



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GEOLOGIA**

**CAMILA PRAXEDES BRAGA TEIXEIRA
TOMAZ ALEXANDRE DA SILVA NETO**

**GERAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL NA
ESCALA DE SEMIDETALHE (1:50.000) PARA A SUB-BACIA B2 DO RIO COCÓ,
MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE**

FORTALEZA

2016

CAMILA PRAXEDES BRAGA TEIXEIRA
TOMAZ ALEXANDRE DA SILVA NETO

GERAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL NA
ESCALA DE SEMIDETALHE (1:50.000) PARA A SUB-BACIA B2 DO RIO COCÓ,
MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE

Monografia apresentada ao Curso de Geologia
do Departamento de Geologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Beltrão
Sabadia.

Coorientador: Prof. Dr. Michael Vandesteem
Silva Souto.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Central do Campus do Pici

-
- T265g Teixeira, Camila Praxedes Braga.
 Geração de mapas de vulnerabilidade natural e ambiental na escala de semidetalhe (1:50.000) para a sub-bacia B2 do Rio Cocó, município de Fortaleza/CE / Camila Praxedes Braga Teixeira, Tomaz Alexandre da Silva Neto. – 2016.
 64 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Geologia, Fortaleza, 2016.
 Orientação: Prof. Dr. José Antônio Beltrão Sabadia.
 Coorientação: Prof. Dr. Michael Vandesteen Silva Souto.
1. Sensoriamento remoto. I. Silva Neto, Tomaz Alexandre da. II. Título.

CDD 551

CAMILA PRAXEDES BRAGA TEIXEIRA
TOMAZ ALEXANDRE DA SILVA NETO

GERAÇÃO DE MAPAS DE VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL NA
ESCALA DE SEMIDETALHE (1:50.000) PARA A SUB-BACIA B2 DO RIO COCÓ,
MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE

Monografia apresentada ao Curso de Geologia
do Departamento de Geologia da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Antônio Beltrão Sabadia (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Michael Vandesteem Silva Souto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Cynthia Romariz Duarte
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos nossos pais que tanto nos apoiaram até aqui e aos nossos mestres que abrilhantaram nossa vida acadêmica e nos incentivaram como pesquisadores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro concedido pelo CNPq com a manutenção da bolsa de iniciação científica, possibilitando a nossa dedicação total e exclusiva a pesquisa elaborada.

Ao Curso de Geologia e a todos os funcionários e professores que hoje fazem parte do nosso corpo docente, ou que já fizeram. Obrigado pela paciência em ensinar e atender, pelos pontinhos extras que nos salvaram de reprovações, por reprovações merecidas e puxões de orelha que nos incentivaram a melhorar.

Aos professores mais amáveis e atenciosos que poderíamos ter encontrado nesse caminho tortuoso e cheio de dúvidas que é a finalização de um curso de graduação e elaboração de uma Monografia. Queridos e admirados mesmo no silêncio de nossas palavras, temos total convicção que sem o apoio e confiança depositados em nós, certamente não estaríamos aqui (não estaríamos mesmo!). Agradecemos aos prazos impostos e cobrados com rigor, chamadinhas de atenção e tantas outras coisas que não cabem listar... Obrigado professores doutores Michael Vandesteem, Cynthia Romariz e Beltrão Sabadia. Saibam que nós somos frutos de um sonho, e que este apenas está começando...

Ao projeto EcoMunam, conduzido lindamente pelo Rusty Sá Barreto e pela Fabiana Pinho, que nos apoiaram nas visitas ao mangue do estuário do Rio Cocó.

Aos colegas de laboratório GeoCE, que estavam ali junto a nós dividindo as mesmas dúvidas, anseios, preocupações e o cafezinho da tarde. Aline, Allison, Áquila, Cristiano, Cláudio, Lucyanno, Mateus Miranda, Nilberto, Samuel Botuca, etc.

Aos amigos que fizemos durante o curso e serão para toda a vida. Com eles discutimos afloramentos, erramos medições, passamos perrengues e aproveitamos ao máximo a sua companhia. Iure, Laura, Mayara, Moacir, Nathália, Xikin, etc.

Aos amigos pessoais que ouviram nossas murmurações e nos aguentaram durante longos anos. Edson, Evelize, Gabi Sul, Gabrielli Loureiro, Raquel, Solita, Taysnara, Thiago.

Aos nossos pais, irmãos e familiares que nos apoiaram em um curso quem nem mesmo conheciam. Obrigado por estarem ao nosso lado até agora, esperando junto conosco a realização de um sonho.

Os nossos agradecimentos não são somente sinceros, mas indispensáveis a todos que estiveram ao nosso lado.

“ Pela fé entendemos que os mundos pela palavra de Deus foram criados; de maneira que aquilo que se vê não foi feito do que é aparente. ”
(Hebreus 11:3)

RESUMO

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), no Estado do Ceará, apresenta um crescimento urbano acentuado ao longo das últimas décadas, que vem ocasionando modificações significativas como, por exemplo, a ocupação desordenada em áreas potencialmente vulneráveis à degradação ambiental. Esses espaços, que ao decorrer dos anos vem sendo avançados, apresentam solos impermeabilizados e aumento do escoamento superficial de águas residuais, além da disposição inadequada do lixo como problemas graves oriundos do aumento das zonas urbanizadas no entorno de ambientes anteriormente ocupados por vegetação. O Rio Cocó apresenta significativa importância para Fortaleza, pois possui a maior área drenada dentre os municípios abrangidos pela bacia hidrográfica daquele rio – aproximadamente 60% do seu território. A chamada sub-bacia B2 é uma das regiões mais importantes da bacia do Rio Cocó, devido tanto a sua extensão quanto a sua localização; encontra-se densamente urbanizada e apresentando diversos problemas como os descritos anteriormente, além de ser limitada por área de proteção ambiental, o que a torna um ambiente propenso ao estudo das modificações ambientais. Essas transformações da paisagem podem ser percebidas e analisadas por meio de ferramentas oriundas do Sensoriamento Remoto, que possibilitam o estudo de uma determinada área sem a necessidade de conhecê-la de forma direta, poupando tempo e recursos financeiros. Com a utilização das imagens de satélite de alta resolução espacial dos sensores SPOT 5 e RapidEye, esse trabalho tem como objetivo principal a geração de mapas temáticos (geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia, uso e cobertura) a partir das imagens da Bacia do Rio Cocó, especificamente a sub-bacia B2, como instrumentos na produção final de Mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental que servirão de fonte de apoio na delimitação de pontos mais vulneráveis ou ainda suscetíveis ao uso e ocupação inadequados do solo. Pôde-se concluir que os mapas gerados são instrumentos importantes na identificação de regiões com alta vulnerabilidade ambiental, onde o principal problema refere-se à ocupação dos terrenos instáveis por moradias inadequadas.

Palavras-chave: Mapas de Vulnerabilidade. Rio Cocó. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

The Metropolitan Region of Fortaleza (RMF), in the Ceara State, has an urban growth marked over the past decades, which comes to causing significant modifications, such as, for example, the disorderly occupation in areas potentially vulnerable to environmental degradation. These spaces, which at over the years has been advanced, feature waterproofed soils and increased runoff of wastewater, in addition to the inappropriate arrangement of garbage as serious problems resulting from the increase of the urban areas to the surrounding environments previously occupied by vegetation. The Coco River, belonging to the basin of the same name, presents a significant importance for the Fortaleza to be, among the municipalities drained by the watershed of the Coco River, the city that has the largest drainage area (with approximately 60% of its territory). The call to the sub-basin B2 is one of the most important regions of the Coco River basin, both due to its extension and its location, as it is densely urbanized and presenting various problems such as those described previously, in addition to being limited by the area of environmental protection, thus making it an environment prone to the study of environmental modifications. These transformations of the landscape can be perceived and analyzed by means of tools from Remote Sensing, which enable the study of a given area without the need to know it in a direct way, saving this way time and financial resources. With the use of satellite images of high spatial resolution sensors SPOT-5 and RapidEye, this work has as main goal the generation of thematic maps (geology, geomorphology, vegetation, pedological, use / cover), from the images of the Coco River basin, specifically the sub-basin B2 as instruments in the final production of Vulnerability Maps to Natural and Environmental as a source of support in the delineation of most vulnerable points, or even susceptible to the use and occupation of unsuitable soil. We could conclude that the generated maps are important tools in the identification of areas with high environmental vulnerability, and the main problem refers to the occupation of the land unstable, inadequate housing, these areas of greater environmental vulnerability.

Keywords: Vulnerability Maps. Coco River. Remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da área de estudo	15
Figura 2	– Divisão do espectro eletromagnético	25
Figura 3	– Divisão das etapas de trabalho	26
Figura 4	– Localização da sub-bacia B2 do Rio Cocó	27
Figura 5	– Campos de Dunas	34
Figura 6	– Trecho na margem do Rio Cocó, nas proximidades do Jangurussu	35
Figura 7	– Vegetação da espécie mangue vermelho (<i>Rhizophora mangle</i>)	36
Figura 8	– Vegetação da espécie mangue branco (<i>Laguncularia racemosa</i>)	36
Figura 9	– Impactos ambientais associados aos estágios de evolução urbana	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Recursos hídricos por sub-bacias – Bacia Hidrográfica do Rio Cocó.....	28
Quadro 2 – Principais instrumentos e sensores do RapidEye.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais instrumentos e sensores do SPOT 5.....	23
Tabela 2 – Principais instrumentos e sensores do RapidEye.....	24
Tabela 3 – Principais características dos satélites SPOT 5 e RapidEye.....	25
Tabela 4 – Evolução populacional do Ceará e de Fortaleza	38
Tabela 5 – Percentual de domicílios ligados à rede de esgoto em 2010	41
Tabela 6 – Impactos ambientais associados aos estágios de evolução urbana	48
Tabela 7 – Grau de Vulnerabilidade (Mapas Temáticos/Vulnerabilidade Natural)	49
Tabela 8 – Classes de vulnerabilidade natural	50
Tabela 9 – Grau de Vulnerabilidade das classes do mapa de uso e cobertura	50
Tabela 10 – Grau de Vulnerabilidade (Mapas Temáticos/Vulnerabilidade Ambiental)	51
Tabela 11 – Classes de vulnerabilidade ambiental	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
BDG	Banco de Dados Geográfico
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
COURB	Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano - SEINF
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IOCE	Imprensa Oficial do Ceará
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
PDI	Processamento Digital de Imagens
RGB	<i>Red-Green-Blue</i>
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SEINF	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Infraestrutura
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UC	Unidades de Conservação
UNIFOR	Universidade de Fortaleza

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- © Copyright
- ® Marca Registrada

SUMÁRIO

– RESUMO	05
– ABSTRACT	06
– LISTA DE FIGURAS	07
– LISTA DE QUADROS	08
– LISTA DE TABELAS	09
– LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
– LISTA DE SÍMBOLOS	11
1. – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
1.1. – Localização da Área de Estudo	15
1.2. – Objetivos	16
1.2.1. – Objetivos Específicos	16
2. – REFERÊNCIAL TEÓRICO	17
2.1. – Análise Geoambiental Integrada	17
2.1.1. – Conceitos de Vulnerabilidade Natural e Ambiental	17
2.1.2. – Sensoriamento Remoto em Estudos Ambientais	18
3. – MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1. – Procedimentos Técnico-Operacionais	21
3.1.1. – SPOT 5 e RapidEye	23
3.1.2. – Seleção e Cruzamento das Variáveis	26
4. – CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	29
4.1. – Aspectos Fisiográficos	29
4.1.1. – Geologia e Geomorfologia	29
4.1.2. – Aspectos Hidroclimáticos	31

4.1.3.	– Solos e Cobertura Vegetal	33
5.	– USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	38
5.1.	– Aspectos Socioeconômicos do Município de Fortaleza	38
5.1.1.	– Breve Histórico do Processo de Urbanização	41
5.1.2.	– Ocupação Desordenada da Bacia do Rio Cocó	43
5.2.	– Planejamento e Gestão Ambiental do Território	44
6.	– RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
6.1.	– Mapa de Vulnerabilidade Natural	48
6.2.	– Mapa de Vulnerabilidade Ambiental	50
7.	– CONCLUSÕES	53
	– REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	– ANEXOS	57

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Segundo Figueirêdo *et al.* (2010), a análise de vulnerabilidade ambiental permite avaliar a fragilidade dos sistemas ambientais diante de determinadas pressões, principalmente aquelas relacionadas às atividades antrópicas. Além disso, Grigio (2003) definiu que a vulnerabilidade natural visa mostrar a intensidade da susceptibilidade do ambiente, levando-se em consideração: para os fatores geomorfologia, geologia e solos, a estabilidade em relação à morfogênese e a pedogênese; e para o fator vegetação, a estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitossucessão e a biodiversidade. Essas informações são essenciais para o planejamento ambiental, principalmente de áreas onde a pressão urbana impacta áreas ambientalmente sensíveis, o que possibilita identificar o grau de vulnerabilidade em áreas de grande valor ambiental, visando à redução das fontes de pressão.

O Sensoriamento Remoto tem sido uma ferramenta de grande utilidade na obtenção de informações de ordem geoambiental, devido a sua praticidade na coleta e tratamento dos dados através da análise dos produtos visuais sem que haja o contato direto com o objeto em estudo. A disponibilidade de imagens orbitais permite o monitoramento por meio do levantamento multitemporal. Além disso, imagens de altíssima resolução espacial permitem o maior detalhamento das informações superficiais que serão mapeadas, facilitando, assim, o reconhecimento das informações sem que tenha a necessidade de percorrer toda área estudada.

