



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA-CCT
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA-MAG

EDER MILENO SILVA DE PAULA

**GEOTECNOLOGIA APLICADA A COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL DA
BACIA DO RIO CEARÁ-CE.**

FORTALEZA-CE
2008

EDER MILENO SILVA DE PAULA

**GEOTECNOLOGIA APLICADA A COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL DA
BACIA DO RIO CEARÁ-CE.**

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Acadêmico em Geografia do
Centro de Ciências e Tecnologia da
Universidade Estadual do Ceará, como
requisito para obtenção do título de
mestre.

Orientador: Prof. Dr. Marcos José
Nogueira de Souza

FORTALEZA-CE
2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA-PROPGPQ
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA-MAG

Titulo do trabalho:

GEOTECNOLOGIA APLICADA A COMPARTIMENTAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIO CEARÁ-CE.

Autor: Geóg. Eder Mileno Silva de Paula

Apresentação em: 05/06/2008

Banca Examinadora

Marcos José Nogueira de Souza, Prof. Dr.
Orientador

Edson Vicente da Silva, Prof. Dr.

Maria Lucia Mendes Silveira, Dra.

À minha Mãe, Maria Amélia, e
ao meu Pai, Milton (*In memoriam*).

Agradecimentos

À Deus pelo atendimento aos meus pedidos de sabedoria, e pelo zelo à minha vida.

À minha Mãe pela dedicação, amizade, incentivo e amor.

À minha querida namorada Janaina Melo, pelos momentos de carinho.

À professora Lúcia Brito, por sempre acreditar em mim, e me conceder condições de aprender.

Ao professor Marcos Nogueira por suas valiosas contribuições a pesquisa e a minha vida profissional.

Aos professores Edson Vicente (Cacau) e Lúcia Mendes pelas valorosas contribuições a pesquisa.

Aos colegas, professores e alunos, do Mestrado Acadêmico em Geografia pela contribuição no fortalecimento dos nossos conhecimentos.

Aos amigos da Universidade Estadual do Ceará, em especial os do curso de Geografia e seus agregados, pelos momentos inesquecíveis dentro e fora da academia.

Aos amigos do IPECE pelo incentivo, e colaboração na pesquisa.

Aos meus amigos, parentes, professores, colegas da SEDUC, funcionários do MAG, da UECE e a todos que contribuíram com meu crescimento científico, social e cultural.

Lista de Figuras

FIGURA 1 - Localização da Bacia do Rio Ceará.....	18
FIGURA 2 - Estrutura de um Geossistema.	21
FIGURA 3 - Equações para os polinômios de 1° e 2° graus.....	26
FIGURA 4 - Fluxograma com etapas da abordagem metodológica	31
FIGURA 5 - Estrutura do BDG.	32
FIGURA 6 - Código do Programa em LEGAL para soma dos PI's de Precipitação Média Mensal	37
FIGURA 7 - Código de Programa em LEGAL para soma ponderada dos componentes ambientais	43
FIGURA 8 - Vegetação de tabuleiro, ao fundo o Parque Botânico de Caucaia.	77
FIGURA 9 - Caatinga arbustiva degradada em Maranguape-CE.....	78
FIGURA 10 - Ocupação da área da planície flúvio-marinha do Rio Ceará – Bairro Vila Velha – Fortaleza	79
FIGURA 11 - Apicum na planície flúvio-marinha do Rio Ceará – Caucaia, CE	79
FIGURA 12 - Mata ciliar no Rio Tucunduba, Serra de Maranguape - Caucaia – CE	80
FIGURA 13 - Mata pluvionebular subperenifólia da Serra de Maranguape - Maranguape-CE	81

