra as extrações mais expressivas de areia na RMF, em termos de volume. A boa vazão do rio assegura a grande oferta de areia para os mineradores. A areia é extraída no leito do rio, o que implica como já mencionado anteriormente, em impactos

ambientais menos severos do que caso fosse extraído das margens. Mesmo assim, o constante tráfego pesado de caminhões e tratores promove a alteração na topografia do leito, que tem seu efeito minimizado pelas cheias no período de chuvas.



Foto 5.2 – Extração de areia no leito do rio Curú, em São Gonçalo do Amarante. (Foto do Autor)

A produção de brita gera impactos nas etapas de produção e beneficiamento, principalmente quando as pedreiras estão localizadas próximos a centros urbanos, como no caso do serrote Cararu e a das pedreiras de Itaitinga.

A liberação de grande quantidade de poeira na fase de britagem e a emissão de ruídos e vibrações tanto na perfuração e desmonte da rocha quanto no de britagem nas instalações de britagem, é bastante considerável. Como observamos em Itaitinga. (Foto 5.3)

A necessidade do uso de explosivos no desmonte das rochas ainda gera riscos à segurança de trabalhadores nas frentes de lavra, principalmente quando esse uso é inadequado ou irregular.

São focos de poluição hídrica e do solo por óleos e graxas quando não existem sistemas eficientes de controle, como caixas separadoras, as oficinas, os locais de abastecimento de combustíveis e os lavadores de veículos e máquinas usados nas pedreiras (DNPM, 1998).



Foto 5.3 – Emissão de poeira resultante da britagem na pedreira Natasha, em Itaitinga (Foto do Autor)

O abandono de equipamentos (sucatas) em locais inadequados (Foto 5.4) e o aparecimento de áreas de risco decorrentes da instabilização das encostas, (que podem gerar quedas de blocos e deslocamento de solos) quando se empregam métodos inadequados de lavra e plano de fogo também são outros problemas encontrados em pedreiras da RMF.

Ainda quanto ao uso inadequado de explosivos, o ultralancamento de fragmentos rochosos pondo em risco os trabalhadores das minas e comunidades vizinhas constituem outro sério risco quando o plano de fogo não é realizado segundo os procedimentos técnicos.

Outros impactos relacionados à produção de brita são: a poluição sonora, produzida pelas máquinas usadas no processo de perfuração e desmonte das rochas, a erosão do solo, em setores de declividade mais acentuada, e o assoreamento dos rios, quando o estéril e o pó de pedra, resultante da britagem é depositado de forma inadequada (Brandão, 1995).

O pó de pedra ainda implica em risco à saúde dos trabalhadores das minas e da população circunvizinha, ocasionando a silicose (doença pulmonar) naqueles que se expõem a esse resíduo da britagem.



Foto 5.4 – Equipamentos abandonadas em oficina da pedreira PYLA, em Caucaia. (Foto do Autor)

E como exemplo dos principais impactos gerados pela extração do saibro podemos citar o desmatamento da cobertura vegetal, a desnudação do solo que acentua o processo de erosão e assoreamento dos recursos hídricos, a geração de poeiras e a poluição visual.

5.2.2 – Controle e Reabilitação Ambiental

O controle ambiental é o resultado de metodologias implantadas no sentido de atenuar, controlar, mitigar e compensar impactos ambientais negativos. Envolve a implantação das medidas mitigadoras, as medidas de recuperação ambiental, entre elas o Plano de Fechamento de Mina, e o monitoramento ambiental.

Segundo Tannús (2007), o controle ambiental se dá por meio da implementação de programas e ações que reduzem os impactos negativos sobre os

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

meios físico (água, solo e ar), biológicos (fauna e flora) e socioeconômicos, melhorando a qualidade de vida.

As medidas mitigadoras são ações que visam a atenuação ou minimização dos impactos ambientais negativos, tais como: concentração das indústrias de tratamento próximos às lavras; conhecimento geológico da área para definição exata da vegetação a ser suprimida, evitando desmate desnecessário e; aquisição de novos equipamentos e bem regulados, a fim de minimizar as emissões de poluentes, entre outros.

A recuperação ambiental envolve o Plano de Fechamento da Mina, a obrigatoriedade do empreendedor em acatar a definição preestabelecida para o uso posterior da área degradada, a necessidade de devolver ao sítio minerado as condições mínimas de equilíbrio de acordo com os valores ecológicos, paisagísticos e que atendam às expectativas da população do entorno do empreendimento.

O fechamento de uma mina pode resultar em impactos socioeconômicos significativos, tais como: redução da receita municipal, aumento do desemprego, diminuição da renda da população, mobilidade de trabalhadores. O empreendedor, para minimizar tais impactos, pode promover parcerias entre mineradores, comunidades e governos para propor estratégias para o desenvolvimento local após o fechamento da mina. Cabe ao empreendedor apresentar estudos ambientais propondo projetos de utilização racional, recuperação e uso futuro da mina após sua exaustão (Tannús, *op cit.*).

Entre as medidas de recuperação ambiental ainda podemos citar a implantação de viveiros de mudas (de preferência, nativas), a serem usadas na revegetação da área e; utilização, na recuperação ambiental, do solo orgânico estocado (fora das APP).

O uso futuro das áreas mineradas reabilitadas pode se dá na forma de vilas habitacionais, parques, pastagens, áreas industriais, etc.

Entra ainda no esboço da recuperação ambiental, a implantação das medidas compensatórias que são geralmente condicionadas às licenças ambientais. Entre elas, destacam-se: repovoamento e enriquecimento florístico das matas próximas, levantamento da diversidade e ocorrência de fauna, cultivo de espécies dominantes, endêmicas, raras ou em extinção, PRAD, reintrodução de espécies

raras, formação de corredores entre os fragmentos de matas e programas de educação ambiental entre funcionários e comunidade.

O monitoramento ambiental é a verificação do sucesso das medidas de controle ambiental, incluindo sua quantificação. Necessária nas fases de implantação, operação e desativação da mina e tem como objetivos verificar em relação aos impactos ambientais, sua magnitude e avaliar se as medidas preventivas estão sendo eficazes.

Na RMF, observamos que tanto as empresas de extração de brita como as de areia relutam em aplicar todas as normas de segurança e de controle ambiental. De modo geral, o que se vê é a adoção de medidas insatisfatórias por serem aplicadas de forma incompleta ou mesmo equivocadas.

No caso da pedreira Natasha e nas demais pedreiras de Itaitinga, nota-se excessiva emissão de poeira devida à britagem. A instalação de cortinas vegetais nos pátios de operações dessas empresas amenizaria essas emissões. As bancadas excessivamente altas também foi outro problema e risco de segurança e ambiental verificado nas pedreiras visitadas da região.