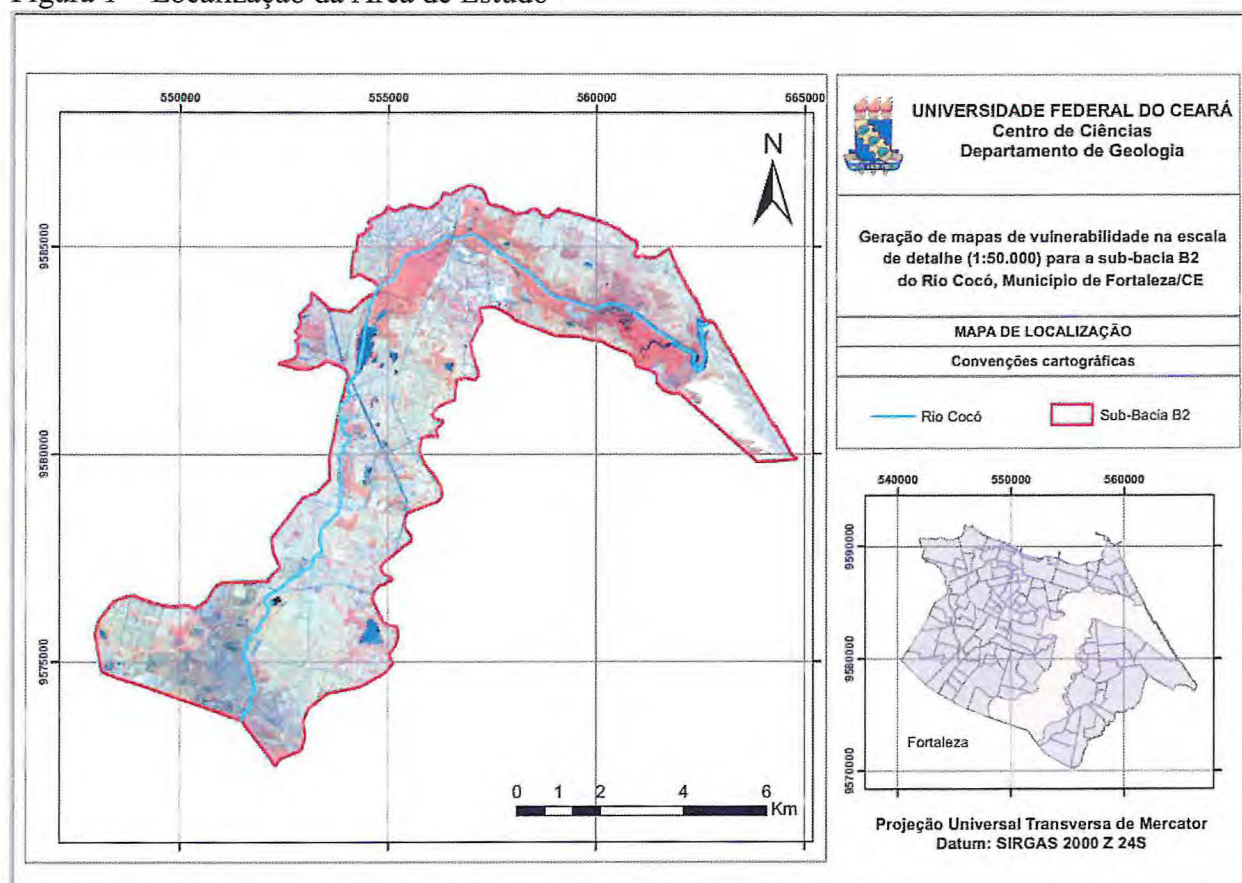
O estuário do Rio Cocó, localizado no município de Fortaleza, Capital do Estado do Ceará, vem sofrendo constante ação antropogênica pela ocupação desordenada dos seus entornos. Essa ocupação, além de agredi-lo de forma mais direta – que seria o desmatamento – também o faz de forma indireta, com o constante despejo de lixos e esgotos domésticos em seus leitos, o que compromete a qualidade da água e o restante do bioma existente na região. A criação do Parque Ecológico do Rio Cocó é uma tentativa de preservação deste meio ambiente, mas a falta de uma análise mais apurada das unidades geoambientais impossibilita caracterizar o grau de vulnerabilidade daquele ambiente.

Logo, o monitoramento ambiental com base em imagens de alta resolução permitirá acompanhar e entender as transformações ocorridas nos últimos anos, de forma a caracterizar a vulnerabilidade do estuário do Rio Cocó e seus entornos, e a fim de que auxilie na adoção de medidas públicas mais eficazes para preservação do Parque, resguardando o berçário marinho que o estuário proporciona em qualquer meio preservado.

1.1. Localização da Área de Estudo

A área de estudo está localizada no município de Fortaleza, no Estado do Ceará, pelo estuário do Rio Cocó, que faz parte da bacia hidrográfica metropolitana, situado no setor leste do Estado do Ceará (Figura 1). O estuário do Rio Cocó engloba, ao Norte do rio, os bairros São João do Tauape, Dionísio Torres, Cocó, Cidade 2000, Manoel Dias Branco e Praia do Futuro II, e ao Sul do rio, os bairros Jardim das Oliveiras, Salinas, Guararapes, Edson Queiroz e Sabiaguaba.

Figura 1 – Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

O acesso à área de estudo pode ser feito: a) pelo setor Oeste, partindo-se do Campus do Pici, seguindo-se pela BR-116 ou pela Avenida Governador Raul Barbosa/Almirante Henrique Sabóia; b) pelo setor Central da área, seguindo-se pela Avenida Engenheiro Santana Júnior/Washington Soares; e c) pelo setor Leste da área de estudo, seguindo-se na Avenida Dioginho, no bairro Praia do Futuro.

1.2.Objetivos

De acordo com as informações supracitadas, tomou-se como objetivo principal deste trabalho a aplicação das técnicas de processamento de imagens de alta resolução espacial para geração de mapas de vulnerabilidade natural e ambiental relacionados ao estuário do Rio Cocó, e seus entornos, no município de Fortaleza/CE, na escala de semidetalhe (1:50.000), com a utilização de imagens dos sensores remotos SPOT 5 e RapidEye.

1.2.1. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos serão feitos:

- ✓ Mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 2012, pela imagem do RapidEye, e de 2014 pela imagem SPOT 5, possibilitando a comparação da qualidade dos dados gerados pelos distintos sensores;
- ✓ Confecção dos mapas temáticos (geologia, pedologia, geomorfologia, vegetação) a partir de uma base de dados existente, mas adaptados às imagens RapidEye e SPOT 5 pelo remapeamento em detalhe na escala de 1:50.000;
- ✓ Confecção de Mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental na escala de 1:50.000.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Análise Geoambiental Integrada

Tendo como princípio o fato de que a paisagem é composta por diversos elementos naturais, a sua análise deve ser realizada de tal maneira a contemplar esse conjunto de variáveis de forma integrada. Santos (2006) já considerava a necessidade dessa análise da paisagem de forma associada com o objetivo de entender a estrutura e as condições de funcionamento do meio físico.

Ainda nesse sentido, Magalhães e Silva (2010) afirma que o sistema é um conjunto de elementos interdependentes, cada qual com uma ou mais funções específicas, funcionando de forma interconectada. O termo unidade de paisagem ou sistema ambiental são considerados nesse caso como sinônimos de geossistema.

De acordo com Bertrand (2004), o geossistema é uma unidade de paisagem onde a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos se situam, constituindo, assim, uma boa base para estudos de organização do espaço. O geossistema é formado de paisagens diferentes que representam os seus diversos estágios de evolução, não apresentando necessariamente uma grande homogeneidade fisionômica.

Dessa forma, conclui-se que o geossistema é considerado um sistema aberto, natural, dotado de um dinamismo, variando temporo-espacialmente e considerando o homem como um fator modificador do mesmo (MAGALHÃES e SILVA, 2010).

A análise geoambiental, portanto, pauta-se na análise integrada da paisagem, tendo como método o modelo geossistêmico proposto por Bertrand (2004). Sendo essa considerada a melhor maneira de analisar uma paisagem, avaliando todos os elementos e dinamismo associados ao espaço estudado.

2.1.1. Conceitos de Vulnerabilidade Natural e Ambiental

No sentido amplo da palavra, suscetibilidade significa capacidade de receber impressões ou sensações, ou ainda a disposição especial do organismo para acusar influências exercidas sobre ele. Enquanto que a vulnerabilidade, de acordo com Tagliani (2002), significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um

uso antrópico qualquer.

No âmbito das geociências, Zanella (2013) afirma que o termo vulnerabilidade vem sendo utilizado para expressar a instabilidade dos ambientes. Assegura ainda a autora que além dos elementos naturais e da dinâmica, também são consideradas as intervenções humanas e seus reflexos no ambiente.

Zanella (2012) avalia também que as regiões ou áreas e populações vulneráveis são aquelas que, devido às suas características geomorfológicas ou por sua localização geográfica, podem ser atingidas por algum tipo de evento como inundações, enxurrada e seca.

A vulnerabilidade se manifesta, conforme afirma Santos (2006), pela irracionalidade do processo de ocupação do espaço. Assim, a vulnerabilidade torna-se mais evidente em ambientes urbanizados.

Santos (2006) aponta sua ideia de vulnerabilidade ambiental

O estudo da vulnerabilidade ambiental pauta-se numa relação mútua entre os processos ecológicos e sociais, e a maior ou menor vulnerabilidade se dá face às potencialidades e limitações, sazonalidade, desenvolvimento dos processos produtivos e formas de uso e ocupação do solo. (SANTOS, 2006, p.36)

Podemos concluir de maneira simplificada que a vulnerabilidade natural é composta pelos fatores e variáveis naturais, ou seja, os modificadores da paisagem são oriundos do próprio ambiente e de suas características específicas. Enquanto que a vulnerabilidade ambiental trata das condicionantes do ambiente natural somadas às influências antrópicas.

2.1.2. Sensoriamento Remoto em Estudos Ambientais

A análise integrada de sistemas ambientais proposta por Bertrand (2004) pode ser colocada em prática com a utilização das técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens.

O sensoriamento remoto, de acordo com Meneses (2012), é uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para levantamento e monitoramento dos recursos terrestres. A sua origem em meados dos anos 1960 deve-se à corrida espacial vivenciada na época.

Meneses (2012) define cientificamente que

O sensoriamento remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e mediação quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres. (MENESES, 2012, p.3)

Uma das principais vantagens do uso dos sensores remotos, além da possibilidade de se estudar um determinado objeto sem que haja um contato físico, é exatamente a capacidade de imagear em curto espaço de tempo toda a superfície do planeta de uma maneira sistemática (MENESES, 2012). Essa periodicidade permite a detecção e o monitoramento das mudanças que ocorrem na superfície terrestre, possibilitando o uso nas análises ambientais dos diversos ecossistemas terrestres.

Já o processamento digital, de acordo com Meneses (2012), consiste na execução de operações matemáticas dos dados gerados pelos sensores remotos, objetivando melhores qualidades espectrais e espaciais apropriadas para uma determinada aplicação ou resolução de um tipo específico de problema.

Essas técnicas de processamento permitem a simplificação da exploração, interpretação e extração das informações contidas na imagem de interesse, e ainda a possibilidade de relacioná-las ou não com parâmetros estatísticos.

Entendendo esse contexto, passamos então para Fitz (2008), que afirma

A classificação de uma imagem nada mais é do que a identificação de determinados elementos nela presentes, pela associação de cada um de seus pixels a uma determinada classe preestabelecida. Isso permite a criação de imagens virtuais da área para realização de um posterior cruzamento das informações obtidas, ou mesmo para a elaboração de mapas temáticos. Os temas obtidos serão o resultado da classificação realizada dentro dos parâmetros utilizados. (FITZ, 2008, p.160)

Ainda de acordo com o autor, a classificação ou simbologia específica em um mapa nada mais é do que a identificação de determinados elementos presentes na imagem analisada, fornecendo dessa maneira uma representação dos fenômenos existentes sobre a superfície terrestre.

Esses mapas temáticos, confeccionados a partir da classificação das imagens de sensores remotos orbitais e após um processamento digital das mesmas, podem ser transformados em diversas camadas de dados, uma para cada tema a ser representado por meio de um SIG (Sistema de Informações Geográficas). Isso facilita a realização de operações de análise, com a manipulação dos dados gráficos e não-gráficos de forma integrada.

De acordo com Santos e Bernardino (2010):

Os métodos de análise multicritérios vêm sendo amplamente utilizados, e esse método se constitui num sistema de suporte a tomada de decisão baseado na combinação de variáveis ou critérios segundo diferentes métodos. Ele deve ser utilizado em situações que a análise de apenas uma variável não representa a realidade do fenômeno estudado. (SANTOS E BERNARDINO, 2010, p.39)

A possibilidade de manipular simultaneamente mais de um critério, dada pelas

metodologias multicritério, permite o fornecimento de dados mais concretos para tomada de decisão. Esta se torna a sua principal vantagem, e por consequência sua principal desvantagem, em razão da complexidade de execução das ações.

Pode-se perceber diversas áreas de aplicações para os produtos do sensoriamento remoto, tais como: planejamento e gerenciamento urbano, classificação de solos e vegetação, gerenciamento de bacias hidrográficas, mapeamento do uso da terra, gerenciamento costeiro e marítimo, controle de queimadas, estudo de modificações climáticas, gerenciamento florestal etc.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1.Procedimentos técnicos-operacionais

A metodologia adotada no trabalho consistiu na divisão em três etapas principais de atividades:

Etapa 1 – Pré-Campo: levantamento bibliográfico de temas que abordem a utilização das imagens de sensores remotos orbitais aplicados a análise ambiental, trabalhos relacionados ao estudo de vulnerabilidade natural e ambiental e áreas de risco, obtenção de dados e mapas pré-existentes da área de estudo, aquisição e pré-processamento das imagens orbitais, para correção radiométrica e geográfica das mesmas, aplicação de técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) para realce das informações superficiais das imagens de satélite, confecção dos mapas preliminares pela vetorização dos dados no Sistema de Informações Geográficas (SIG);

Etapa 2 – Campo: validação das informações obtidas no mapa preliminar, coleta dos dados para geração dos mapas temáticos, e levantamento fotográfico das feições ou unidades geoambientais observadas na área de estudo para caracterização posterior das mesmas;

Etapa 3 – Pós-Campo: tratamento dos dados obtidos em campo através de programas específicos, integração e análise dos dados espaciais no meio digital, confecção dos mapas temáticos e de vulnerabilidades (natural e ambiental) da área em estudo, e por fim avaliação da técnica utilizada e dos produtos gerados.

A primeira etapa corresponde aos trabalhos iniciais, definidos como Pré-Campo, que engloba os levantamentos bibliográficos de trabalhos existentes para a região do Cocó, que estejam inseridos no tema geoambiental, geomorfológico e geológico, como por exemplo, relatórios de graduação, dissertações de mestrado, teses de doutorados, trabalhos científicos, entre outros materiais, para embasamento teórico e metodológico do assunto a ser tratado. Ainda nessa etapa foram adquiridas as imagens orbitais dos satélites SPOT 5 e RapidEye, disponibilizadas pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), respectivamente, que foram posteriormente pré-processadas e corrigidas por meio de técnicas de PDI.

As imagens foram processadas utilizando técnicas de Processamento Digital de Imagens com uso de *softwares* ER-Mapper 7.0[®] e ENVI 5.0[®], com o intuito de realçar as informações geoambientais pela combinação das bandas espectrais em composição colorida pelo sistema de cor *Red-Green-Blue* (RGB), razões entre bandas e Índice de Vegetação por

Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI), principalmente.

Na razão entre bandas, foi utilizada a fórmula do NDVI (Equação 1), para o canal *Red* (R), o qual se baseia na razão simples da diferença entre o comprimento de onda onde a vegetação mais reflete a radiação solar e o comprimento de onda onde ela menos reflete (ROUSE et al., 1974), cujas razões foram para as bandas 5 e 4 no sensor referente a imagem RapidEye, e as banda 4 e 3 no sensor do SPOT 5. (Equação 1).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (\text{Equação 1})$$

Nos canais *Green* (G) *Blue* (B) foram utilizadas as bandas espectrais 3 e 2, respectivamente nas imagens RapidEye, e as bandas espectrais 1 e 2 nas imagens SPOT 5, para auxiliar no contraste das informações geoambientais, principalmente ressaltando a condição de ocupação urbana e relevo. Outras composições também foram realizadas para posterior comparação de feições e qualidade de resposta espectral com o objetivo principal de facilitar a visualização e vetorização das feições presentes na área de estudo, como vegetação, ruas, estradas, corpos hídricos, entre outras.

Ainda nesta etapa de Pré-Campo foram adquiridos dados vetoriais existentes disponibilizados gratuitamente pelos *sites* do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Coordenadoria de Desenvolvimento Urbano (COURB) e IPECE. Esses dados serviram como base na elaboração dos mapas temáticos em ambiente SIG. Todos os dados foram organizados em um Banco de Dados Geográfico (BDG), que serviu como fonte de consulta e análise das informações para geração dos primeiros mapas para realização dos campos subsequentes.

A segunda etapa correspondeu ao levantamento de campo, com visitas realizadas de forma programada na área de estudo para identificação e validação dos mapas preliminares elaborados. Essa coleta foi realizada através da marcação de pontos-chaves com GPS e fotografias dos geoambientes encontrados na área, com o objetivo de validar o detalhamento previsto.