Lista de Mapas

MAPA 1 - Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Ceará - 2006.	45
MAPA 2 - Geológico da Bacia do Rio Ceará.	54
MAPA 3 - Geomorfológico da Bacia do Rio Ceará.	55
MAPA 4 - Termo-pluviometria da Bacia do Rio Ceará.	67
MAPA 5 - Solos da Bacia do Rio Ceará.	70
MAPA 6 - Sistemas Ambientais da Bacia do Rio Ceará.	82
MAPA 7 - Vulnerabilidade Ambiental da Bacia do Rio Ceará.	88

Lista de Quadros

QUADRO 1 - Chave de fotointerpretação da imagem CCD/CBERS-2, cenas 150/104 e 151/104, para as bandas 2b3r4g.	36
QUADRO 2 - Escala de Valores AHP para comparação pareada.	41
QUADRO 3 - Matriz da Comparação pareada dos componentes ambientais.	41
QUADRO 4 - Características, Dinâmica e Vulnerabilidade dos Sistemas Ambientais da Bacia do Rio Ceará.	84
QUADRO 5 - Vulnerabilidade Ambiental e proposição de uso compatível dos sistemas ambientais da bacia do Rio Ceará.	89

Lista de Gráficos

GRÁFICO 1 - Representação gráfica da escala de Vulnerabilidade Ambiental.	39
GRÁFICO 2 - Precipitação Média para as Estações Meteorológicas da FUNCEME para a Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006 por Ano (mm).	63
GRÁFICO 3 - Total e Média da Precipitação para as Estações Meteorológicas da FUNCEME para a Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006(mm).	63
GRÁFICO 4 - Precipitação Média para as Estações Meteorológicas da FUNCEME da Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006 por Mês.	64
GRÁFICO 5 - Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas nos Meses para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).	65
GRÁFICO 6 - Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).	66

Lista de Tabelas

TABELA 1 - Escala de Valores das Classes dos Componentes Ambientais	40
TABELA 2 - Peso dos Componentes Ambientais para Vulnerabilidade Ambiental. ...	41
TABELA 3 - Quantidade e Área (ha) dos Imóveis Rurais por Tipo de Propriedade - 1997 e 2005.	46
TABELA 4 - Quantidade dos Rebanhos e das Aves por Tipo - 1995 e 2006.	48
TABELA 5 - Produtos de Origem Animal 1995 e 2006.....	49
TABELA 6 - Produção do Pescado Marítimo e Estuarino(t) 1995 e 2006.	50
TABELA 7 - Empresas industriais ativas em 1996 e 2006.	50
TABELA 8 - Estabelecimentos comerciais, por setor em 1996 e 2006.	51
TABELA 9 - Média e Desvio Padrão dos Anos das Precipitações para as Estações Meteorológicas da FUNCEME para Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006 (mm).	63
TABELA 10 - Média e Desvio Padrão dos Meses das Precipitações para as Estações	64
TABELA 11 - Média e Desvio Padrão nos Meses das Temperaturas Mínimas para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006 (°C).....	65
TABELA 12 - Média e Desvio Padrão nos Meses das Temperaturas Médias para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).....	65
TABELA 13 - Média e Desvio Padrão nos Meses das Temperaturas Máximas para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).....	65

Lista de Siglas

AHP - Processo de Análise Hierárquica

APA - Área de Proteção Ambiental

APP - Área de Proteção Permanente

BDG - Banco de Dados Geográfico

CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres

CCD - High Resolution CCD Camera

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

COLE - Coeficiente de Expansão Linear

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária

GPS - Sistema de Posicionamento Global

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil

InMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IPECE - Instituto de Pesquisas e Estratégias Econômicas do Ceará