Como a maior parte das pedreiras da RMF se encontra em funcionamento, são poucas as áreas que são resultadas de uma requalificação ambiental na RMF depois de mineradas. Além disso, a cultura predominante dos mineradores rejeita a idéia de desprender recursos para requalificar a antiga área de lavra.

As extrações de areia na RMF igualmente carecem de maior controle ambiental, uma vez que muitas delas executam a lavra e abandonam a área sem nenhum tipo de compensação ambiental, deixando o leito e margens dos rios desconfigurados topograficamente.

6 – Mineração de Agregados e Uso e Ocupação do Solo na Região Metropolitana de Fortaleza

6.1 – Uso e Ocupação do Solo na Região Metropolitana de Fortaleza

Na RMF predomina formas de uso e ocupação do solo mais voltadas para os setores de comércio, serviços e ocupação urbana. A agricultura é praticada principalmente nas vertentes das principais serras da região, como a Maranguape e Aratanha e no sul da região. As porções central e leste da região (Tabuleiros Pré-Litorâneos) são as mais ocupadas, enquanto a área que corresponde á Depressão Sertaneja (Sudoeste) é a menos urbanizada. Essa região é a que apresenta maiores manchas de “Solo Exposto”, devido às características físicas da Depressão Sertaneja (Figura 6.1).

No mapeamento de uso e ocupação do solo feito neste trabalho se classificou a urbanização em três níveis:

- Urbanização Adensada – área de forte concentração de serviços e equipamentos urbanos e de grande densidade populacional. Representam basicamente os centros comerciais das sedes urbanas e os centros secundários, no caso de Fortaleza.
- Urbanização Consolidada – são áreas atendidas pelos serviços e equipamentos básicos como rede de esgoto e abastecimento de água, distribuição de energia elétrica e iluminação pública e, com densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por Km².
- Urbanização em Expansão – núcleos ou aglomerações humanas sem a oferta dependentes de outras áreas na oferta de serviços urbanos, no setor leste da RMF, constituem, provavelmente, as frentes de crescimento urbano mais vigoroso.

Os “Campos Antropizados” são áreas rurais já relativamente alteradas com algumas edificações e vias construídas. O litoral apresenta as principais áreas

turísticas da região com infra-estrutura voltada para essa atividade com *resorts*, hotéis, parques temáticos e bares em grande parte da orla marítima.

Uma série de Unidades de Conservação, como as APA's dos rios Ceará e Pacoti, do Lagamar do Cauípe, do Pecém e da serra de Aratanha, além do Parque do Cocó, do Parque das Dunas de Sabaiguaba e da Reserva Extrativista do Batoque formam o quadro geral das áreas de preservação ambiental na RMF.

As terras indígenas dos Tapeba, Pitaguary e Lagoa Encantada também foram consideradas no mapeamento.



Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Região Metropolitana de Fortaleza

Legenda

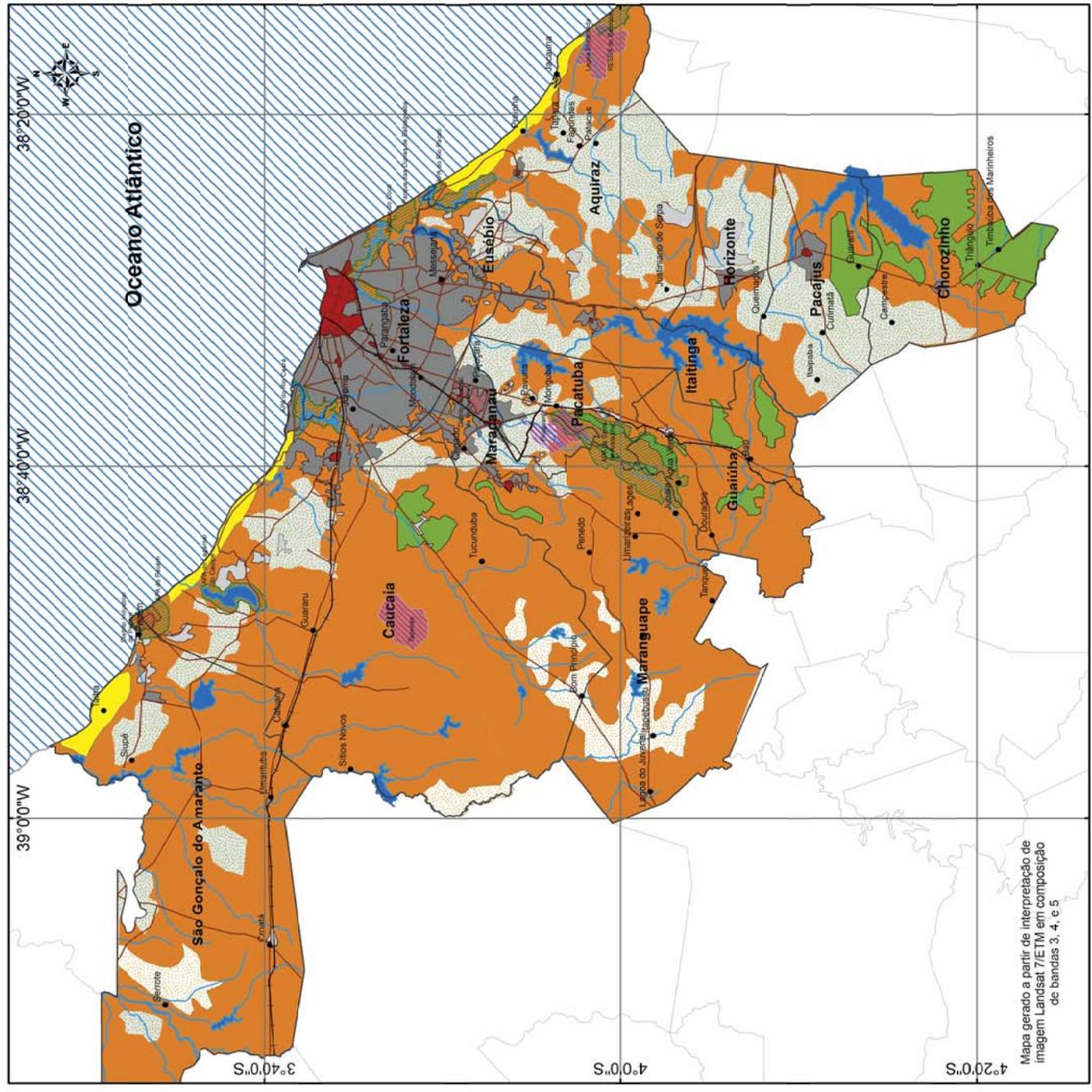
- Distritos
- Divisão Municipal
- Ferrovia
- Rodovias
- Drenagens
- Açudes e Lagoas