Na terceira e última etapa prevista neste projeto, houve a reavaliação dos dados obtidos nos mapas preliminares por meio dos levantamentos de campo e correção do SIG, integração e análise dos dados espaciais no meio digital com utilização do *software* ArcGIS 10[®], com a confecção dos mapas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental da área em estudo. A elaboração dos mapas previstos usou como base os mapas temáticos de geologia,

geomorfologia, pedologia, vegetação e uso e ocupação, além da metodologia de classificação supervisionada. Com os mapas prontos, foram observados os pontos críticos ou considerados potencialmente vulneráveis aos entornos da região em estudo.

3.1.1. SPOT 5 e RapidEye

Segundo o site da Embrapa o satélite SPOT 5, lançado em maio de 2002, é um dos satélites da série SPOT que está sob responsabilidade do CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*) da França. Esse satélite opera em bandas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio como descritos na Tabela 1. A sua grande vantagem em estudos aplicados está na possibilidade da aquisição de imagens orbitais tridimensionais (estereoscopia cilíndrica) e pela resolução espacial do canal pancromático de 5 metros.

Tabela 1 - Principais instrumentos e sensores do SPOT 5

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial (M)	Resolução Temporal	Faixa Imageada (Km)
HRG	PA e SUPERMODE	0,48 - 0,71	2,5 ou 5	26 dias	60 X 60
	B1	0,50 - 0,59	10		
	B2	0,61 - 0,68			
	B3	0,78 - 0,89			
	SWR	1,58 - 1,75	20		
HRS (gera pares estereoscópicos)	PA	0,49 - 0,69	5 a 10	26 dias	120 X 600
Vegetation & Vegetation-2	B0	0,43 - 0,47	1000	24 horas	2250
	B2	0,61 - 0,68			
	B3	0,78 - 0,89			
	MIR	0,58 - 0,75			

Fonte: adaptado de *site* Embrapa (2013)

Já o satélite RapidEye é uma missão composta por 5 microssatélites multiespectrais, lançados simultaneamente em 29 de agosto de 2008, e seu controle é feito por uma empresa privada alemã. O diferencial oferecido pelos microssatélites é a capacidade de produzir

conjuntos de imagens em pouco tempo, de qualquer ponto da Terra, sendo dessa maneira muito útil no monitoramento de eventos ambientais. Os cinco satélites RapidEye apresentam os sensores REIS, que obtêm imagens da Terra em cinco faixas espectrais: azul, verde, vermelho, red-edge (sensível a alterações do teor de clorofila das plantas) e infravermelho próximo (Tabela 2). A resolução espacial oferecida pelo sensor é de 6,5 metros e 5 metros nas ortoimagens (EMBRAPA).

Tabela 2 - Principais instrumentos e sensores do RapidEye

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (Nm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada	Resolução Radiométrica
REIS (RapidEye Earth Imaging System)	Azul	440 - 510	6,5 m (nadir) e 5 m para ortoimagens	24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir)	77,25 km	12 bits
	Verde	520 - 590				
	Vermelho	630 - 690				
	Red-Edge	690 - 730				
	Infravermelho próximo	760 - 880				

Fonte: adaptado de *site* Embrapa (2013)

Há a necessidade do conhecimento tanto das características dos satélites, quanto principalmente as especificações dos seus respectivos sensores (Tabela 3). Entendendo a resolução espectral de cada imagem podemos compara-las com a divisão do espectro eletromagnético, como observados na Figura 2. Essa informação é uma ferramenta auxiliadora na compreensão dos métodos de PDI, que serão aplicados para cada uma das imagens, com a finalidade do realce de determinados elementos naturais ou antrópicos necessários na confecção dos mapas temáticos e finais.

Figura 2 – Divisão do espectro eletromagnético

Intervalo Espectral	Comprimento de Onda
Raios cósmicos	0,01 A°
Raios gama	0,01 – 0,1 A°
Raios X	0,1 – 10 A°
Ultravioleta	100nm – 0,38µm
Visível	0,38 – 0,76 µm
Infravermelho próximo	0,76 – 1,2 µm
Infravermelho de ondas curtas	1,2 – 3,0 µm
Infravermelho médio	3,0 – 5,0 µm
Infravermelho termal	5,0 µm – 1 mm
Micro-ondas	1 mm – 100 cm
Rádio	1 m – 10 km
Áudio	10 – 100 km
Corrente alternada	> 100 km

Obs: A° = 10⁻¹⁰ m; nm = 10⁻⁹ m; µm = 10⁻⁶ m

Fonte: Meneses (2012)

Tabela 3 - Principais características dos satélites SPOT 5 e RapidEye

Características	SPOT 5	RapidEye
Instituição Responsável	Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)	RapidEye AG
País/Região	Estabelecido por iniciativa do governo francês em 1978, com a participação da Suécia, Bélgica e Itália.	Alemanha
Lançamento	04/05/2002	29/08/2008
Situação Atual	Ativo	Ativo
Órbita	Polar, Circular e Heliossíncrona	Heliossíncrona
Altitude	823 km	630 km
Inclinação	98°	97.8°
Tempo de Duração da Órbita	101,4 min	96,7 minutos
Horário de Passagem	10:30 a.m	11:00 a.m
Período de Revisita	26 dias	24 horas
Instrumentos Sensores	HRG, HRS VEGETATION-2	REIS

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

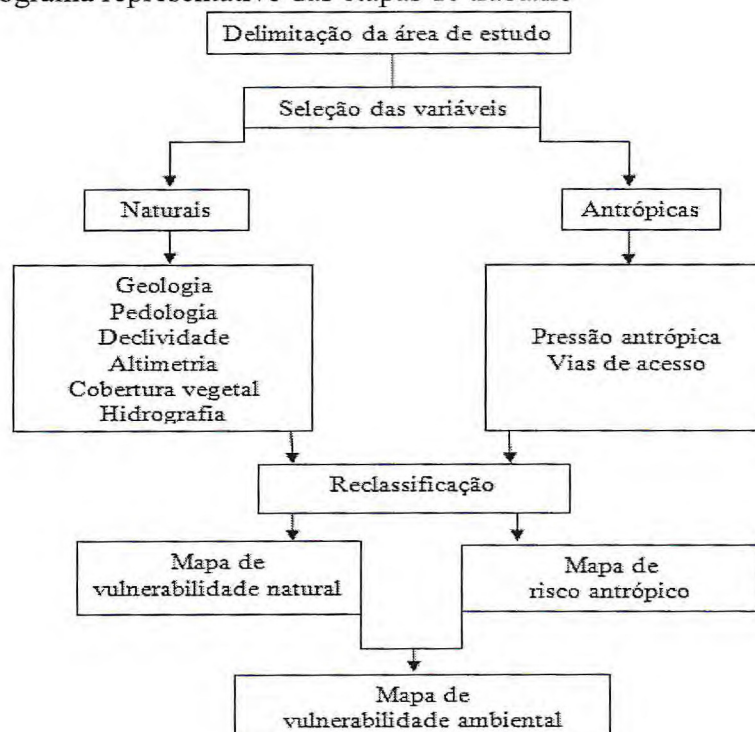
3.2. Seleção e Cruzamento das Variáveis

De acordo com Santos (2014), para áreas relativamente pequenas espacialmente, podemos adotar as seguintes variáveis: geologia, pedologia, geomorfologia, declividade, altimetria, cobertura vegetal e hidrografia. Essa metodologia para confecção das cartas de vulnerabilidade natural nada mais é que uma releitura dos pressupostos estabelecidos por Crepani et al. (2001) e por Santos e Bernardino (2010).

O primeiro autor refere-se à produção de cartas de vulnerabilidade à perda de solo, com utilização e aplicação dos conceitos de sensoriamento remoto e geoprocessamento, para o Zoneamento Ecológico e Econômico. Já o segundo autor contempla a identificação das áreas de fragilidade ambiental, também por meio das ferramentas de geoprocessamento.

Assim temos a seleção das principais variáveis na confecção do primeiro mapa, que identifica a Vulnerabilidade Natural do ambiente em questão. Mas para produzir o mapa final, ou chamado mapa de Vulnerabilidade Ambiental, devemos considerar ainda duas variáveis importantes: as vias de acesso e a pressão antrópica. O fluxograma a seguir, representado pela Figura 3, descreve todas as etapas de trabalho e geração de mapas temáticos adotados nesse trabalho.

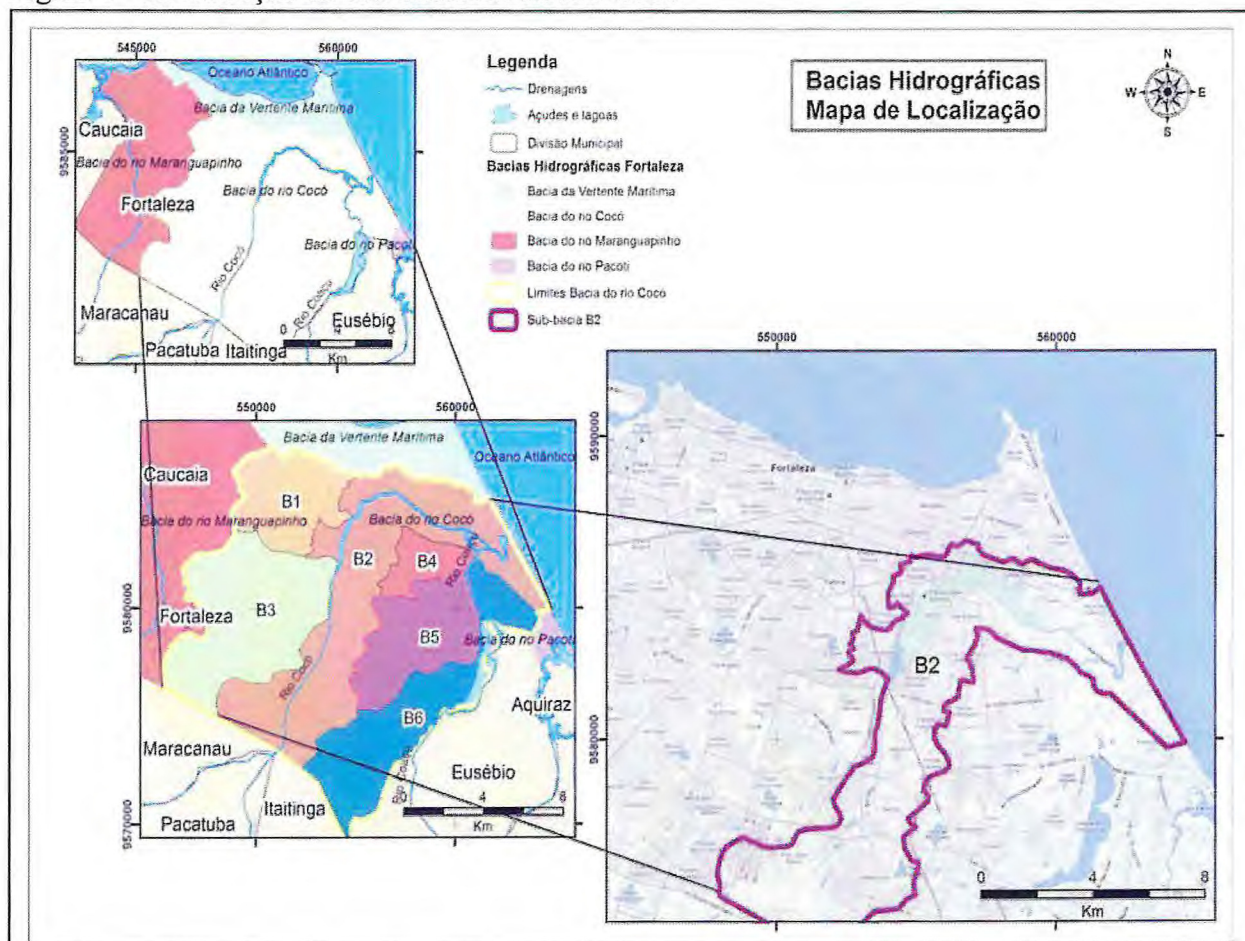
Figura 3 - Fluxograma representativo das etapas de trabalho



Fonte: Santos (2014)

As informações cartográficas sobre todas as variáveis utilizadas na criação dos mapas temáticos foram retiradas do Diagnóstico Geoambiental do município de Fortaleza, realizado por Souza *et al* (2009). Os dados de altimetria e declividade foram extraídos da imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Depois, as variáveis selecionadas foram convertidas para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000, com projeção UTM e zona 24 Sul.

Figura 4 - Localização da sub-bacia B2 do Rio Cocó



Fonte: Silva (2013)

A delimitação da área de estudo foi feita de acordo com a divisão indicada por Silva (2013), na qual a Bacia Hidrográfica do Rio Cocó é subdividida em seis grandes sub-bacias. De acordo com o autor, essa divisão está registrada no Inventário Ambiental de Fortaleza, elaborado em 2003, o qual define as seis sub-bacias e as suas respectivas micro-bacias, e o Rio Cocó localizado na sub-bacia B2 (Figura 4 e Quadro 1).

Quadro 1 - Recursos hídricos por sub-bacias – Bacia Hidrográfica do Rio Cocó

BACIAS	RECURSOS HÍDRICOS (MICRO-BACIAS)
B-1	Lagoa do Porangabuçu; Riacho Tauape; Lagoa do Opaia; canal da av. Aguanambi; Riacho Cocó/Lagamar
B-2	Rio Cocó; canal do Jardim América; riacho da Lagoa Palmirim; riacho do Açude; Guarani; riacho do Açude Antonio da Costa; riacho do Açude Jangurussu; Açude; Fernando Macedo; Lagoa do Gengibre/Grande; rio Coaçu; riacho da Lagoa do Gengibre/Grande; Lagoa do Palmirim/Azul; Lagoa da Maria Vieira; Lagoa do amor; Açude Jangurussu.
B-3	Açude Osmani Machado; riacho da Lagoa do Acaracuzinho; Lagoa do Germano; riacho da Lagoa da Libânia; Lagoa do Catão/Pequeno Mondubim; Lagoa da Maraponga; riacho da Lagoa da Maraponga; Lagoa Seca/Taperaoba; Açude José Pires; Lagoa Itaoca; Açude do Soldado/Subsistência; riacho da Lagoa Itaoca; Açude São Jorge; Lagoa da Aldeia Velha; Açude Alencar; Açude Monte Negro; Lagoa do Passaré; Lagoa da Boa Vista; Açude Uirapuru
B-4	Lagoa Colosso (34); Lagoa Água Fria/Seca
B-5	Açude Danilo; Lagoa da Messejana; Riacho da Lagoa de Messejana; Lagoa do Coité; Riacho da Lagoa Redonda; Lagoa da Sapiranga; Lagoa do Soldado; Lagoa Redonda I; Lagoa Redonda II; Lagoa Jacarey;
B-6	Lagoa do Ancuri; Riacho da lagoa do Ancuri; Açude Bolívar; Lagoa Pariri; Lagoa São João; Lagoa da Paupina; Lagoa do Meio I; Lagoa do Meio II; Açude Guarani; Riacho do Açude Guarani; Lagoa Taíde; Lagoa Precabura; Açude Coaçu.

Fonte: Silva (2013)

4. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. Aspectos Fisiográficos

4.1.1. Geologia e Geomorfologia

Fortaleza apresenta um quadro geológico relativamente simples, observando-se a presença de terrenos cristalinos e coberturas sedimentares cenozóicas. Essas coberturas se destacam na avaliação do meio físico por se relacionarem diretamente com as ações antrópicas e tem suas características naturais modificadas de forma irreversível pelo processo de ocupação desordenada.