IPLANCE - Instituto de Planejamento do Ceará

INPE - Instituto de Pesquisa Espacial Brasileiro

LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico

MNT - Modelo Numérico do Terreno

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NC - Níveis de Cinza

PDI - Processamento Digital de Imagem

PI - Plano de Informação

RGB - Red, Gree and Blue

RMF - Região Metropolitana de Fortaleza

SAD-69 - Datum da América do Sul - 1969

SIG - Sistema de Informação Geográfica

GNSS - *Global Navigations Satellite System*

SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciados

UC - Unidade de Conservação

UTM - Universal Tranversa de Mercator

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

O surgimento das geotecnologias mobilizou técnicos de diferentes setores do conhecimento a aplicá-las em seus trabalhos, estudos e pesquisas. Visando aplicá-las em estudos de compartimentação ambiental elegeu-se dentre o conjunto de técnicas que a compõem o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Informação Geográfica – SIG, ratificando o uso e demonstrando novas possibilidades neste tipo de estudo. O estudo de compartimentação ambiental objetiva distinguir zonas com condições ambientais semelhantes, com intuito de nortear o uso em bases sustentáveis da natureza. O objetivo da pesquisa é elaborar a compartimentação ambiental da bacia do Rio Ceará com base em metodologia Geossistêmica e na aplicação prática de geotecnologia. O método Geossistêmico permite a construção de análises holística e integrativa dos componentes ambientais. O sensoriamento remoto possibilitou o uso de imagens de satélites para interpretação dos sistemas ambientais e utilizando-se técnicas de Processamento Digital de Imagem – PDI foram identificadas as condições de uso da terra e cobertura vegetal. Utilizou-se a álgebra de mapas, possível dentro de um ambiente SIG, na elaboração dos mapas termo-pluviométrico e de vulnerabilidade ambiental. Neste utilizou-se a Lógica *Fuzzy* e o Processamento de Análise Hierárquica – AHP. Essencialmente, buscou-se elaborar as bases fundamentais do contexto natural da bacia do Rio Ceará, para servirem de base para uma proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE da área.

ABSTRACT

The appearing of the geotechnologies has mobilized technicians of different sectors of knowledge to apply them in their works, studies and researches. Aiming to apply them in environmental compartmentation studies, we have chosen the Geographic Information System – GIS, validating its use and demonstrating new possibilities in this kind of study. The environmental compartment Study aims to distinguish zones with similar environmental conditions, intending to give a direction towards the sustainable use of the nature. The main objective of this research is to elaborate the environmental compartmentation of Ceara River Basin based on the Geosystemic methods, and on the practical application of geotechnologies. The Geosystemic method allows the construction of holistic and integrative analyzes of the environmental components. The remote sensing has made possible the use of satellite images to the interpretation of the environmental systems and through the Digital Image Processing – DIP, the land use vegetal covering conditions were identified. To elaborate the thermo-pluviometric and environmental vulnerability maps, were used the maps algebra, possible within a GIS environment. For the vulnerability map, were used the Fuzzy Logic and the Hierarchical Analysis Processing – HAP. The study searched to elaborate fundamental basis of Ceará River Basin's natural context, to work as a foundation for an Economic-Ecological Zoning (Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE) proposal.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	VI
Lista de Mapas	VII
Lista de Quadros	VII
Lista de Gráficos	VIII
Lista de Tabelas	IX
Lista de Siglas	X
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUÇÃO	16
1 REVISÃO DE LITERATURA	19
1.1 Zoneamento Ambiental e Teoria Geossistêmica.....	19
1.2 Sensoriamento Remoto na Identificação do Uso da Terra e Cobertura Vegetal	22
1.3 Álgebra de Mapas como Técnica de Apoio à Compartimentação Ambiental	27
2 MATERIAL E MÉTODO	30
2.1 Material.....	30
2.1.1 Sistemas Computacionais e Equipamentos	30
2.1.2 Material Geocartográfico	30
2.1.3 Imagens de Satélites	30
2.2 Metodologia	31
2.2.1 Estruturação do Banco de Dados Geográfico	32