Uso e Ocupação

- Tipo**
- Urbanização Adensada
 - Urbanização Consolidada
 - Urbanização em Expansão
 - Distritos Industriais
 - Campos Antropizados
 - Áreas Turísticas
 - Áreas Agrícolas
 - Solo exposto
 - Áreas Indígenas
 - Unidades de Conservação
 - Cobertura Vegetal Natural ou Pouco Alterada

Escala Numérica
1:400.000
Escala Gráfica:
0 5 10 20 30 Km

Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal: SAD 69



Mapa gerado a partir de interpretação de imagem Landsat 7/ETM em composição de bandas 3, 4, e 5

6.2 – Conflitos de Uso e Ocupação em Relação à Mineração de Agregados

Os problemas ambientais originados pela mineração de materiais de uso imediato na construção civil (areia, brita e argila) e os conflitos com outras formas de uso e ocupação do solo vêm conduzindo a uma diminuição crescente de jazidas disponíveis para o atendimento da demanda das principais regiões metropolitanas.

A proximidade de pedreiras de centros habitados é uma decorrência natural da forte influência do custo dos transportes no preço final do produto. Isso ocorre, principalmente, com os agregados, devido ao seu baixo valor unitário. Os fatores geológicos ligados à localização natural da jazida e ao grande volume das reservas, proporcionando longa vida útil aos empreendimentos, são fatores rígidos e imutáveis que impedem a mudança das áreas de extração.

Por outro lado, o crescimento desordenado e a falta de planejamento urbano facilitam a ocupação de regiões situadas nos arredores das pedreiras, provocando o fenômeno de “sufocamento” das mesmas e originando um quadro crescente de conflitos sociais.

Muitas vezes, mesmo havendo recurso mineral disponível, este não pode ser extraído devido a restrições ao seu aproveitamento. Como exemplos, temos as leis ambientais e leis de zoneamento municipais, que impedem o aproveitamento dos recursos existentes.

Freqüentemente, as autoridades administrativas locais adotam como metas a promoção do desenvolvimento industrial em detrimento da produção de agregados em seus territórios, aparentemente sem perceberem que estas duas atividades são interdependentes.

Mesmo que não haja zoneamento municipal restritivo à mineração, a própria expansão urbana muitas vezes torna o acesso a esses recursos minerais inviável.

No entanto, é possível compatibilizar a preservação do meio ambiente, ordenamento territorial e produção de bens minerais. Para tanto, deve haver consciência da importância destes fatores, e que eles são indispensáveis à promoção do desenvolvimento humano.

Na RMF, os casos mais claros de conflitos de uso e ocupação do solo envolvendo a mineração estão nos municípios de Fortaleza, Itaitinga, Eusébio, Aquiraz e Caucaia.

Em Fortaleza, a extensa ocupação urbana e os zoneamentos instituídos pelos poderes públicos municipais e estaduais restringiram o aproveitamento dos recursos minerais. O maior potencial de areia de Fortaleza está ligado às dunas móveis, que são enquadradas como áreas de conservação ambiental e, portanto, estão impedidas de servirem à mineração. Boa parte das reservas de saibro está localizada em áreas já loteadas para ocupação urbana.

Em Itaitinga, são as pedreiras que promovem os conflitos com a ocupação urbana daquela cidade. A cidade é dinamizada pela mineração tendo como principal atividade econômica justamente a produção de brita e com muitos habitantes trabalhando nas pedreiras locais.

Algumas lavras são localizadas relativamente próximas da zona urbana do município, sendo relatados alguns casos de acidentes envolvendo ultralanchamentos de rochas devidas o uso de explosivos, atingindo algumas casas de moradores da região. (Foto 6.1)



Foto 6.1 – Centro da cidade de Itaitinga, e ao fundo, frente de lavra de extração de brita bem próximo à área urbana do município. (Foto do Autor).

O tráfego pesado de caminhões e máquinas que circula nas ruas estreitas da cidade, o barulho e a emissão de poeira são outros problemas comuns pra quem mora próximo às pedreiras de Itaitinga.

A cidade se situa entre o flanco leste do serrote de Itaitinga e a BR-116, o que limita suas opções de planejamento de expansão urbana. (Figura 6.2) A região apresenta um altíssimo potencial de extração de agregados graúdos, além de representar o motor econômico do município, o que faz da mineração na cidade uma questão prioritária.

É importante que a expansão urbana de Itaitinga não comprometa futuras lavras mais ao norte do serrote Itaitinga, dessa forma o zoneamento ambiental-minerário para a região serviria com um instrumento eficaz tanto no controle dos avanços das lavras para áreas que promoveriam insegurança e desconforto do entorno das minas, bem como uma garantia que as áreas de maior potencial mineral estariam resguardadas de outros usos.