Segundo Brandão et al. (1995), a Formação Barreiras de idade miocênica superior a pleistocênica distribui-se como uma faixa de largura variável acompanhando a linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais. Sua espessura também é bastante variável, em função do seu relacionamento com a superfície irregular do embasamento, sobre o qual repousa em discordância erosiva angular. Por vezes aflora na linha de praia, formando falésias vivas. Litologicamente, é formada por sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomerático.

Formam relevos tabulares e dissecados por vales, com inclinação em direção ao mar não superiores a 5° e cotas altimétricas baixas. São os glaciais de deposição pré-litorâneos ou tabuleiros pré-litorâneos que são esculpidos pelas águas dos principais Rios que drenam Fortaleza (Cocó, Maranguapinho, Pacoti e seus afluentes), formando vales alongados e de fundo chato.

De acordo com Souza et al. (2009), os fundos de vales no Município de Fortaleza são formados por depósitos flúvio-aluvionares, onde predominam sedimentos com granulometria no tamanho areia, cascalho, silte e argila. Esses depósitos ocorrem em discordância sobre os terrenos cristalinos, constituindo faixas estreitas, geralmente formados por sedimentos grosseiros ao longo da calha fluvial, enquanto apresentam granulometria mais fina nas áreas de inundação. Na área de influência dos terrenos sedimentares, os rios e riachos formam depósitos mais espessos, provenientes do retrabalhamento da formação barreiras e das dunas, sendo constituído por areias finas, siltes e argilas. Nas planícies lacustres, são

encontrados, sobretudo, sedimentos finos, que ocorrem associados a grande quantidade de matéria orgânica.

Segundo Souza et al. (2009) os sedimentos areno-quartzosos da planície litorânea têm aspectos morfológicos diferentes nas faixas de praia e terraços marinhos, dunas móveis e fixas, com diferentes idades e gerações. A planície litorânea se divide em subunidades ou nas seguintes feições morfológicas: faixa de praia, terraço marinho, campo de dunas fixas e móveis e planície flúvio-marinha.

As praias formam um depósito contínuo e se dispõem de modo alongado por toda a costa, desde a linha de maré mais baixa até a base de dunas móveis. Os *beach rocks* ou arenitos de praia são formações que ocorrem em diversos trechos da costa. Possuem forma alongada, formados por sedimentos de praia, cimentados por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese média ou alta. Geralmente afloram na zona de estirâncio e na zona de arrebentação.

Os terraços marinhos são superfícies formadas a partir do recuo da linha de costa, e encontra-se entre zona de alta praia e a base do campo de dunas, como ocorre na Praia do Futuro e Sabiaguaba. (SOUZA et al., 2009).

As dunas geram cordões, quase contínuos, paralelos à linha de costa, sendo interrompidos em certos trechos por planícies fluviais e flúvio-marinhas e por sedimentos mais antigos pertencentes ao Barreiras, que por vezes se projetam até à linha de praia, expondo-se como falésias. As dunas ocorrem como dunas móveis e semifixas e dunas fitoestabilizadas.

Brandão (1995) caracteriza as dunas móveis ou semifixas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximo à linha de praia, onde a ação dos ventos é mais intensa. Podem também apresentar um recobrimento vegetal pioneiro, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica tornando-as semifixas. Quanto à morfologia, apresenta feições de barcana (meia lua), com suaves declives a barlavento. À retaguarda das dunas móveis ou semifixas estão aquelas que apresentam processos pedogenéticos, gerando fixação de um revestimento vegetal de maior porte. Morfologicamente, exibem feições típicas de dunas parabólicas, com eixos alinhados na direção E-W, refletindo a predominância dos ventos do quadrante leste.

A planície flúvio-marinha é um ambiente complexo, que sofre influência das oscilações das marés e dos processos continentais. É formada pela deposição de sedimentos argilosos, ricos em matéria orgânica em suas áreas de inundação, e vegetação de mangue. De importância fundamental para a bioestabilização da planície flúvio-marinha e na deposição de sedimentos fluviais nas margens dessa planície, os manguezais atuam como filtro entre o continente e os oceanos, atenuando efeitos de inundações e avanços das marés e funcionando como "área tampão".

A planície flúvio-marinha ocupa desde os trechos do rio Cocó localizados na BR-116 até a sua foz, onde forma um estuário. Nessas áreas, pelas condições adversas, com alta salinidade da água e do solo, níveis muito baixos de oxigênio no solo e frequentes inundações pela maré alta, as espécies vegetais mais dominantes são os mangues *Rhizophora mangle* L, *Avicenia Schaveriana* Stapf. e Leech, e *Laguncularia racemosa*.

O manguezal do Rio Cocó forma uma mata de mangues de rara beleza, situado no coração de Fortaleza onde várias espécies de moluscos, crustáceos, peixes, répteis, aves e mamíferos compõem cadeias alimentares com ambientes propícios para reprodução, desova, crescimento e abrigo natural.

A planície flúvio-marinha do Rio Cocó vem passando por diversas transformações ocasionadas pelo processo de urbanização e ocupação irregular. A região vem sofrendo com processos de alagamento no período de cheias que ocorrem pelo aumento da permanência das águas sobre a superfície, consequência da impermeabilização do solo.

4.1.2. Aspectos Hidroclimáticos

O clima é um fator preponderante no semiárido nordestino, onde as taxas de evaporação são quase quatro vezes maiores do que a precipitação pluviométrica. Associado a isso, há uma má distribuição espacial e temporal das chuvas e períodos de seca de até cinco anos.

A circulação atmosférica na área da bacia do Cocó é regida basicamente por três sistemas sinóticos: as frentes frias originárias do polo Sul, Centro de Vorticidade Ciclônica e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), além de outros sistemas de menor escala que atuam na área como as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa, e as brisas marítimas. (BRANDÃO et al., 1995; SOUZA, 2000).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o sistema meteorológico mais importante na determinação do quão abundante ou deficiente serão as chuvas. Caracteriza-se por uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. Sua atuação se torna mais evidente na sua máxima aproximação no Hemisfério Sul, durante o Equinócio Outonal, por volta de 23 de março, retornando ao Hemisfério Norte no mês de maio, ocasionando o declínio do período chuvoso.

Fortaleza apresenta duas estações definidas, uma seca e outra chuvosa, com variação temporal e espacial de precipitação, resultado da atuação dos sistemas atmosféricos com os

fatores climáticos. Durante o período seco, Fortaleza fica sob ação do Sistema Tropical, vinculado ao Anticiclone Atlântico Sul, causando estabilidade do tempo a partir do segundo semestre. As maiores chuvas ocorrem durante a presença da ZCIT mais ao sul (fevereiro a maio).

O índice pluviométrico em Fortaleza ultrapassa 1200 mm/ano, o que favorece maior disponibilidade hídrica e melhor condição de reservas em relação as regiões semiáridas do estado. Porém, existe irregularidade nesses índices em decorrência dos fenômenos El Niño e La Niña e das temperaturas dos oceanos tropicais. O El Niño é responsável por prolongar o período de seca e o La Niña provoca maior incidência de chuvas que resultam em problemas nas áreas de riscos ambientais.

Fortaleza encontra-se numa faixa intertropical e nas proximidades da linha do Equador, sendo submetida a uma forte incidência de radiação solar ao longo do ano, contribuindo para elevadas médias de temperatura.

A bacia Hidrográfica do Rio Cocó não foge a essa regra, pois a temperatura média de Fortaleza é de 26,6° C, enquanto a média das mínimas é de 23,5° C e a média das máximas é de 29,9° C (SANTOS, 2006, p.61).

As condições climáticas de Fortaleza associadas à ocorrência de corpos hídricos superficiais favorecem o processo de evaporação, que por sua vez implica em perdas significativas no volume de água. Como há uma relação direta desse processo com regime pluviométrico, no período de março a maio é registrado o menor índice de evaporação, que corresponde, em média, a 15% da evaporação anual. Contudo, o período de setembro a novembro concentra quase um terço do total anual evaporado. Na zona litorânea, a taxa média de evaporação fica em torno de 2.300 mm enquanto nas áreas mais interiores alcança valores de 2.800 mm (BRANDÃO, 1995).

Os rios da bacia do rio Cocó apresentam traços característicos, principalmente em relação à duração do escoamento e seu padrão de drenagem em conformidade com os sistemas ambientais configurados. De certa forma, os rios tendem a refletir o regime pluviométrico (SOUZA, 2000).

A irregularidade pluviométrica e a má distribuição das chuvas ao longo do ano asseguram um regime intermitente sazonal, com exceção dos níveis mais elevados da Serra da Aratanha. Já sob as condições de maior permoporosidade dos tabuleiros pré-litorâneos e da planície litorânea, o escoamento passa a ser perene, em razão da maior capacidade de retenção de água no solo e ocorrência de lagoas costeiras e afloramento do lençol freático, principalmente nas proximidades do campo de dunas (BRANDÃO, 1995).

4.1.3. Solos e Cobertura Vegetal

Os solos ocorrentes em Fortaleza têm variações significativas quanto à tipologia, classes de solos e variação espacial. São dominantes as seguintes classes de solos: Neossolos Quartzarênicos, Argissolos Vermelhos-Amarelos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos (SOUZA et al., 2009, p.31).

Os Neossolos Quartzarênicos são solos arenosos geralmente profundos, pouco desenvolvidos, excessivamente drenados e baixa fertilidade natural limitando assim o seu uso agrícola. Apresentam coloração esbranquiçada ou amarelada. Sua distribuição geográfica está associada à Planície Litorânea e a setores dos Tabuleiros Pré-litorâneos da Formação Barreiras.

De acordo com Souza et al. (2009), na planície litorânea, os Neossolos Quartzarênicos podem ser encontrados nos campos de dunas e trechos da faixa praial, onde se verifica o desenvolvimento de cobertura vegetal.

São solos pobres em matéria orgânica e nutrientes apresentando uma vegetação constituída principalmente por espécies herbáceas e arbustivas de vegetação pioneira do complexo vegetacional litorâneo, com exceção das áreas à sotavento do campo de dunas.

As dunas fixas passaram por processos físico-químicos que promoveram a formação de solos. Essas regiões, onde ocorreram o desenvolvimento do perfil do solo, apresentam um revestimento vegetal de porte arbóreo. Os principais representantes de sua flora são: João-mole (*Pisonia tormentosa*), jucá (*Caesalpinia férrea*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), pau d'arco roxo (*Tabebuia avellanedae*), tatjuba (*Chloroflora tinctoria*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*).

Nos campos de dunas (Figura 5), as regiões mais próximas ao mar caracterizam-se pela presença de uma vegetação pioneira, onde predominam gramíneas e herbáceas de pequeno porte que formam um estrato rasteiro que atua na fixação das dunas dando início ao processo de pedogênese. Como espécies mais representativas destacam-se: salsa-da-praia (*Ipomoea pescaprae*), bredo-da-praia (*Iresine portulacoides*), capim-da-praia (*Paspalum vaginatum*), cipó-da-praia (*Remirea marítima*), oró (*Phaseolus ponduratus*) e murici (*Byrsonima cerícea*).

Figura 5 - Campos de Dunas nas proximidades da Sabiaguaba, com vegetação característica do tipo gramíneas e herbáceas



Fonte: Autores (2016)

Os Neossolos Flúvicos são formação a partir da sedimentação fluvial. Sua distribuição espacial em Fortaleza está associada à presença de corpos hídricos, notadamente bordejando a calha dos rios de maior porte (Cocó, Maranguapinho, Ceará e Coaçu) e às margens de lagoas sob o domínio dos glaciais de deposição pré-litorâneos, dentre as lagoas, destaque para a da Precabura, Messejana e Maraponga. A vegetação que reveste estes solos é do tipo mata ciliar (Figura 6), hoje completamente descaracterizada pela atividade antrópica. A mata ciliar é representada pela carnaúba (*Copernicia cerifera*), que ocorre associada ao mulungu (*Erythrina velutina*). São encontrados também Oiticica (*Licania rígida*), ingá bravo (*Lonchocarpus sericeus*), Juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), entre outras.

Figura 6 - Trecho na margem do Rio Cocó, nas proximidades do Aterro de Resíduos Sólidos do Jangurussu. Presença de vegetação do tipo mata ciliar e ocupação urbana irregular



Fonte: Teodósio Filho (2016)

Os Gleissolos Sálícos estão associados a ambientes que apresentam altas taxas de salinidade, nas zonas litorâneas e pré-litorâneas, principalmente na planície flúvio-marinha do rio Cocó. Não possuem diferenciações nítidas dos horizontes, sendo muito ricos em matéria orgânica em decomposição. Geralmente apresentam elevadas concentrações de sais, que os tornam inaptos as atividades agrícolas. São nesses solos que se desenvolvem a vegetação de mangue.

O manguezal margeia o estuário do rio Cocó se estendendo até o limite da ação marinha. Sua composição florística é representada pelas seguintes espécies arbóreas: mangue vermelho (*Rhizophora mangle*) (Figura 7), mangue branco (*Laguncularia racemosa*) (Figura 8), mangue siriúba (*Avicennia shaueriana*), mangue canoé (*Avicennia nítida*) e, em menor proporção, o mangue de botão (*Conocarpus erecta*). Os mangues também abrigam espécies que se apoiam em outras como bromélias, orquídeas e samambaias, que se fixam nas copas, formando o estrato superior dos manguezais (BRANDÃO, 1995).

De acordo com a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Lei do Novo Código Florestal) o mangue é considerado Área de Proteção Permanente (APP). Os manguezais constituem ecossistemas complexos e frágeis, desempenhando um papel físico e biológico bastante relevante. Funcionam como filtros naturais, retendo sedimentos e substâncias poluidoras. Servem de abrigo para a reprodução de inúmeras espécies de peixes, crustáceos e moluscos. Desta forma sua ocupação ou retirada é caracterizado como crime ambiental.

Figura 7 - Vegetação da espécie mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), observada aos entornos do estuário do Rio Cocó



Fonte: Autores (2016)

Figura 8 - Vegetação da espécie mangue branco (*Laguncularia racemosa*), observada aos entornos do estuário do Rio Cocó.



Fonte: Autores (2016)

Os Argissolos Vermelhos Amarelos distróficos estão distribuídos nos tabuleiros pré-litorâneos, em relevos planos a suavemente ondulados e na base dos morros residuais. Sua profundidade varia de profundo a moderadamente profundo com textura média a argilosa. São solos bem drenados que apresentam acidez elevada. A coloração apresenta tons desde

vermelho-amarelados até branco-acinzentadas. Por vezes apresentam-se associados a Neossolos Quartzarênicos nas proximidades da zona litorânea. O complexo vegetal dominante é a Mata de Tabuleiros.

De acordo com Souza et al. (2009), essa vegetação apresenta duas feições distintas: subperenifólia e caducifólia. A vegetação subperenifólia é constituída por espécies de porte arbóreo/arbustivo que se distribui, principalmente, nas áreas próximas ao litoral, recobrando Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Neossolos Quartzarênicos. As espécies caducifólias por sua vez são encontradas próximas do contato com a depressão sertaneja, apresentando certa semelhança com as caatingas das depressões sertanejas. As espécies e maior representatividade nos tabuleiros pré-litorâneos são: pau d'arco roxo (*Tabebuia avellanedae*), caraíba (*Tabebuia caraiba*), arapiroca (*Pithecellobium foliolosum*), freijó (*Cordia trichotoma*), Angelim (*Andira retusa*) e cajueiro (*Anacardium occidentale*).

5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

5.1.Aspectos Socioeconômicos do Município de Fortaleza

De acordo com último censo demográfico realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade de Fortaleza é o principal centro urbano do Ceará, concentrando o maior contingente populacional do Estado. Representando 29,1% da população cearense, a população de Fortaleza é estimada em 2.452.185 habitantes distribuída numa área de aproximadamente 314,9 Km², resultando em uma densidade demográfica de 7.786,44 hab./km².