2.2.2	Classificação Digital de Imagem: Elaboração do Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	34
2.2.3	Procedimentos de Álgebra de Mapas.....	37
2.2.3.1	Elaboração do Mapa Climático.....	37
2.2.3.2	Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Ambiental	38
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
3.1	Uso da Terra da Bacia do Rio Ceará.....	44
3.2	Contexto Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagem da Bacia do Rio Ceará.....	53
3.2.1	Características Geológicas e Geomorfológicas.....	53
3.2.2	Condições Climáticas e Hidrológicas	61
3.2.2.1	Condições Termo-Pluviométricas.....	61
3.2.2.2	Condições Hidrológicas	68
3.2.3	Solos e Condições Fitoecológicas.....	69
3.2.4	Capacidade de Suporte dos Sistemas Ambientais e Condições de Vulnerabilidade.....	81
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	ANEXO 1.....	99
	ANEXO 2.....	104

INTRODUÇÃO

A geotecnologia, a nanotecnologia e a biotecnologia são consideradas, segundo a revista britânica *Nature*(jan./2004), os três maiores mercados emergentes do mundo. Sem dúvida, essa importância mercadológica da geotecnologia foi impulsionada pela vulgarização e capacidade de resposta das técnicas e pela busca de seus produtos demandados pelos técnicos e sociedade, como as imagens de satélite.

A geotecnologia se confunde com geoprocessamento; porém a primeira somente se tornou possível com o avanço da informática. O surgimento desta tecnologia, como de outras, mobilizou os técnicos de diferentes áreas a aplicá-las em seus trabalhos, estudos e pesquisas.

Dentre o conjunto de técnicas que compõe a geotecnologia utilizou-se nessa pesquisa o Sensoriamento Remoto, o Sistema de Informação Geográfica – SIG e o *Global Navigations Satellite System* – GNSS, aplicando-as no estudo de compartimentação ambiental, ratificando o uso e demonstrando novas possibilidades de uso nesse tipo de estudo.

O estudo de compartimentação ambiental objetiva distinguir zonas com condições ambientais semelhantes, com intuito de nortear o uso em bases sustentáveis do ambiente. Para cumprir o objetivo da compartimentação Ambiental empregou-se o método geossistêmico na construção de análise holística e integrativa dos componentes ambientais.

O sensoriamento remoto permitiu o uso de imagens de satélite para reambulação das informações de geologia e pedologia, como para restituição da geomorfologia e dos sistemas ambientais. E, utilizando o Processamento Digital de Imagem – PDI, identificou-se o uso da terra e cobertura vegetal.

Utilizou-se a álgebra de mapas, possível dentro de um ambiente SIG, na elaboração dos mapas climático e de vulnerabilidade ambiental. Este último, sendo o principal produto desta pesquisa, foi elaborado com a integração dos mapas de

geologia, geomorfologia, solos, clima e de uso da terra e cobertura vegetal, através do uso das técnicas *Fuzzy* e do Processo de Análise Hierárquica - AHP.

A área enfocada para a compartimentação Ambiental é a bacia do Rio Ceará, que tem uma abrangência espacial de 773,70 km². A bacia está localizada na porção norte do Estado do Ceará, pertencendo ao conjunto de bacias da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, conforme se visualiza no mapa de localização da Figura 1. Engloba 40,2% do município de Caucaia, 28,7% de Maranguape, 68,3% de Maracanaú e 22,4% de Fortaleza. Mesmo com área inferior aos municípios de Caucaia e Maranguape, Fortaleza é o município que tem a maior população residente na área da bacia.

Souza (2000) a nível do Ceará compartimentou a área em planície litorânea, planícies fluviais, tabuleiros pré-litorâneos (baixo curso), depressão sertaneja (médio curso) e maciços residuais (alto curso). O comprometimento do equilíbrio natural dessas unidades, reflete-se na capacidade de suporte das mesmas, fato que se agrava, pois vastos espaços da bacia são urbanizados ou estão em processo avançado de expansão urbana.

Esperando-se contribuir para o desenvolvimento em bases sustentáveis, a pesquisa tem como objetivo geral elaborar a compartimentação Ambiental da bacia do Rio Ceará com base em metodologia Geossitêmica e na aplicação prática de geotecnologia.