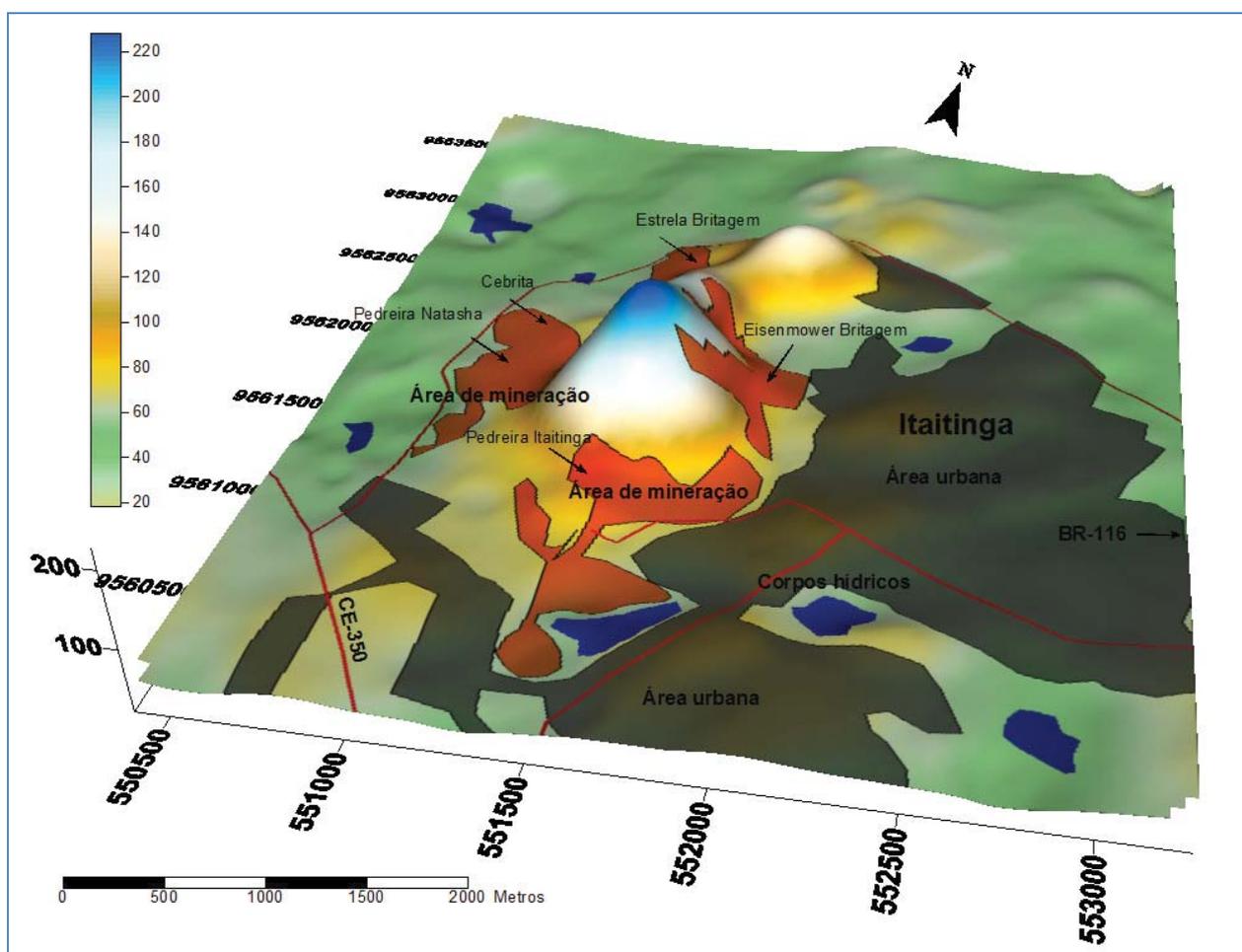


Figura 6.2 – MDT da região de Itaitinga.

Batista, C.T. A Mineração de Agregados na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos Ambientais e Conflitos de Uso e Ocupação do Solo – 2010.

No Eusébio, os maiores conflitos de uso e ocupação do solo envolvem mineração, turismo, preservação ambiental e loteamentos imobiliários.

Uma das áreas de mineração mais importantes do Eusébio, no serrote Caruru é circundada de condomínios de luxo, novos loteamentos, construções urbanas, além de ficar à aproximadamente 100 m da foz do rio Pacoti, que tem seu estuário se localizando entre a mina e um campo de dunas móveis. (Foto 6.2).



Foto 6.2 – Condomínios e loteamentos urbanos no entorno da mina do serrote Caruru. (Foto do Autor).

A mina destoa da paisagem provocando notória poluição visual. A lavra nessa área é de fonólito (rocha vulcânica) voltado à produção de brita, e está reduzida ao serrote Caruru. Não existem outros empreendimentos mineiros na região, nem outras exposições vulcânicas, e as reservas de areia representadas pelas dunas são definidas como áreas de proteção ambiental.

Trata-se de uma área de grande potencial turístico, dada às suas belezas paisagísticas e os terrenos, bem valorizados, são ocupados rapidamente por novas construções. (Foto 6.3)

Logo, a mina está inserida em uma região de vocação turística e de preservação ambiental, dentro da APA do rio Pacoti e próximos a equipamentos turísticos importantes como o Beach Park.



Foto 6.3 – Construções imobiliárias nas proximidades da mina do serrote Caruru. (Foto do Autor).

Em Aquiraz, o potencial mineral está praticamente resumido à areia grossa extraída do leito dos rios. Os principais conflitos de uso e ocupação que envolve a mineração estão ligados à questão ambiental e turística, já que no entorno da área urbana da sede do município e das localidades, não se encontra minerações.

Assim como no Eusébio e em Fortaleza, as reservas de areia branca estão associadas aos campos de dunas, que como sabemos, são áreas de proteção ambiental. As áreas de vocação e ocupação turística estão relacionadas às praias, onde também, são proibidas minerações pela legislação ambiental.

A maior parte do município apresenta uma vulnerabilidade ambiental considerável, particularmente, nos leitos dos rios Pacoti e Malcozinhado, onde se encontram a maior parte dos processos minerários e áreas de lavra, o que exige maiores cuidados no uso recursos minerais por parte do município.

Dessa forma, as maiores restrições à mineração no município de Aquiraz dizem respeito à questão ambiental.

Caucaia é o município da RMF com o maior número de processos minerários, mas em sua maioria, estão distantes das áreas de ocupação urbana.

As extrações de brita ocorrem nos maciços residuais da região e não apresentam densidade de ocupação urbana nos arredores das minas (Foto 6.4). As extrações de areia ocorrem mais próximas do litoral, nos leitos dos principais rios, mas de modo geral, não são minerações expressivas em termos de volume de material retirado.



Foto 6.4 – Visão panorâmica da Pedreira PYLA numa das serras de Caucaia, e ao fundo, uma grande área livre de ocupação urbana. (Foto do Autor).

As maiores exigências dizem respeito à questão ambiental, principalmente para as extrações de areia. A área expressiva do município em relação à ocupação urbana ameniza os conflitos de uso e ocupação do solo em Caucaia.

Boa parte do município de Maracanaú é ocupada pela malha urbana e são poucas suas áreas de mineração de maior expressão, não se verificando dessa maneira, grandes problemas em relação á mineração e outras de uso e ocupação do solo nesse município.

Os outros municípios da RMF possuem áreas urbanas reduzidas e tem menor peso no quadro de mineração de agregados na região, com poucos

processos minerários e poucas áreas de lavra, o que as torna menos problemáticas quanto a conflitos de uso e ocupação do solo.

Podemos afirmar que as maiores restrições à mineração nesses municípios, que em grande parte ocorre nos leitos fluviais na extração de areia, são de ordem quase que exclusivamente ambiental.