Referido censo mostrou que nas últimas décadas Fortaleza vem apresentando um acentuado crescimento populacional decorrente do intenso processo de urbanização, tornando-se, atualmente, a quinta cidade mais populosa do país. Esse aumento no contingente populacional deve-se principalmente ao elevado êxodo de famílias vindas do interior do Estado, que fogem das dificuldades impostas pelas secas que assolam aquela região. O incremento populacional gera diversos problemas como, por exemplo, o elevado crescimento de favelas em áreas ambientalmente instáveis, aumentando o volume de resíduos e efluentes, o que causa, por sua vez, a contaminação dos solos e recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Tabela 4 - Evolução populacional do Ceará e de Fortaleza

Ano (Censo IBGE)	População (hab.)	
	Ceará	Fortaleza
1940	2.092.301	180.185
1950	2.706.611	270.169
1960	3.296.366	514.818
1970	4.366.970	872.702
1980	5.294.876	1.338.793
1991	6.366.647	1.768.637
2000	6.430.661	2.141.402
2010	8.452.381	2.452.185

Fonte: IBGE (2010)

Com uma taxa de urbanização de 100%, pode-se considerar que o município de Fortaleza é a própria cidade. Isto evidencia uma pressão exercida ao longo destes anos sobre o

meio natural, onde existem atualmente poucos espaços vazios disponíveis para a expansão urbana, fazendo com que haja uma pressão imobiliária na direção de áreas que deveriam ser preservadas (MOURA-FÉ, 2008).

Fortaleza no contexto estadual aparece homogênea, mas entre os 119 bairros da capital as diferenças são bem evidentes. Levando em consideração o Índice de desigualdades socioeconômicas, os bairros são divididos em 5 classes. Os bairros Aldeota, Varjota e Meireles encontram-se no primeiro grupo, correspondendo ao grupo de pessoas com melhor renda e níveis de educação bem mais elevados que os demais. Nas áreas de maior privação, encontram-se as famílias cujos aspectos econômicos, sociais e habitacionais são os mais desfavoráveis. São pessoas com baixos níveis de renda e de educação e que vivem em domicílios sem saneamento básico adequado. As situações mais degradantes ocorrem nos bairros Bom Jardim, Granja Portugal, Pedras e Curió, que são privados de serviços básicos e de infraestrutura.

De acordo com o perfil socioeconômico de Fortaleza lançado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) em 2012 com base no censo do IBGE (2010), observa-se que a cidade de Fortaleza, de uma forma geral, constitui-se numa das cidades mais populosas do país, possuindo a maior densidade demográfica, sendo que o contingente populacional está concentrado na faixa etária de 15-64 anos, período em que as pessoas estão aptas ao mercado de trabalho. Esses dados apontam que além das necessidades de postos de trabalho adicionais para absorver essa mão de obra, há também outras demandas importantes, entre as quais se destaca a habitação e as condições adequadas de infraestrutura urbana, como o saneamento básico, o manejo dos resíduos sólidos urbanos, o abastecimento d'água, o esgotamento sanitário, além de outros serviços públicos essenciais como a educação, transporte, saúde, segurança e habitação.

No Mapeamento da Extrema Pobreza em Fortaleza; constatou-se que a capital cearense possui ainda diversos bairros, especialmente na sua zona periférica, que apresentam grandes conglomerados de miséria. A reversão do quadro de miséria absoluta nessas localidades vai exigir grandes esforços adicionais por parte do poder público (municipal, estadual e federal), especialmente no que se refere ao fornecimento de bens públicos adequados. Chegou-se ainda à conclusão de que em 2010, 93,5% da população com 10 anos ou mais era alfabetizada e que, apesar de ter sido a quinta capital que mais evoluiu neste indicador na última década, Fortaleza ocupava a 21ª posição no *ranking* das 27 capitais brasileiras.

Apesar de Fortaleza concentrar os grandes empreendimentos industriais, comerciais e de serviços e, conseqüentemente, ter uma participação maior na economia estadual frente aos municípios interioranos, nos anos estudados pelo IPECE, de 2002 a 2009, percebeu-se que

houve um leve decréscimo do peso de seu PIB na economia cearense, quando passou de 49,66%, em 2002, para 48,38% em 2009. Esse comportamento revela, de certo modo, que vem ocorrendo uma descentralização da estrutura produtiva estadual, beneficiando, principalmente, o interior do Ceará, o que não deixa de ser promissor, pois sinaliza uma diminuição da macrocefalia da capital do Estado. Os resultados do PIB de Fortaleza de 2009, revelam que a base econômica do município está concentrada basicamente no setor de Serviços (77,78%) e na Indústria (22,09%). O setor Agropecuário, por sua vez, representa apenas 0,13%.

Com relação ao Turismo, Fortaleza é a porta de entrada para as regiões turísticas do Estado. Em 2011, 2,8 milhões de turistas visitaram o Ceará, via Fortaleza, sendo 2,6 milhões de nacionais e somente 220 mil de origem estrangeira. Os principais municípios de Ceará visitados por turistas que ingressam por Fortaleza, são: Caucaia, Beberibe, Aracati, Aquiraz, Jijoca de Jericoacoara, Paraipaba, Trairi, Sobral, Paracuru e São Gonçalo, para citar os dez mais procurados. Em nível nacional, os principais mercados emissores de turistas, via Fortaleza, são os estados do Sudeste, principalmente São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais; e do Nordeste: Pernambuco, Rio Grande do Norte e Bahia.

Classificando as capitais de acordo com o valor da renda domiciliar per capita média em 2010, Fortaleza se apresenta como a 19ª colocada. Resultado este que qualifica a capital cearense em um patamar semelhante as demais capitais da região Nordeste e da região Norte. Entretanto, entre as capitais mais populosas, Fortaleza registrou a segunda menor renda per capita.

Um dos principais problemas enfrentados pela população fortalezense está relacionado ao déficit nos serviços de saneamento básico. Fortaleza apresenta um quadro relativamente frágil nesse tópico, notadamente no atendimento pela rede coletora de esgoto. A taxa de cobertura de esgotamento sanitário ainda é baixa e desigual na capital. Segundo dados do Perfil Municipal de Fortaleza lançado pelo IPECE (2012) a taxa de cobertura de esgoto referente a 2010 é da ordem de 59,56%. Os bairros Cidade 2000, Conjunto Ceará, Meireles, Bom Futuro e Parreão possuem mais de 98% dos domicílios ligados a rede geral de esgoto, enquanto que os bairros Parque Santa Rosa, Parque Manibura, Curió, Parque Presidente Vargas, e Pedras detêm menos de 5%.

Tabela 5 - Percentual de domicílios ligados à rede de esgoto para os dez maiores e menores bairros de Fortaleza, 2012

Bairros	% de domicílios ligados à rede de esgoto	Bairros	% de domicílios ligados à rede de esgoto
10 maiores		10 menores	
Cidade 2000	99,89	Pedras	0,54
Conjunto Ceará I	99,69	Presidente Vargas	2,41
Meireles	99,01	Curió	2,76
Bom Futuro	98,83	Parque Manibura	4,85
Parreão	98,60	Parque Santa Rosa	4,97
Praia de Iracema	97,98	Sabiaguaba	5,67
Joaquim Távora	97,98	Mata Galinha	6,29
Fátima	97,97	José de Alencar	7,27
Aldeota	97,89	Cidade dos Funcionários	8,22
José Bonifácio	97,85	Planalto Ayrton Senna	9,32

Fonte: Adaptado de IPECE (2012)

O baixo percentual de esgotamento sanitário gera a deterioração da qualidade dos recursos hídricos da cidade. Os principais rios e lagoas tornam-se o destino dos efluentes domésticos, comerciais e industriais. Dessa forma, esses recursos deixam de desempenhar os seus diversos usos.

Quanto ao abastecimento de água, verifica-se que Fortaleza tem melhorado bastante, atingindo quase 98% da área municipal. O sistema de abastecimento de Fortaleza tem como mananciais as represas Pacajus, Pacoti, Riachão, Gavião e Acarape. Embora o atendimento seja satisfatório, o sistema funciona com capacidade máxima, segundo a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece, 2007), não suportando ampliações no atendimento. Em função dessa deficiência, estão sendo desenvolvidos projetos para a utilização de outros mananciais. As águas superficiais do município (rios e lagoas) estão poluídas e/ou contaminadas, não permitindo o uso para o consumo humano. Esse fato pode vir a ser um problema caso ocorra o rebaixamento do nível dos reservatórios que garantem o abastecimento local.

5.1.1. Breve Histórico do Processo de Urbanização

Antes de exibir a configuração atual de metrópole em ascensão, a cidade de Fortaleza apresentou um processo de urbanização significativamente lento antes do século XIX. Entretanto, anos mais tarde, as influências expressivas dos fluxos migratórios e da evolução comercial explicam a forma recente de crescimento e organização urbanística da cidade.

No início do século XIX a cidade de Fortaleza inicia efetivamente seu processo de expansão urbana juntamente com as primeiras atividades de exportação. Mas a intensificação do aumento da população pôde ser observada melhor na segunda metade do século XX, com a consolidação da cidade como grande centro urbano cearense (BRUNO e FARIAS, 2016). Como descrito por Santos (2009), com a construção do Porto do Mucuripe na década 1950, o crescimento foi mais acelerado dinamizando assim o processo de ocupação da capital, o que proporcionou a criação da RMF em meados dos anos 1970. Pode ser destacado também como principal fato influenciador os efeitos e reflexos da Revolução Industrial presente nesse momento na história do Brasil.

O crescimento industrial e aumento acelerado da população total do país foram decisivos na determinação do sistema urbano brasileiro, favorecendo o fluxo migratório dos campos para as cidades. Essa alta participação de migrantes, procedentes na sua maioria do interior do Estado, contribui com a expansão das aglomerações faveladas, como colocado por Dantas (2009). Outros fatores como o declínio da pecuária, ocorrência de secas e a falta de dinamismo nos núcleos urbanos do interior, induziram também o crescimento dessa população específica nas recentes zonas urbanas (SANTOS, 2009).

As consecutivas gestões de Fortaleza não conseguiram controlar a explosão que a cidade viveu a partir dos anos 50, com o desordenamento urbano, crescimento das favelas, verticalização e especulação imobiliária (BRUNO e FARIAS, 2016). Essa falta de controle acarretou grande insatisfação, pois os gestores não alcançavam às crescentes demandas da população por serviços públicos e infraestrutura.

Ao longo do século XX, houve uma valorização de novos locais como, por exemplo, a da faixa marítima de Fortaleza, décadas antes renegada, com construção da Avenida Beira Mar em 1963. Outras áreas também próximas da região citada passaram por um processo de valorização imobiliária, sendo hoje considerados bairros nobres e com alto valor predial. Isso ocorreu devido à saída da alta sociedade das áreas centrais de Fortaleza, sendo essa agora apropriada por camadas mais populares e tornando-se entre os anos 1980 e 1990 uma área tipicamente comercial e de serviços voltada para população menos abastarda e de classe média.

Como mencionado por (BRUNO e FARIAS, 2016), alguns outros fatores impulsionaram a visão da faixa de praia como uma nova zona de lazer, como: a constituição do bairro do Meireles – situado junto à orla – a instalação de vários clubes sociais no litoral leste de Fortaleza nos anos 50 e 60, e a construção dos calçadões da Praia de Iracema, do Futuro e da Leste-Oeste nos anos 80.

Ainda no início da década de 1970, as regiões entre a várzea do Rio Cocó e o mar foram escolhidas para a instalação de estabelecimentos de grande porte como, por exemplo, a UNIFOR (Universidade de Fortaleza) no ano de 1973, o Centro de Convenções, a Imprensa Oficial do Ceará (IOCE), entre outros, permitindo dessa maneira o fluxo de pessoas e a consequente valorização das áreas adjacentes. O Shopping Center Iguatemi, construído no ano de 1982, é um exemplo também dado por Dantas (2009) de um espaço que anteriormente não era ocupado e não apresentava um valor correspondente aos espaços localizados em suas imediações.

Com esse aumento da população na cidade, a necessidade e a procura contínua por novos locais para moradia e comércio, os processos de especulação imobiliária e urbanização começaram a revelar os primeiros sinais de desgaste e degradação ambiental sobre os recursos naturais.

5.1.2. Ocupação desordenada da Bacia do Rio Cocó

Com o processo de “explosão urbana” na mais jovem metrópole brasileira, as áreas anteriormente consideradas como impróprias para moradia ou até mesmo áreas de risco, passaram a ser uma opção para a população que não conseguiu se encaixar nas novas atividades produtivas. Zonas mais afastadas do centro comercial e urbano tornaram-se refúgio aos menos favorecidos, como o caso das margens do Rio Cocó.

Segundo Freires (2012), esses espaços não foram ocupados somente por favelas ou por uma população de menor renda e menos assistida. Ao longo dos anos muitos ambientes passaram a ser ocupados também por residências ou por condomínios de luxo atendendo a demanda da alta sociedade. Essa apropriação de novos terrenos ocorreu, como explicado por Dantas (2009), com a expansão do sistema viário, acelerando o processo de especulação imobiliária com a abertura de novos loteamentos sem uma fiscalização eficiente do Poder Municipal e sem a infraestrutura necessária para tal. Descreve o autor ainda que problemas sociais, como a expulsão das classes de menor renda para regiões periféricas, e ambientais,

como o aterramento de lagoas e riachos, assim como o desmonte de dunas, foram acarretados pela especulação imobiliária.

Ao longo da Bacia do Rio Cocó, podemos observar esse processo de ocupação bem característico. Considerado hoje como área nobre, os arredores da parte mais a leste da bacia vem sendo ocupados por grandes empreendimentos, obras públicas e equipamentos urbanos que incorporam à cidade alguns bairros anteriormente afastados. Matos e Neto (2003) descrevem a seguir a situação vivenciada atualmente, mas que desde os anos 1980 pode ser observada, no processo de metropolização da cidade de Fortaleza.

Nos anos oitenta, há uma consolidação deste expansionismo urbano, neste setor da cidade, envolvendo poderosos interesses comerciais, e, sobretudo, imobiliários. São implantados, contraditoriamente, o Parque do Cocó e o Shopping Center Iguatemi, em um mesmo espaço físico, redefinindo zonas residenciais, em áreas de manguezais, em torno de mananciais hídricos; expulsando antigos moradores, de baixa renda, que sobreviviam daquele ecossistema, e atraindo uma população de renda bem mais elevada, pela existência de infraestrutura implantada pela administração pública. (MARCOS e NETO, 2003, p.30)

E como retratado por Zanella et al. (2013), a apropriação deste espaço é complexa, remetendo à ocupação de pessoas menos favorecidas, confrontando-se com o processo atual de expansão urbana, voltada para parcela mais rica da cidade.

O baixo curso do Rio Cocó encontra-se na denominada Sub Bacia B2, área do presente estudo, e corresponde ao setor mais urbanizado da bacia que apresenta ainda em seus limites algumas Unidades de Conservação (UC), como o Parque Ecológico do Rio Cocó e a Área de Proteção Ambiental da Sabiaguaba. Tais UC foram criadas com o objetivo principal de recuperação, manutenção e preservação da natureza.

A especulação imobiliária nos entornos do Parque Ecológico do Rio Cocó, principalmente após a sua implementação, permitiu a venda não só dos prédios, mas de toda a visão panorâmica das áreas que exibiam atrativos naturais. A natureza tem sido vendida por um preço que somente as classes mais abastadas podem pagar, mas, infelizmente, o valor dos impactos sofridos pela natureza é incalculável.