Especificamente, o trabalho trata de:

- Organizar e compilar as informações geocartográficas construindo um Banco de Dados Geográfico - BDG da área drenada pelo Rio Ceará;
- Delimitar e caracterizar as unidades geoambientais identificando a capacidade de suporte e a ecodinâmica da natureza;
- Propor a compartimentação ambiental com o mapeamento produzido a partir do uso da álgebra de mapas; e
- Apresentar alternativas de uso dos recursos naturais.

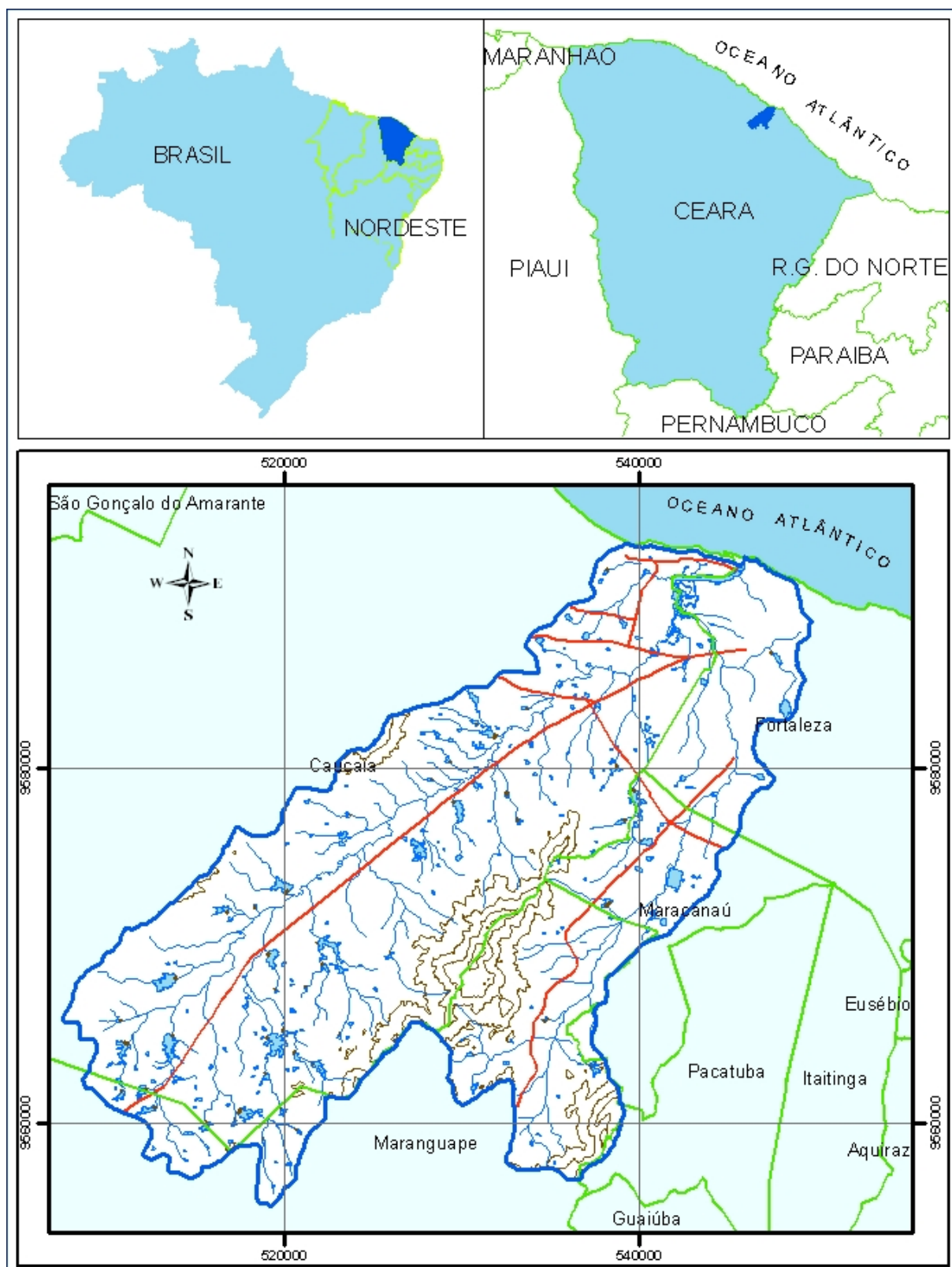


FIGURA 1 - Localização da Bacia do Rio Ceará
FONTE: PAULA(2008)