Na faixa litorânea de toda a RMF, onde há muita ocorrência de areia branca, as restrições além de ambientais, com a proibição da retirada de areia dos campos de dunas através da resolução CONAMA 302/02 que classifica as dunas como APP e a criação de uma série de UC's, como a APA das Dunas de Sabiaguaba, o Parque Natural das Dunas de Sabiaguaba, em Fortaleza e a Reserva Extrativista do Batoque, em Aquiraz; de ordem turística, pois se trata de uma área de grande valorização imobiliária e de interesse turístico.

6.3 – Ordenamento Territorial e a Atividade Mineira

De modo geral, são bem claros alguns problemas relacionados à mineração de agregados quanto ao ordenamento territorial no Brasil: inadequado planejamento, conflitos ambientais, zoneamentos restritivos e usos competitivos de solo.

No Brasil há um *déficit* habitacional de aproximadamente 10 milhões de moradias, isso deve nos fazer reconhecer que a definição de áreas para a produção de agregados é de vital importância na questão do ordenamento territorial (Tannús, 2007).

O procedimento de planejamento municipal muitas vezes ocorre com a carência de informações sobre a potencialidade mineral, importância e benefícios possíveis dos bens minerais, falta de definição de áreas próprias para atividade mineral como um todo, e particularmente, a de agregados, desconsideração da atividade mineral quando do estabelecimento de UC's e Distritos Industriais, entre outros objetos de zoneamento.

Se por um lado a mineração é indispensável para a sustentação e melhoria do padrão de vida do ser humano e gera benefícios econômicos, sua coexistência com o meio ambiental e urbano é conflituosa. Sabemos que a mineração,

usualmente, em maior ou menor intensidade, pode provocar uma série de impactos ambientais indesejáveis e disputa de espaço territorial, e assim, se configura como uma atividade de alto potencial de competição ou mesmo de colisão com outras formas de uso e ocupação do solo, como a agricultura, pecuária, turismo, assentamentos urbanos e preservação e conservação ambiental. (IPT, 2003)

Dessa forma, é indispensável uma forma de disciplinamento do uso do solo que leve em conta a mineração. Esse disciplinamento pode ser gerido pelo poder público fazendo uso de uma série de instrumentos institucionais à sua disposição.

Entre os principais instrumentos disponíveis para se realizar a organização do território, estão os Planos Diretores e as Leis de Uso e Ocupação do Solo, ambos instrumentos municipais de gestão territorial. Cabe principalmente aos municípios, pois, executar o disciplinamento do seu solo.

Nesses documentos se deve considerar uma característica fundamental da mineração: a rigidez locacional, que a diferencia de outras atividades econômicas.

“Atividades como o comércio e outros segmentos industriais gozam de certa liberdade quanto aos locais de sua instalação, e podem ser remanejados, caso isso seja conveniente, enquanto a mineração tem uma dependência definitiva dos condicionamentos geológicos, de modo que só pode ser desenvolvida exatamente nos locais onde a natureza gerou os recursos minerais” (IPT, 2003).

O Plano Diretor consiste no instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana, obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes. Na sua composição devem constar parâmetros como a caracterização do meio físico, incluindo os recursos naturais minerais, pedológicos, hídricos e biológicos, as limitações naturais para ocupação, como áreas de risco de inundações, movimentos de massa e estabilidade de encostas, além do diagnóstico socioeconômico. Essas informações sustentam o estabelecimento das vocações, potencialidades, prioridades e disponibilidades do espaço territorial municipal.

No Plano Diretor, os recursos minerais e a atividade de mineração devem entrar como componentes intrínsecos, que precisam ser conhecidos e integrados no planejamento municipal (IPT, *op. cit.*).

No que diz respeito à mineração, o Plano Diretor do município deve considerar, segundo o IPT (2003):

- *Potencial mineral*: a vocação natural do meio físico em conter determinadas substâncias naturais, o patrimônio mineral do município;
- *Situação da atividade produtiva*: os empreendimentos efetivamente em operação ou em viabilização e as substâncias minerais em produção;
- *Disponibilidade de recursos minerais*: as condicionantes que interagem na viabilidade da produção mineral, a partir d ponderação dos fatores positivos (potencial mineral, produções minerais em vias ou já estabelecidas, demandas de consumos, etc.) e os fatores conflitantes (outras formas de uso e ocupação do solo e restrições ambientais).

A Lei de Uso e Ocupação do Solo é de competência exclusiva do município e é o instrumento obrigatório de controle de uso da terra, da densidade populacional, da localização, da finalidade, dimensão e volume das construções, com o objetivo de atender à função social da propriedade e da cidade. (IPT, *op.cit.*)

A realização de um programa que considere a mineração no planejamento territorial deve contar com um conjunto de referências como inventários e mapas, diagnósticos técnico-econômicos do setor mineral e o estabelecimento de um zoneamento minerário. (IPT, *op. cit.*)

Vale à pena ressaltar a importância da participação das empresas minerárias na formatação do Plano Diretor e da Lei de Uso e Ocupação, através dos sindicatos ou de associações que representem o interesse comum do setor minerário da região.

Segundo o IPT (*op. cit.*), os fatores a serem considerados no zoneamento minerário são: as características do meio físico e das infra-estruturas existentes no território municipal, as áreas de zoneamento institucional, o uso e ocupação atual no município, o potencial geológico da região, as paisagens e monumentos naturais notáveis, a suscetibilidade do meio físico e biológico, o perfil socioeconômico da população, e a situação minerária do município.

O parcelamento territorial deve obedecer a um escalonamento, de acordo com a vulnerabilidade e limitações ante a atividade extrativa mineral. As zonas podem ser agrupadas em áreas preferenciais, controladas ou bloqueadas à mineração. Para cada zona discriminada, deverão ser estabelecidos os principais procedimentos e parâmetros de controle (IPT, 2003).

Ross (1993) argumenta em favor da necessidade de desenvolvimento do planejamento físico-territorial na perspectiva econômico-social e ambiental, que considere a potencialidade dos recursos naturais e humanos e a fragilidade dos ambientes face às diferentes inserções dos homens na natureza.

Estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção humana. Assim, a elaboração do zoneamento ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio-econômico, visando integrar as diversas disciplinas científicas específicas, por meio da síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada.

“O ordenamento territorial visa planejar e crescimento municipal, de forma a atender às expectativas da sociedade, em concordância com os aspectos físicos, bióticos e econômicos da região” (Tannús, *et al*, 2007, pág. 132).

As proposições de zoneamento ambiental devem considerar as potencialidades do meio natural. O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, águas, clima, flora e fauna, enfim de todas as componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e do homem. Para a análise da fragilidade, entretanto, exige-se que esses conhecimentos setORIZADOS sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidade intrínseca entre os seus componentes físicos e bióticos.