5.2.Planejamento e Gestão Ambiental do Território

De acordo com Cunha (2008) as margens dos rios têm sido o local escolhido para ocupação da população ao longo dos anos. As consequências da ocupação e das atividades desenvolvidas aos seus entornos podem alterar a dinâmica fluvial do ambiente, de diferentes

formas e escalas de intensidade. O autor afirma ainda que dessa forma, os rios espelham as condições naturais e as atividades humanas desenvolvidas na bacia hidrográfica, sofrendo alterações, efeitos e/ou impactos no comportamento da descarga, carga sólida e dissolvida, e poluição das águas.

Já Araújo (2005) garante que os rios formadores de bacias hidrográficas urbanas têm um caráter fundamental de diferenciação. A sua cobertura impermeável, influência diretamente os cursos de água urbanos através do aumento no escoamento superficial.

Com relação a urbanização, Araújo (2005) conclui que

Embora a urbanização possa a melhorar o uso do solo para uma grande variedade de condições ambientais, ela geralmente resulta em alterações nas características físicas, químicas e biológicas da bacia hidrográfica [...]. Conforme a urbanização acontece, as mudanças na hidrologia natural de uma área são inevitáveis. Mudanças hidrológicas e hidráulicas ocorrem em resposta à limpeza do terreno, à terraplanagem e à adição de superfícies impermeáveis. (ARAÚJO, 2005, p.320)

Entendemos então que os processos de urbanização que ocorrem aos entornos da bacia do Rio Cocó têm alterado as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente local. O conjunto dessas ações antrópicas podem acarretar a degradação ambiental, estimulando impactos ambientais negativos.

De acordo com a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, degradação ambiental é definida como “alteração adversa das características do meio ambiente” (art. 3º, inciso II, lei 6.938/31).

Sánchez (2008) sugere que

A degradação ambiental pode ser considerada como qualquer tipo de alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou como uma alteração adversa da qualidade ambiental. Em outras palavras, degradação ambiental corresponde a impacto ambiental negativo. (SÁNCHEZ, 2008, p.27)

A degradação pode se apresentar de diversas formas, sendo a mais conhecida a erosão do solo. Essa é considerada muito séria, pois não é facilmente reversível devido a lentidão dos processos de formação e regeneração do solo. (ARAÚJO, 2005)

Podemos analisar com todas essas informações supracitadas que o crescimento da ocupação desordenada pode gerar impermeabilização do solo, causando degradação do ambiente e impactos negativo associados, tanto para o meio ambiente quanto para as pessoas que vivem aos entornos do local afetado (Figura 9).

Figura 9 - Impactos ambientais associados aos estágios de evolução urbana

Estágio	Impacto
1. Transição do Estágio Pré-Urbano para o urbano inicial	
a) Remoção de árvores ou vegetação	Redução na transpiração e aumento no fluxo de chuvas
b) abertura de vias de acesso	Erosão do solo
c) perfuração de poços	Rebaixamento do Lençol freático
d) Construção de fossas sépticas etc.	Aumento da umidade do solo e possível contaminação
2. Transição do urbano inicial para o urbano médio	
a) Retirada total da vegetação	Erosão acelerada do solo
b) Construção maciça de casas e etc.	Redução na infiltração
c) Uso descontínuo e abandono de alguns poços rasos	Elevação do lençol freático
d) Desvio de rios próximos para o fornecimento ao público	Redução do <i>runoff</i> entre os pontos de desvio
e) Esgoto sanitário não tratado ou tratado inadequadamente em rios e poços	Poluição de rios e poços
3. Transição do urbano médio para completamente urbano	
a) Urbanização da área completada pela adição de mais prédios	Redução na infiltração e rebaixamento do lençol freático; picos mais altos de alagamento e fluxos d'água mais baixos
b) Quantidades maiores de resíduos não tratados em cursos d'água	Aumento da poluição
c) Abandono dos poços rasos remanescentes	Elevação do lençol freático
d) Aumento da população necessitando do estabelecimento de novos sistemas de distribuição de água	Aumento no fluxo dos cursos d'água locais se o suprimento é proveniente de uma bacia externa
e) Canais de rios restritos, pelo menos em parte, por canais e túneis artificiais	Estágio mais alta para um dado fluxo d'água (portanto, um aumento dos danos por alagamento)
f) Construção de sistema de drenagem	Retirada de mais água do local
g) Melhoramento do sistema de drenagem pluvial	Impacto positivo
h) perfuração de poços industriais mais profundos e com maior capacidade	Pressão d'água mais baixa, subsidência, salinização da água.

Fonte: Santos (2006)

Essa sequência de eventos e o caos criado nas nossas cidades, só pode ser evitado com o planejamento, que tem como instrumento jurídico o direito urbanístico.

De acordo com Rech (2010)

O Plano Diretor é uma lei e o principal instrumento de planejamento. Ele tem que expressar ou significar um projeto de cidade e de município sustentável para as presentes e futuras gerações, vinculando todos os atos significativos da administração municipal, que dizem respeito à construção desse projeto [...]. Um Plano Diretor deve contemplar a seguinte estrutura jurídica: princípios; diretrizes; definição e delimitação da área urbana e de expansão urbana; zoneamento urbano; zoneamento rural; estrutura viária macro/urbana e rural; definição de zoneamento ambiental (urbano e rural); definição de áreas institucionais (urbana e rural); índices construtivos de cada zoneamento urbano e rural. (RECH, 2010, p.286)

Então temos que O Plano Diretor é um dos instrumentos eficazes de planejamento, mas que o planejamento é mais importante que o plano, pois vincula ações de políticas públicas

na construção do projeto de cidade e de município.

O zoneamento entra na estrutura jurídica do Plano Diretor de uma cidade e/ou município, e ele nada mais é do que a limitação do direito de propriedade, com vistas ao interesse público, à garantia dos direitos socioambientais, à qualidade de vida e dignidade da pessoa humana (RECH, 2010).

A Lei Federal 6.938/31, em seu artigo 9º, institui o zoneamento ambiental. Já o Decreto 4.297/02, ao invés de regulamentar o zoneamento ambiental, equivocadamente institui o zoneamento ecológico-econômico, que nada mais é que estabelecer restrições de uso, definindo formas de ocupação ou atividades permitidas, partindo-se do zoneamento ambiental.

De forma resumida, o zoneamento deve ser a consequência do planejamento dos espaços geográficos ocupáveis e não ocupáveis, estabelecendo regras de ocupação ou restrição parcial ou total de ocupação do território de forma científica sustentável.

Como Tricart (1977) já afirmava:

Uma consciência mais aguda das interações entre vários elementos do meio ambiente é necessária para evitar, no planejamento, consequências inesperadas, geralmente originando dificuldades e custos maiores, e até fracassos em alguns casos. (TRICART, 1977)

Assim os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental gerados pelas geotecnologias entram como ferramenta auxiliadora na tomada de decisão, ajudando no gerenciamento de manejo do solo por meio da identificação de áreas que apresentam disposições ao desgaste.

Zanella (2013) também reconhece a importância dos mapas de vulnerabilidade

O mapa de vulnerabilidade ambiental representa uma importante ferramenta para a tomada de decisão, notavelmente para os gestores públicos, ao indicar espacialmente a dinâmica do meio natural e, conseqüentemente, indicar as potencialidades e as limitações, bem como os riscos das ocupações impróprias, em cada porção do espaço. (ZANELLA, 2013, p.317)

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. Mapas de Vulnerabilidade Natural

Na confecção dos mapas de vulnerabilidade natural foram produzidos os mapas temáticos de geologia, geomorfologia, pedologia e vegetação (Anexos A, B, C e D). O mapa de declividade não foi utilizado na elaboração do mapa final de vulnerabilidade natural devido a área de estudo ser relativamente pequena, e os dados gerados pela imagem SRTM não apresentaram nível de detalhamento compatível, podendo ocasionar erros na análise.

O cruzamento dos mapas temáticos gerados foi baseado no conceito de estabilidade de cada unidade considerando-se a de análise ecodinâmica de Tricart (1977), onde a estabilidade é classificada segundo a Tabela 6.

Tabela 6 - Impactos ambientais associados aos estágios de evolução urbana

Unidade	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: adaptado de Tricart (1977)

As unidades ou classes identificadas em cada mapa receberam valores numéricos conforme Grigio (2003), que variam de 1,0 a 3,0 com intervalos de 0,5. O valor de cada classe apresenta o seu grau de vulnerabilidade associado ao processo de formação predominante, tendo dessa forma que quando a pedogênese é predominante os valores são próximos a 1,0, quando há equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese os valores são próximos a 2,0, e finalmente quando prevalece a morfogênese os valores são próximos a 3,0. Esses valores são dados quando nos referimos aos mapas de geologia, geomorfologia e pedologia, pois de acordo com Grigio (2003) os mapas de vegetação devem ser classificados com outro critério, ou seja, conforme as espécies vegetais, como: 1,0 para ambientes com baixa diversidade de espécies/formações incipientes, normalmente pioneiras; 2,0 para ambientes com média diversidade de espécies, correspondendo a formações com estágio intermediário; e

finalmente 3,0 para formações de estágio avançado-clímax, isto é, com alta diversidade de espécies. (Tabela 7)

Os mapas também apresentam notas ou pesos referentes a sua importância e/ou relevância na produção do mapa de vulnerabilidade ambiental, conforme considerações descritas por Crepani (2001), definiu-se que as notas para cada mapa seriam de 0,2 para os mapas de geologia, pedologia e vegetação, e 0,4 para o mapa de geomorfologia.

Tabela 7 - Grau de Vulnerabilidade das classes e dos mapas temáticos, para geração do mapa de vulnerabilidade natural

Mapa Temático/Classe	Grau de Vulnerabilidade
Mapa de Geologia	0,2
Dunas	3,0
Paleodunas	2,5
Depósitos Flúvio-aluvionares e de Mangue	2,5
Formação Barreiras	1,0
Mapa de Geomorfologia	0,4
Campos de Dunas e Faixa Praial	3,0
Planície Flúvio-Marinha	3,0
Tabuleiro Pré-litorâneo	2,0
Planície Fluvial	1,0
Mapa de Pedologia	0,2
Neossolos Quartizarênicos	3,0
Gleissolos Sálícos	3,0
Neossolos Flúvicos	2,5
Argissolos Vermelhos Amarelos	1,5
Mapa de Vegetação	0,2
Vegetação de Mangue	3,0
Vegetação de Dunas	3,0
Mata Ciliar	2,5
Vegetação de Tabuleiro	2,0
Vegetação Antrópica	1,0
Áreas sem vegetação	1,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Após o cruzamento dos mapas temáticos no *software* ArcGIS 10[®], o resultado obtido pela média aritmética foi distribuído em cinco classes de vulnerabilidade ambiental, como observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Classes de vulnerabilidade natural

Grau de Vulnerabilidade Natural	
Muito Baixo	1,0 – 1,3
Baixo	1,4 – 1,7
Médio	1,8 - 2,2
Alto	2,3 – 2,5
Muito Alto	2,6 – 3,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Podemos analisar, conforme o mapa de vulnerabilidade natural confeccionado para a área da sub-bacia B2 (Anexo E), que as regiões naturalmente mais vulneráveis concentram-se na porção leste da bacia. Elas estão associadas aos ambientes dunares e de planície flúvio-marinha, com vegetação de mangue abundante e sendo considerados dessa maneira os pontos mais instáveis. As regiões de grau muito baixo a moderado apresentam pouca vegetação, solos mais estáveis e estão em região de tabuleiros pré-litorâneos.

6.2. Mapas de Vulnerabilidade Ambiental

Após a confecção do mapa de vulnerabilidade natural, temos a necessidade de assumir o fator antrópico como influenciador do meio ambiente na produção do mapa de vulnerabilidade ambiental. Para isso, primeiramente foi produzido um mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo (Anexo F), e posteriormente classes foram identificadas e também receberam valores numéricos que variam de 1,0 a 3,0 (Tabela 9).

Tabela 9 - Grau de Vulnerabilidade das classes do mapa de uso e cobertura

Classe	Grau de Vulnerabilidade
Corpo de água	3,0
Vegetação	3,0
Área desmatada	2,0
Solo Exposto	1,5
Mancha Urbana	1,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Após a confecção do mapa temático de uso e cobertura do solo e da classificação de suas unidades observadas, definiu-se novos pesos para cada mapa temático gerado até então. Os valores foram assumidos de acordo com testes feitos anteriormente por Grigio (2003), conforme apresentado na Quadro 2, em que cada mapa receberia as notas também conforme a sua importância. Assim os mapas receberam os seguintes valores: 0,1 para o mapa de geologia; 0,3 para o mapa de geomorfologia; 0,1 para o mapa de pedologia, 0,1 para o mapa de vegetação e 0,4 para o mapa de uso e cobertura (Tabela 10).

Quadro 2 - Pesos calculados para cada fator na análise de vulnerabilidade ambiental

Teste	Fator				
	Vulnerabilidade natural				Uso e ocupação do solo
T1	0,2				0,8
T2	0,8				0,2
T3	0,3				0,7
T4	0,7				0,3
T5	0,4				0,6
T6	0,6				0,4
	Geomorfologia	Geologia	Solos	Vegetação	Uso e ocupação do solo
T7	0,3	0,1	0,1	0,1	0,4
T8	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5

Fonte: Grigio (2003)

Tabela 10 - Grau de Vulnerabilidade dos mapas temáticos, para produção do mapa de vulnerabilidade ambiental

Mapas Temáticos	Grau de Vulnerabilidade
Mapa de Geologia	0,1
Mapa de Geomorfologia	0,3
Mapa de Pedologia	0,1
Mapa de Vegetação	0,1
Mapa de Uso e Cobertura	0,4

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Para a confecção dos mapas de vulnerabilidade ambiental, após o cruzamento, calculou-se a média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe, sendo distribuído em cinco classes conforme a Tabela 11, a seguir.

Tabela 11 - Classes de vulnerabilidade ambiental

Grau de Vulnerabilidade Ambiental	
Muito Baixo	1,0 – 1,3
Baixo	1,4 – 1,7
Médio	1,8 - 2,2
Alto	2,3 – 2,5
Muito Alto	2,6 – 3,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2016)

Podemos concluir, como observado no mapa de vulnerabilidade ambiental confeccionado para a área de estudo (Anexo G), que as regiões com maior grau de vulnerabilidade permanecem nas áreas de planície flúvio-marinhas associadas ao estuário do Rio Cocó e aos entornos do Parque Ecológico do Cocó. Podemos também perceber que os valores moderados a altos estão associados também aos bairros que apresentam crescimento urbano mais acentuado ao longo dos últimos anos, enquanto os valores mais baixos estão principalmente associados a ambientes onde as drenagens do Rio Cocó passaram por aterramentos e a mata ciliar presente foi desmatada ao longo da ocupação.

7. CONCLUSÃO

A geração dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental realizados foram baseados nos processos erosivos, levando em consideração a relação entre os processos de morfogênese e pedogênese. Nos setores de tabuleiro urbanizado constatou-se que as vulnerabilidades natural e ambiental são classificadas como baixa e muito baixa. A classe alta e muito alta compõem setores na qual a dinâmica ambiental elevada dos elementos ambientais favorece os processos de morfogênese. Todas essas análises já foram previstas e comprovadas anteriormente na literatura, confirmando a confiabilidade dos métodos utilizados no trabalho.