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Zoneamento Ambiental e Teoria Geossistêmica

O zoneamento ambiental pode ser considerado como a definição de setores ou zonas com objetivos de manejo e normas específicas, com o propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos de conservação da natureza possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz.

Elaborar o zoneamento ambiental consiste em dividir uma área em parcelas homogêneas, com características fisiográficas e ecológicas semelhantes, nas quais se autorizem determinados usos e atividades e se interditem outros, ou seja, planejar ações que se adaptem à capacidade de suporte do meio natural.

Becker e Egler (1996) comentam que o zoneamento deve perseguir algumas características julgadas relevantes. Deve representar instrumento técnico de informações sobre o território, necessária para a sua ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais; prover uma informação integrada em uma base geográfica; classificar o território de acordo com a sua capacidade de suporte ao uso e à ocupação. E ainda, ser condicionante de planejamento e de gestão para o desenvolvimento em bases sustentáveis, colocando-se como instrumento corretivo e estimulador desse desenvolvimento.

Brasil (1991), vê vantagens no estudo de zoneamento ambiental, pois:

- a) permite que se determine limites de possíveis irreversibilidades, devido a conflitos ambientais e pontos de fragilidade biológica, antes que se tomem decisões sobre o uso de cada área, que de outra forma poderiam causar danos irreversíveis, tendo, portanto, caráter preventivo;
- b) favorece a identificação de atividades antrópicas para cada setor da unidade ambiental e seu respectivo manejo, possibilitando a descentralização de comando e decisão;

- c) pelo fato da metodologia do zoneamento ambiental ser flexível, permite que adeqüe os sistemas de manejo à capacidade de suporte do recursos naturais.

O zoneamento ambiental deve ser visto como um instrumento cuja finalidade é auxiliar na formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento a serem implementadas em um determinado território, constituindo um instrumento de gestão que propõe à sociedade, investidores, empresários e Poder Público, o desenvolvimento estabelecido em bases sustentáveis.

Faz-se necessário neste tipo de estudo um método de análise que tenha enfoque holístico, pela necessidade de integrar todos os fatores e processos envolvidos. Destacando as relações de interdependência entre os componentes, e viabilizando também análises de interrelações de causa e efeito no ambiente, enfatiza-se o seu caráter sistêmico.

O método geossistêmico de análise da paisagem é baseado na Teoria Geral dos Sistemas elaborada por Bertalanffy (1973), que propõe a idéia de estudar os elementos em interação e não um aglomerado de partes.

Para Rodrigues (2001), este método faz parte de tentativas teórico-metodológicas da Geografia Física que surgem com a necessidade de lidar com princípios de interdisciplinaridade, síntese, com abordagem multiescalar, enfatizando a dinâmica do ambiente.

Sotchava (1977), tratando originalmente do geossistema, considera-o como uma classe de sistema dinâmico, flexível, aberto e hierarquicamente organizado, com estágios de evolução temporal, numa mobilidade cada vez maior sob a influência do homem.

Segundo Souza (1998), o geossistema é um sistema geográfico natural ligado a um território e deriva das relações mútuas entre os componentes do potencial ecológico e da exploração biológica e destes com a ação antrópica. (Figura 2)

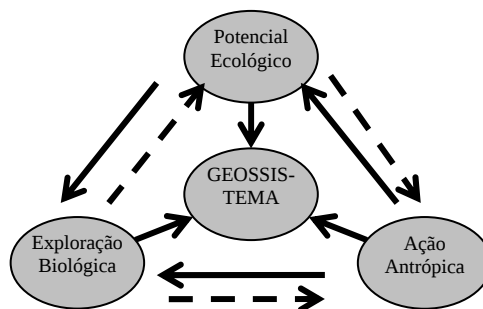


FIGURA 2 - Estrutura de um Geossistema.
FONTE: Bertrand, 1971.