Tannús (2007) aponta algumas tendências dominantes na questão do zoneamento territorial em regiões metropolitanas e medidas de ordenamento:

- Empresas em conflitos com a expansão urbana e com baixa propensão à relocação serão expurgadas do mercado.
- Empresas em conflitos com a expansão urbana e com boa instrumentação tecnológica, gerencial e econômica, tenderão a manter suas atuais localizações ou a optar pela relocação para locais onde possam fortalecer suas posições competitivas.
- Empresas com localizações isentas de conflitos com a expansão e com boa instrumentação tecnológica, gerencial e econômica, tenderão a fortalecer suas posições competitivas.

Os municípios da RMF não possuem planos diretores que levem em conta adequadamente a questão da mineração, e em particular, a de agregados. Como mencionado anteriormente, trata-se de uma região de grande potencial mineral e rápido crescimento, o que torna ainda mais primordial traçar seu zoneamento ambiental-minerário.

As empresas de mineração na região não contam com o suporte do poder público na assessoria de como atenuar ou reverter os conflitos de uso e ocupação do solo no entorno de suas atividades.

6.4 – Proposta de Zoneamento Ambiental-Minerário para a Região Metropolitana de Fortaleza

Segundo Tannús (2007) cada região metropolitana no Brasil deveria ser submetida a um estudo de planejamento estratégico, envolvendo a análise dos ambientes interno e externo, bem como deve definir as ações prioritárias a serem implementadas. O autor propõe ações no sentido de elaboração de documentos como Planos Diretores de Zoneamento Ambiental-Minerário e Planos Diretores de Desenvolvimento como forma de reverter as tendências de conflitos locais e ambientais para a mineração de agregados em regiões metropolitanas.

Este trabalho propõe um modelo de zoneamento ambiental-minerário para a RMF (Figura 6.4). Foram delimitadas 4 (quatro) zonas minerárias:

- *Zonas Preferenciais* – correspondem às áreas mais adequadas ao desenvolvimento da mineração, em função de sua compatibilidade técnica, socioeconômica e ambiental.
- *Zonas Controladas* – áreas aptas á atividade mineraria, mas limitadas á produção mineral, ou por limites ambientais ou por outras formas de uso e ocupação.
- *Zonas Bloqueadas* – áreas onde a mineração não deve ser permitida dado o seu alto nível de vulnerabilidade ambiental ou por uso e ocupação completamente comprometidas para outros fins.
- *Zonas de Pouco Interesse Minerário* – abrange áreas onde a atividade mineraria é insipiente e pouco promissora, seja devido aos condicionantes físicos ou às limitações técnicas.

Na RMF as Zonas Preferenciais se encontram principalmente no setor oeste, nos municípios de Caucaia e São Gonçalo do Amarante. Essa região apresenta níveis de vulnerabilidade medianos, são áreas menos ocupadas pela malha urbana que o setor leste e concentra muitos alvarás de mineração junto ao DNPM. O sul de Fortaleza e o norte dos municípios de Itaitinga e Pacatuba são considerados também Zonas Preferenciais, devido á boa oferta de saibro nessa área e por ser ainda pouco urbanizada.

As Zonas Controladas foram delimitadas nas áreas de vulnerabilidade ambiental Alta ou Muito Alta (Fig. 5.4) e em áreas classificadas como “Campos Antropizados” (Fig. 6.1). As pedreiras de Itaitinga foram zoneadas como áreas controladas devido às declividades consideráveis nas áreas de mineração e à proximidade com a área urbana do município, essa por sua vez, considerada uma Zona Bloqueada.

As Zonas Bloqueadas são aquelas onde a ocupação urbana é predominante (Urbanização Adensada, Consolidada ou em Expansão) ou onde é prioritário o exercício de outras atividades econômicas e uso do solo devido ás suas condições

naturais ou à predominância de outro tipo de ocupação, como é o caso do turismo na orla da RMF e de algumas áreas agrícolas no sul da região.

Uma grande área na RMF foi classificada como Zonas de Pouco Interesse Minerário devido os poucos processos minerários nela inseridos e à pouca vocação natural do meio físico para conter substâncias de interesse da construção civil. Curiosamente, é também a área menos povoada da RMF.

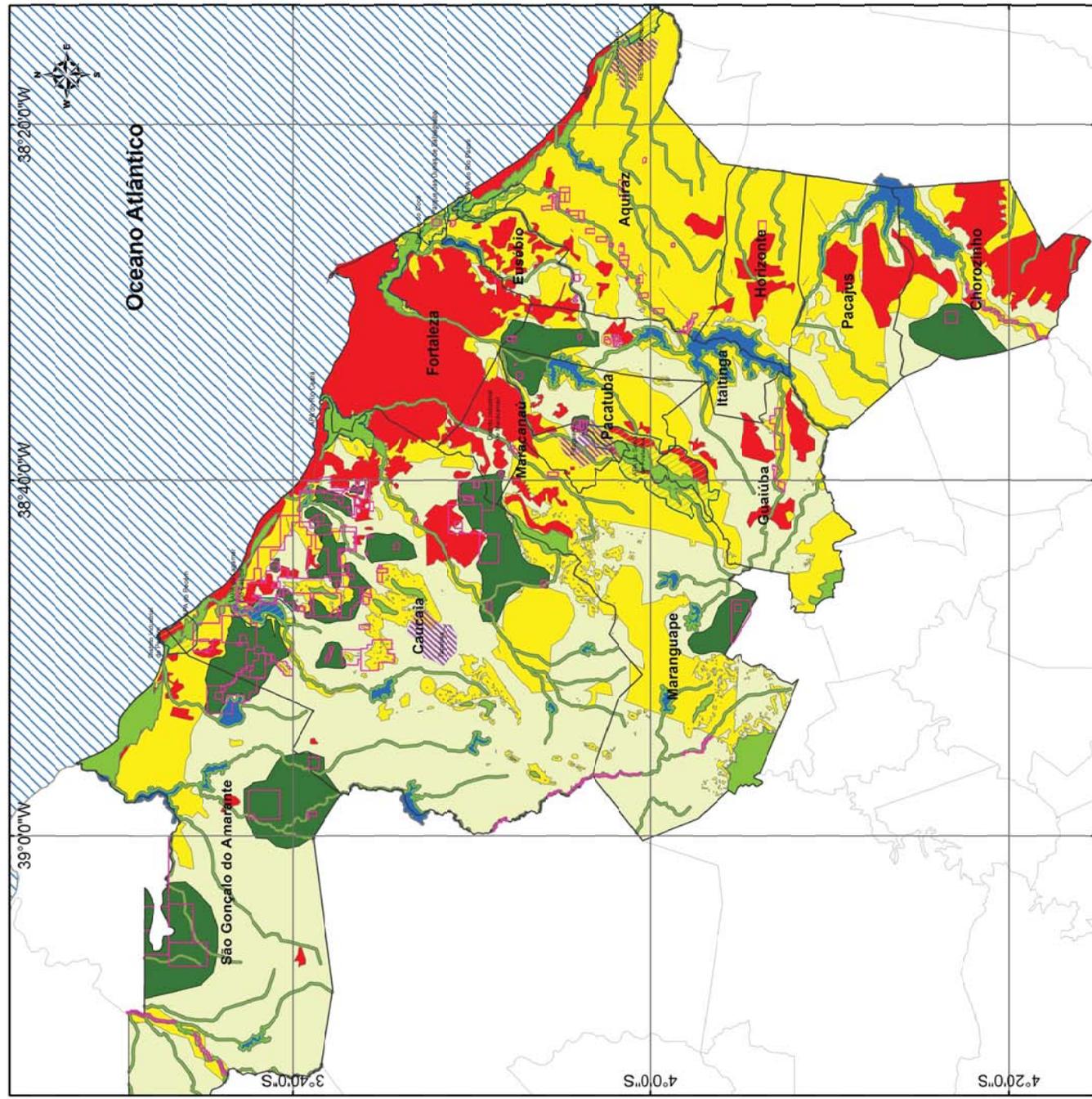
Em relação ao zoneamento ambiental, nas Áreas de Preservação Permanente (APP's) são também proibidas as atividades de mineração. As APP's na RMF compreendem os campos de dunas da Planície Litorânea, as margens dos rios, açudes e lagoas da região, o terço superior das elevações topográficas como as serras de Maranguape, Aratanha, Bico Fino e outras, e os manguezais dos rios Ceará, Cocó e Pacoti.