A atribuição e determinação dos “pesos” das variáveis é de grande importância na classificação da vulnerabilidade natural e ambiental. Essa atribuição pode apresentar resultados variados pelo fato dos pesos e variáveis serem definidas de forma subjetiva pelo pesquisador o que pode gerar algumas divergências entre os diversos modelos de vulnerabilidade ambiental adotados. Portanto é necessário que esses pesos sejam atribuídos em conformidade com o objetivo da pesquisa para que haja resultados satisfatórios e uma boa representatividade da realidade natural.

Dessa maneira, as ferramentas de sensoriamento remoto se mostraram válidas na análise geoambiental integrada proposta pelo trabalho. A produção dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental para a área de estudo, referente a sub-bacia B2 do Rio Cocó, apontaram de forma detalhada alvos passivos a um possível monitoramento por parte dos gestores públicos. Os mapas gerados podem ser considerados uma importante ferramenta para a tomada de decisão, indicando a dinâmica do meio natural e as limitações encontradas na área.

Espera-se que as informações produzidas possam dar sua contribuição ao planejamento territorial auxiliando no processo de tomada de decisões. E essas ações devem integrar não somente as informações ambientais assim como informações sociais e econômicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, G. H. S.; **Gestão ambiental de áreas degradadas** / Gustavo Henrique de Sousa Araújo, Josimar Ribeiro de Almeida, Antônio José Teixeira Guerra. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320p
- BERTRAND, G.; **Paisagem e Geografia Global - Esboço Metodológico**. Revista RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise, Curitiba, n. 8, p. 141-152. Editora: UFPR, 2004.
- BRANDÃO, R. L. et al. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. In: Projeto SINFOR – Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1995.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: Acesso em:
- BRUNO, A.; FARIAS, A.; **Fortaleza: 285 anos**. Disponível em: <<http://arthurbruno.com.br/images/conteúdo/file/cartilhaHFortaleza.pdf>>. Acesso em: 7 de jun. 2016.
- CAVALCANTE, J. C.; VASCONCELOS, A. M. & GOMES, F. E. M. (2003). **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. Escala 1/500.000, MME. CPRM/DNPM.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FLORENZANO FILHO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F.; **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- CUNHA, S. B.; **A questão ambiental: diferentes abordagens** / Sandra Baptista da Cunha, Antônio José Teixeira Guerra (organizadores). – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 248p
- DANTAS, E. W. C.; **Da cidade à Metrôpole: (trans)formações urbanas em Fortaleza**. Eustógio Wanderley Correia Dantas, José Bozarccchiello da Silva e Maria Clélia Lustosa Costa – Fortaleza: Edições UFC, 2009. 235 p. il.
- EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. **Satélites de Monitoramento**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. Disponível em: <<http://www.sat.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 30 de jun. 2016
- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B.; MOTA, S.; ROSA, M. F.; MIRANDA, S. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 47 p. (ISSN 1677-1915, 127).
- FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. Anais XIII. Florianópolis: INPE, 2007, p. 2437-2445.

FREIRES, E. V.; **O adensamento urbano e as mudanças no estuário do Rio Cocó – Fortaleza/CE, frente à demanda das ações antrópicas comparativas entre os anos de 1985, 1996 e 2007.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica na Determinação da Vulnerabilidade Natural e Ambiental do Município de Guamaré (RN): Simulação de Risco às Atividades da Indústria Petrolífera.** Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2003.

MAGALHÃES, G B.; SILVA, E V. **Da teoria à prática: as unidades geoambientais e sua contribuição para o planejamento territorial.** In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2010, Coimbra. Anais. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. p. 13. Disponível em: <<http://www.uc.pt/fluc/cegot/VISLAGF/actas/tema3/gledson>>. Acesso em: 6 maio 2016.

MATOS, A. M. ARAÚJO; NETO, A. CARLEIAL; **Oportunidade e miséria nos bairros de Fortaleza (Ceará/Brasil).** Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98. Vol. VII, núm. 146(030), 1 de agosto de 2003

MENESES, P. R.; **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto /** Paulo Roberto Meneses, Tati de Almeida – Brasília : Universidade de Brasília, 2012

RECH, A. U.; **Direito urbanístico: fundamentos para construção de um plano diretor sustentável na área urbana e rural /** Adir Ubaldo Rech, Adivandro Rech. – Caxias do Sul, RS: Educs, 2010. 286p.

ROMÃO, R. C. (1998). **Plano Diretor para Mineração para Região Metropolitana de Fortaleza/** Ministério das Minas e Energia; Secretaria de Minas e Metalurgia; Departamento Nacional de Produção Mineral – Brasília: DNPM, 192 p.

ROUSE, J. W., R. H. HAAS, J. A. SCHELL, D.W. DEERING, J.C. HARLAN. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation.** NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 1974, 371 p.

SÁNCHEZ, L. E.; **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos /** Luis Enrique Sánchez. – São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, A. A.; BERNARDINO, J. M. M.; **Geoprocessamento aplicado à identificação de áreas de fragilidade ambiental no parque estadual da Serra do Rola Moça.** Belo Horizonte, 2010. p. 39. Monografia - Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia – IGC/UFMG.

SANTOS, J. O.; **Vulnerabilidade ambiental e áreas de risco da bacia hidrográfica do Rio Cocó – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará.** 2006, 218p. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2006.

SANTOS, M. F. S.; **Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental da Serra da Calçada – MG.** Belo Horizonte, 2014. p. 45. Monografia - Especialização em Geoprocessamento, Departamento de Cartografia – IGC/UFMG.

SEMACE – Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará. **Parque Ecológico do Rio Cocó.** Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/2010/12/paque-ecologico-do-rio-coco/>>. Acesso em: 12 out. 2012.

SOUZA, M. J. N.; **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará.** In: LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: FUNCEME, 2000.

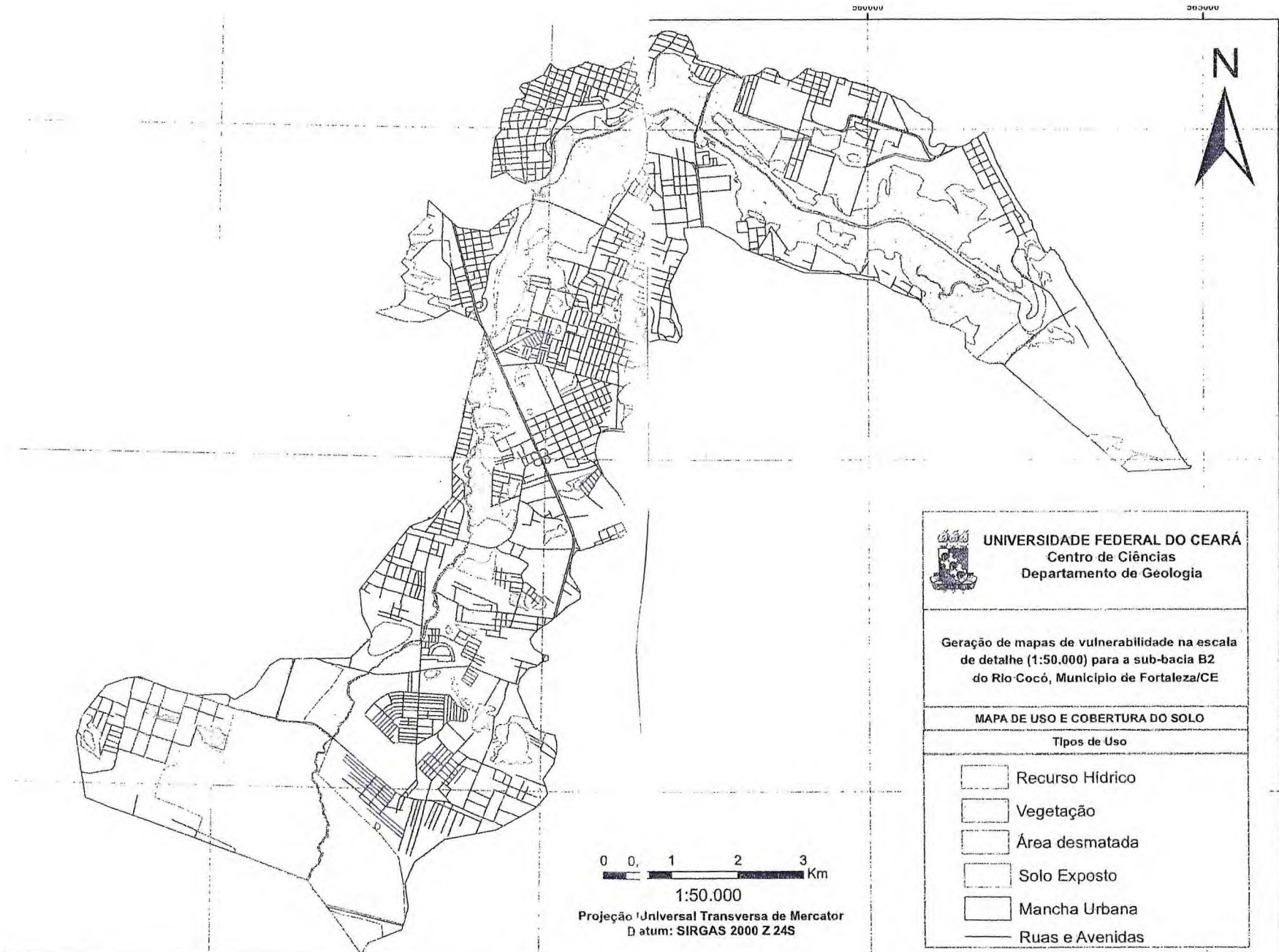
SOUZA, M. J. N.; NETO, J. M.; SANTOS, J. O.; GONDIM, M. S.; **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: subsídio ao macrozonemaneto ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor.** Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

TAGLIANI, C.R.; **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado.** Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 252f

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente – SUPREN: Rio de Janeiro, 1977.

ZANELLA, M. E.; **Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza/CE.** Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 317-332, 2013.

ANEXOS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

Geração de mapas de vulnerabilidade na escala de detalhe (1:50.000) para a sub-bacia B2 do Rio Cocó, Município de Fortaleza/CE

MAPA DE USO E COBERTURA DO SOLO

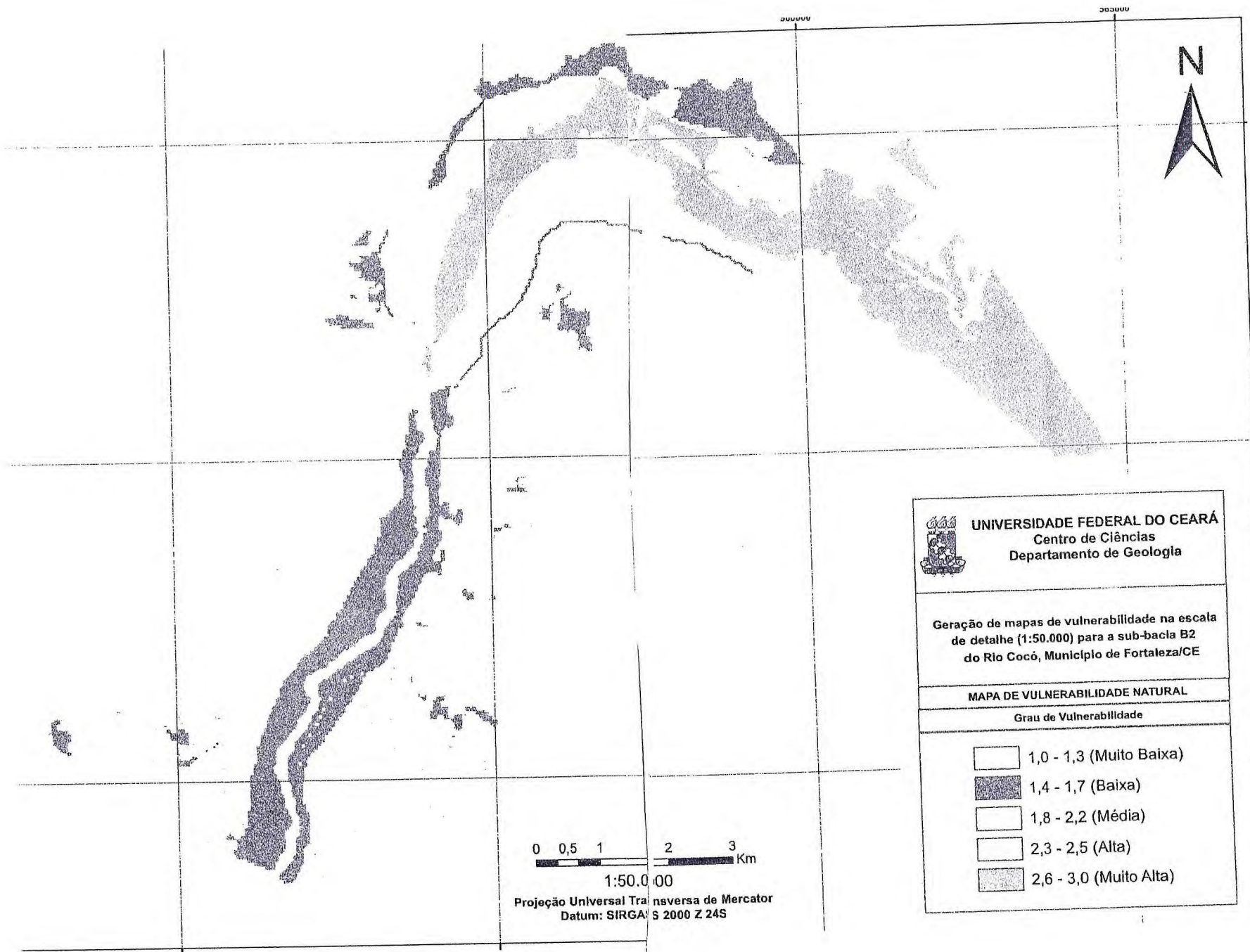
Tipos de Uso

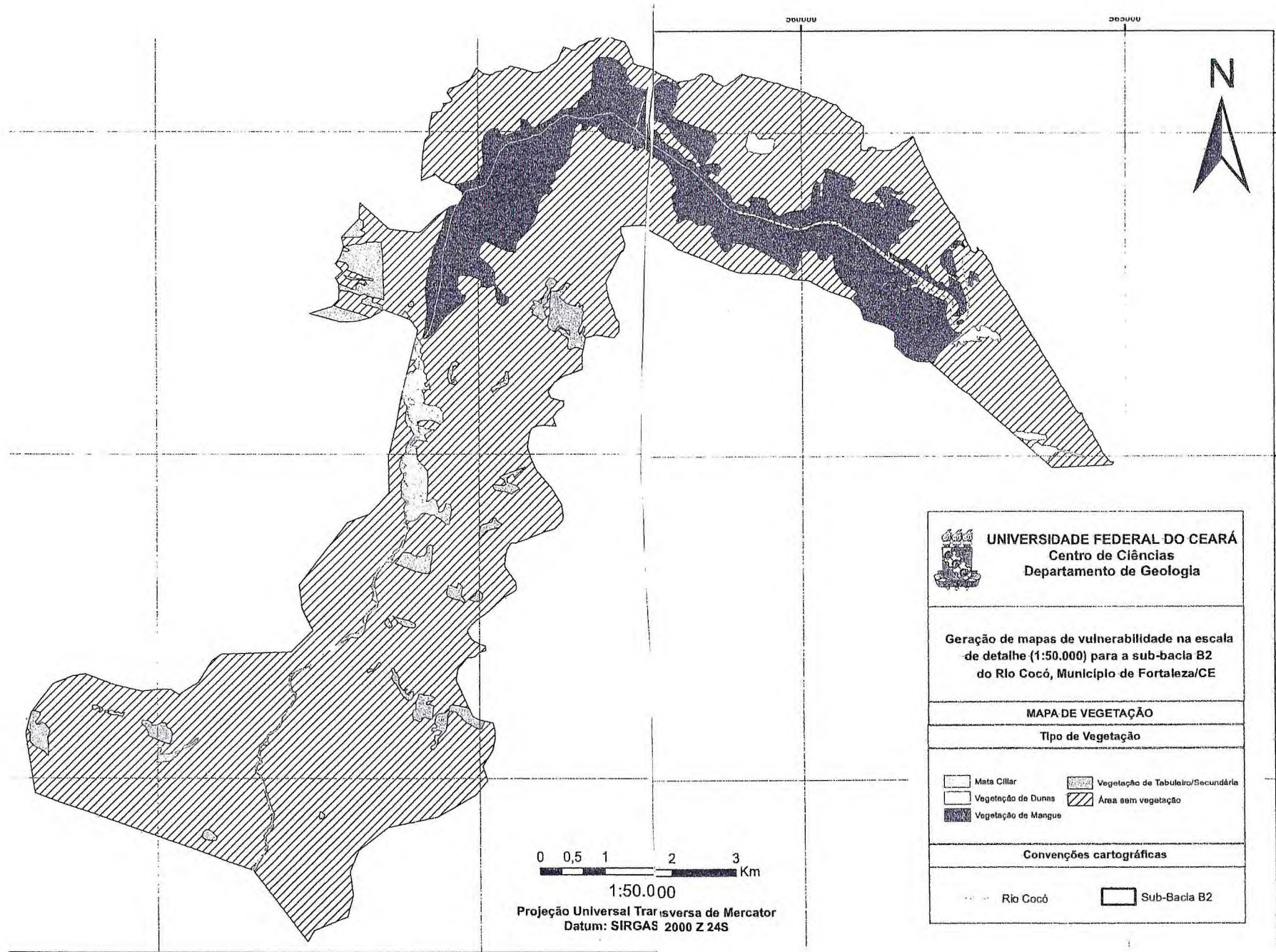
-  Recurso Hídrico
-  Vegetação
-  Área desmatada
-  Solo Exposto
-  Mancha Urbana
-  Ruas e Avenidas

0 0, 1 2 3 Km

1:50.000

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 Z 24S





UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
 Centro de Ciências
 Departamento de Geologia

Geração de mapas de vulnerabilidade na escala
 de detalhe (1:50.000) para a sub-bacia B2
 do Rio Cocó, Município de Fortaleza/CE

MAPA DE VEGETAÇÃO

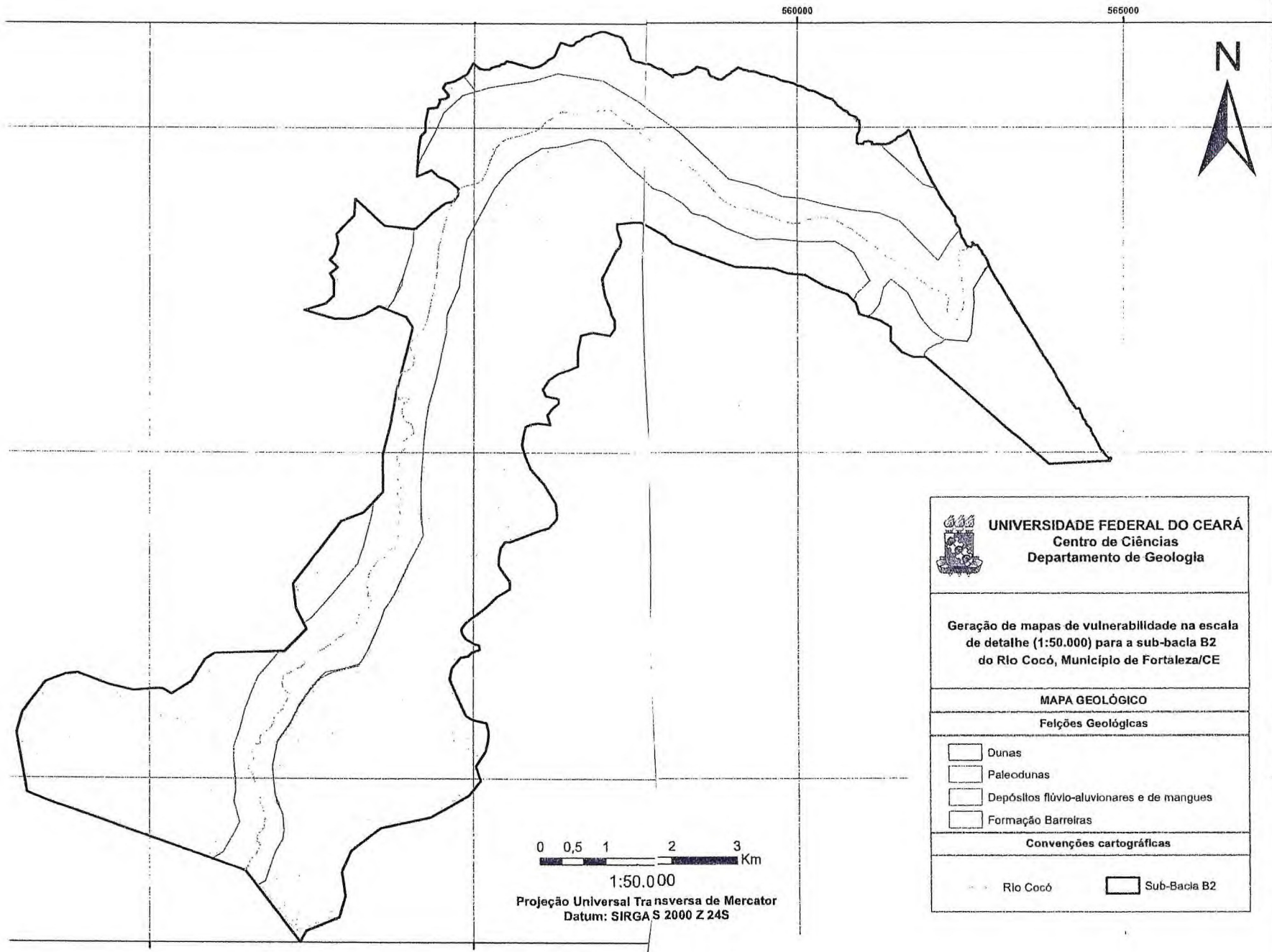
Tipo de Vegetação

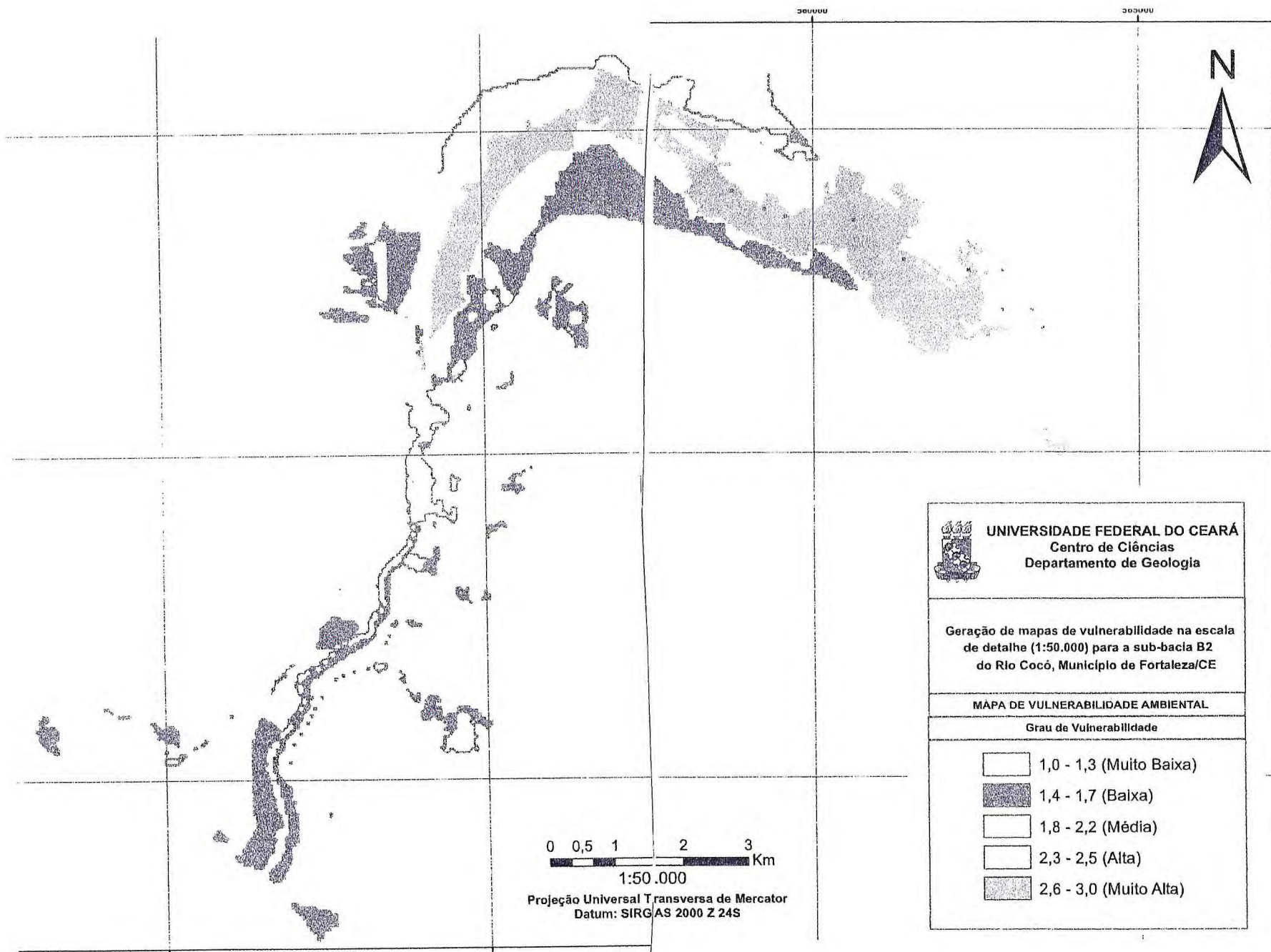
- Mata Ciliar
- Vegetação de Dunas
- Vegetação de Mangue
- Vegetação de Tabuleiro/Secundária
- Área sem vegetação


Convenções cartográficas

- Rio Cocó
- Sub-Bacia B2

0 0,5 1 2 3 Km
 1:50.000
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000 Z 24S










 **UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**
Centro de Ciências
Departamento de Geologia

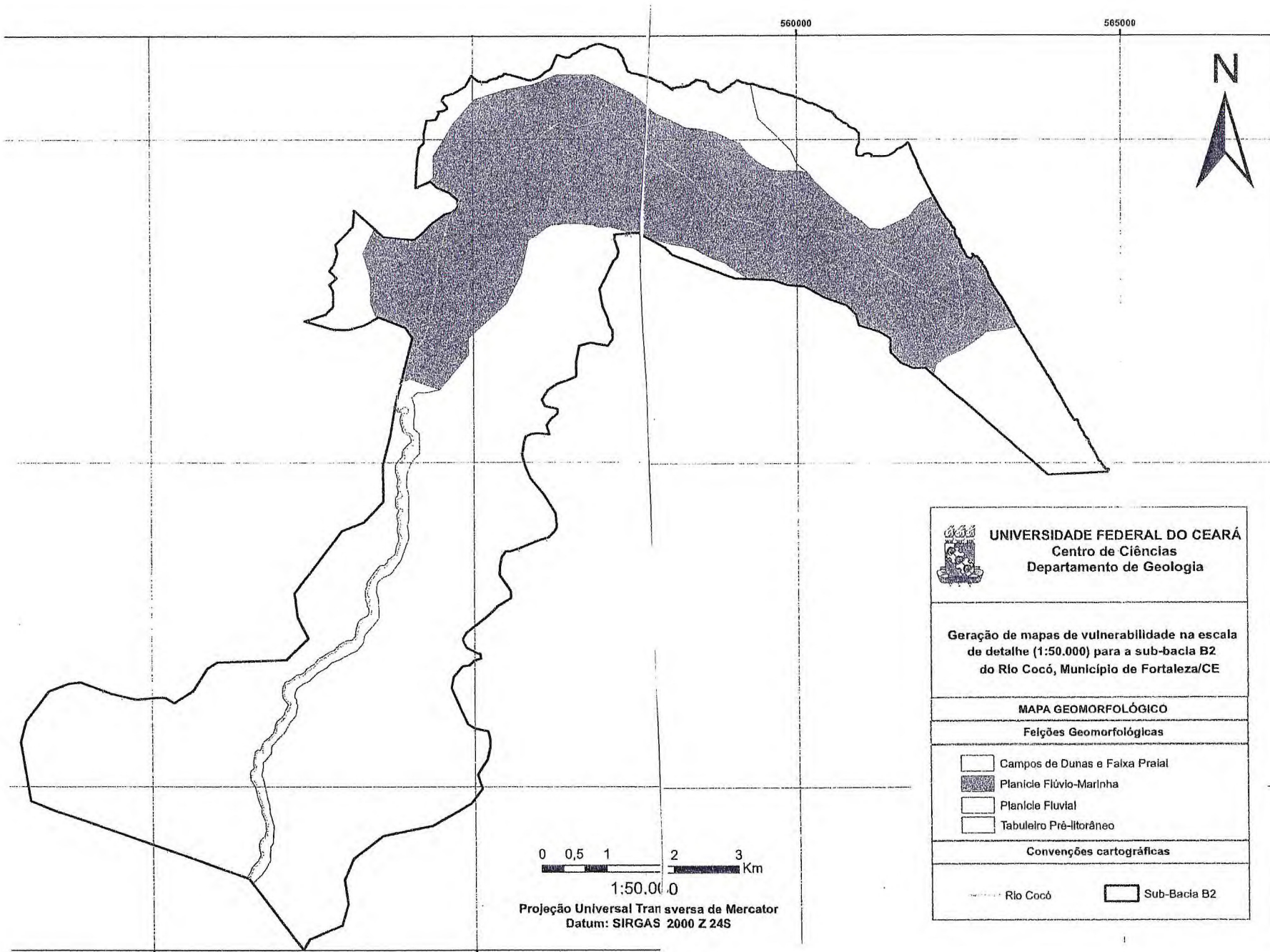
Geração de mapas de vulnerabilidade na escala de detalhe (1:50.000) para a sub-bacia B2 do Rio Cocó, Município de Fortaleza/CE








MAPA DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Grau de Vulnerabilidade

	1,0 - 1,3 (Muito Baixa)
	1,4 - 1,7 (Baixa)
	1,8 - 2,2 (Média)
	2,3 - 2,5 (Alta)
	2,6 - 3,0 (Muito Alta)

0 0,5 1 2 3 Km
1:50.000
Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum: SIRGAS 2000 Z 24S



 UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ Centro de Ciências Departamento de Geologia	
Geração de mapas de vulnerabilidade na escala de detalhe (1:50.000) para a sub-bacia B2 do Rio Cocó, Município de Fortaleza/CE	
MAPA GEOMORFOLÓGICO Feições Geomorfológicas	
 Campos de Dunas e Faixa Praial  Planície Flúvio-Marinha  Planície Fluvial  Tabuleiro Pré-litorâneo	Convenções cartográficas  Rio Cocó  Sub-Bacia B2

0 0,5 1 2 3 Km
 1:50.000
 Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum: SIRGAS 2000 Z 24S