Já em Unidades de Conservação (UC's) de Uso Sustentável como as Áreas de Proteção Ambiental (APA's) são permitidas a mineração e outras atividades econômicas desde que cumpra as exigências impostas pelo plano de manejo da UC. Na RMF, as APAs dos estuários dos rios Ceará e Pacoti são também APP, o que torna proibida a mineração nessas áreas, apenas na APA da Serra de Aratanha, que nas cotas mais baixas está localizada em uma Zona Controlada, pode abrigar atividade de mineração, desde que esta atenda certos requisitos ambientais e legais.

As três áreas indígenas da RMF (Tabebas, Pitaguary e Lagoa Encantada) estão localizadas em Zonas Controladas ou de Pouco Interesse Minerário. Os conflitos de ocupação com essas comunidades já é de alçada federal e envolve órgão como o INCRA, no entanto, não se verifica tendências desse tipo de conflito na RMF, uma vez que as mencionadas áreas indígenas são desprovidas de recursos minerários consideráveis.



Mapa de Zoneamento Ambiental Minerário da Região Metropolitana de Fortaleza



Legenda

- Poligonais DNPM de Agregados
- Divisão Municipal
- Drenagens
- Açudes e Lagoas
- Unidades de Conservação
- Áreas Indígenas
- Áreas de Preservação Permanente (APP's)

Zoneamento Ambiental Minerário

Classe

- Áreas Bloqueadas
- Áreas Controladas
- Áreas Preferenciais
- Áreas de Pouco Interesse Minerário

Escala Numérica

1:400.000

Escala Gráfica:



Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum Horizontal: SAD 69

7 – Conclusões

A Região Metropolitana de Fortaleza apresenta grandes potencialidades naturais, técnicas e socioeconômicas para dinamizar a mineração de agregados nos seus municípios. A diversidade litológica somada à existência no mercado de algumas empresas bem estruturadas e, ainda a grande demanda por agregados proveniente do aquecimento da economia nacional e local são fortes fatores que podem e devem produzir mais riqueza e desenvolvimento para a região.

Existe grande perspectiva de mais crescimento econômico e aumento da demanda de agregados para os próximos anos e como sabemos o grande entrave para o desenvolvimento da mineração de agregados na Região Metropolitana de Fortaleza é de ordem institucional, uma vez que a região carece de ordenamento territorial integrado entre seus municípios.

Este trabalho procurou deixar um legado de atualização de informações cartográficas, ambientais e de uso e ocupação do solo sobre a região como um todo que podem servir de subsídio para trabalhos posteriores.

A realização do mapeamento da vulnerabilidade ambiental sob um método ainda não aplicado para a região permite traçar um quadro comparativo com as abordagens até então utilizadas e analisar os aspectos que correspondem mais à realidade entre os métodos em questão.

O mapeamento de zoneamento ambiental-minerário proposto aqui, por questão de escala, se mostrou generalista, apesar de responder adequadamente à sua proposta e se mostrar coerente com os aspectos físicos, institucionais e socioeconômicos da RMF.

Seria conveniente que cada município da região realizasse seu próprio zoneamento ambiental-minerário, assim as particularidades municipais poderiam ser abordadas em maiores detalhes.

Os municípios da região que apresentam quadro mais inquietante do ponto de vista de uso e ocupação do solo são Itaitinga, Fortaleza, Eusébio e Caucaia, todos eles apresentando áreas de mineração próximas à malha urbana, de modo que para esses municípios, o zoneamento ambiental-minerário seria mais imprescindível.

Foi visto que, de modo geral, as empresas de mineração que atuam na região não cumprem com rigor todas as medidas mitigadoras de impactos ambientais, sendo que em algumas delas, os impactos são notórios e sem mitigação alguma.

Também é raro na Região Metropolitana de Fortaleza as empresas do setor de mineração realizarem a recuperação adequada das áreas degradadas e que ainda, se pratica a mineração ilegal na região sem as devidas licenças ambientais e sem o alvará de produção, concedido pelo DNPM.

As extrações de areia mais importantes são hoje realizadas nos limites da região, no município de São Gonçalo do Amarante, ou seja, relativamente distante do principal centro consumidor, Fortaleza. Esse fato indica já dificuldades de se obter oferta de areia para a construção civil, o que pode resultar em sobrecarregamento de extração em algumas áreas, ou ainda, a obtenção de areia ainda mais longe, já fora da região metropolitana.

Em relação à brita, a situação é mais cômoda, as principais reservas são próximas de Fortaleza, os materiais apresentam compatibilidade tecnológica para aplicação na construção civil e ainda oferecem vida útil consideráveis.

8 – Referências Bibliográficas

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável**: desafios para o Brasil. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.

BECKER, B.K.; EGLER, C.A.G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília, DF: MMA: Secretaria de Estudos Estratégicos da Presidência da República, 1997.

BERTRAND, Georges. **Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, 13. São Paulo: Instituto de Geografia. USP, 1977. 27 p.

BRANDAO, R.L. Sistema de Informação para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto Sinfor. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do Meio Físico da RMF**, CPRM, Fortaleza, 1995(a).

_____. Sistema de Informação para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto Sinfor. **Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza – Texto Explicativo**, CPRM, Fortaleza, 1995(b).

BRASIL. **Constituição Federal**, de 05 de outubro de 1988.

_____. **Código Florestal**. - Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal Brasileiro, estabelece as Áreas de Proteção Permanente, as áreas de Reservas Legais e conceitua as atividades de Utilidade Pública e de Interesse Social

_____. **Decreto-Lei n.º. 227**, de 28 de fevereiro de 1967. Dá nova redação ao Decreto-lei n.º. 1.985 (Código de Minas), de 29 de janeiro de 1940.

_____. **Estatuto da Cidade** - Lei n.º. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal.

_____. **Política Nacional do Meio Ambiente** - Lei n.º. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Constitui o Sistema Nacional de meio Ambiente e institui o Cadastro de defesa Ambiental.

_____. **Resolução Conama 001**, de 23 de janeiro de 1986.

_____. **Resolução Conama 303**, de 20 de março de 2002.

_____. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. - Lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225 da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]:[2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: 23 de novembro de 2007.

COGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Planejamento Estratégico dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará**. Fortaleza, 2006.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:500.000, Fortaleza, 2003.

CREPANI, E. *et. al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos. INPE, 2001.

DIAS, E. G.C.S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) Universidade de São Paulo.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Plano Diretor de Mineração para a Região Metropolitana de Fortaleza**, Brasília, 1998.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral. SIGMINE. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/conteudo.asp?IDSecao=62&IDPagina=46>. Acesso em: 07 de agosto de 2009.

ERHART, H. **Biostasie et rhesistasie: esquisse d'une théorie sur le rôle de la pedogenése en tant que phénomène géologique**. Comptes Rendues Academie des Sciences Française, n 241, p 1218-1220, 1955.

FETTER, A.H., VAN SCHMUS, W. R., SANTOS, T.J.S., NOGUEIRA NETO, J.A., ARTHAUD, M. H., 2000 – **U-Pb and Sm-Nd geochronological constraints on the**

crustal evolution of basement architecture of Ceará State, NW Borborema Province, NE Brazil: implications for the existence of the Paleoproterozoic supercontinent 'Atlantica'. Revista Brasileira de Geociências, 30: 102-106.

FORTALEZA. **Lei nº. 7.061**, de 16 de janeiro de 1992. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Fortaleza.

_____. **Lei nº. 7.987**, de 23 de dezembro de 1996. Consolidada em julho de 1998. Institui a Lei de Uso e Ocupação do solo de Fortaleza.

FUNCEME, Monitor Climático/Boletim de Monitoramento Climático – Edição Especial. O Fenômeno El Niño-Oscilações Sul – Teorias, Observações e Previsões. Fortaleza, Ce. Nº 2. 31 págs.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, Informativo CEI. **Déficit habitacional no Brasil 2000**, Belo Horizonte, 2002.

GRINOVER, L. **O planejamento físico-territorial e a dimensão ambiental**. São Paulo, FUNDAP, *Cad. FUNDAP*, n. 9, v. 16, p. 25-32, 1989.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas de população**. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP_2008_TCU.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2009.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mineração e Município - Bases para Planejamento e Gestão dos Recursos Minerais**. São Paulo, 2003. 177p.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em números**. Disponível em: < <http://www.ipece.ce.gov.br/estatistica/> >. Acesso em: 02 de agosto de 2007.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal**, Fortaleza, 2008.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Regional – Região Metropolitana de Fortaleza**, Fortaleza, 2008.

LEHUGEUR, L.G. de O. e MARINO, M.T.R.D. **Zoneamento Geoambiental do município de Amontada – costa oeste do estado do Ceará**. Revista de Geologia, vol. 20, nº 1, 39-55, - UFC. Fortaleza, 2007

MATTOS, I.C. *et al.* **Agregados**. CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, 2005.

MELLO, E.F. e CALAES, G.D. **A Indústria de Brita na Região Metropolitana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IMOS, 2006.

MOTA, R. F. **Geologia e Diagnóstico Geoambiental da Região das Pedreiras de Itaitinga, Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado. Mestrado Acadêmico em Geologia – UFC. Fortaleza, 1998.

MOURA-FÉ, M. M. de. **Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ce**, 2008. 242 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Depto. de Geografia, Fortaleza, 2008

ROSS, J.L.S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. *Revista do Departamento de Geografia*, 8:63-74. USP. São Paulo, 1993.

SILVA, J.S e SANTOS, R.F. **Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas**. Caderno de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n 2, p. 221-263, maio/ago. 2004. Disponível em: <<http://webnotes.sct.embrapa.br/pdf/cct/v21/v21n2p221.pdf>>. Acesso em: 28 de julho de 2007.

SINTONI, A. **A mineração no cenário do município de São Paulo: mercado e novas tecnologias**. In: I Encontro de Mineração no Município de São Paulo. São Paulo: Secretaria das Administrações Regionais da Prefeitura do Municipal de São Paulo, 1994. p. 31-42.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo dos geossistemas: método em questão**. 13 ed. Instituto de Geografia, USP. São Paulo: Ed. Lunar, 1977.

SOUZA, M.J.N. **Análise Geoambiental e Análise Ecodinâmica das Paisagens do Estado do Ceará.** UECE.Fortaleza. Dep. de Geociências, 1988

_____. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L.C. *et al.* **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000.p. 05-102.

TANNÚS, M.B. e DO CARMO, J.C.C. (orgs.) **Agregados para a construção civil no Brasil: Contribuições para a Formulação das Políticas Públicas.** Belo Horizonte: CETEC, 2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

VIDAL, F.W.H. *et al.* **Agregados.** CETEM – Centro de Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **Rochas e Minerais Industriais do Estado do Ceará.** CETEM/UECEC/DNPM/FUNCAP/SENAI. Fortaleza, 2005.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. **Região Metropolitana de Fortaleza.** Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o Metropolitana de Fortaleza](http://pt.wikipedia.org/wiki/Regi%C3%A3o_Metropolitana_de_Fortaleza)> Acesso em: 05 de maio de 2009.