Para Nascimento & Sampaio (2005), o método geossistêmico objetiva colher dados e fazer correlações para entender a natureza de modo integrativo. Para estes autores, Bertrand (1971) aperfeiçoa o conceito de Sotchava, propondo um sistema taxonômico e hierárquico para classificação da paisagem dividida em unidades superiores e inferiores. As unidades superiores constituídas por Zona, Domínio e Região Natural, compreendem parcelas territoriais maiores que as unidades inferiores, que são constituídas pelo geossistema, geofácies e geótopo.

De acordo com Rodrigues (*op. cit.*), a noção de dinâmica dos Geossistemas possibilita a classificação destes de acordo com o seu estado ou estados sucessivos, sendo possível propor hipóteses sobre sua dinâmica futura, característica essencial para o planejamento.

Foram apontados por Tricart (1977) como três grandes tipos de meios dinâmicos, em função de processos atuais: os meios estáveis, *intergrades* ou de transição e os fortemente instáveis.

Segundo Tricart (*op. cit.*) os meios estáveis possuem evolução do modelado lenta, e somente medições difíceis de serem realizadas poderiam colocar a evolução em evidência. Os fortemente instáveis tem a morfogênese como elemento predominante da dinâmica, e fator determinante do sistema natural aos quais outros elementos estão subordinados. Já os meios de transição representam uma passagem gradual entre os meios estáveis e fortemente instáveis.

1.2 Sensoriamento Remoto na Identificação do Uso da Terra e Cobertura

Vegetal

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006), os primeiros trabalhos realizados no Brasil sobre uso da terra começaram no fim da década de 30 do século passado, e preponderavam estudos sobre a colonização e as viagens de reconhecimento do território. De 1950 até 1960, os estudos eram direcionados para padrões espaciais, analisados a partir de processos produtivos, concorrendo ainda com estudos que tinham a colonização como tema principal.

A evolução dessa forma de análise caracterizava variáveis específicas da ocupação, como a distribuição de propriedades rurais, análise dos rebanhos, da expansão do povoamento, ou das frentes pioneiras. Na década de 1950 tem início estudos alusivos à preocupação com questões da regionalização do uso da terra e o seu respectivo mapeamento.

IBGE (*op. cit.*) comenta acerca da revisão do Sistema de Classificação de Uso da Terra pelo Departamento do Interior dos Estados Unidos, e sua publicação em 1976, obra que se tornou referência nos estudos de uso da terra no Brasil.

O levantamento das informações do uso da terra envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações de uma área. Deve observar conforme recomendações feitas por Heymann (1994, *apud* IBGE *op.cit.*), contidas no *Corine land cover technical guide*, quatro princípios básicos: escala de mapeamento, informação básica, unidade de mapeamento e a nomenclatura.

Quanto à **escala de mapeamento**, os levantamentos exploratórios, com escalas entre 1/750.000 a 1/2.500.000, são úteis no preparo de programas nacionais de desenvolvimento e abrangem extensas áreas. Mapeamentos de reconhecimento, com escalas que variam entre 1/50.000 e 1/750.000, são utilizados para diversos objetivos, que perpassam por planejamento regional, estadual, de bacia hidrográfica e nacional. Os mapeamentos de escalas iguais ou superiores a 1/50 000 acolhem

problemas específicos, decisões localizadas e se restringem às pequenas áreas. Assim, norteadas por essas implicações, a escala de mapeamento dependerá dos objetivos do trabalho e do tamanho da área a ser mapeada. (IBGE, *op. cit.*)

Apesar dos dados de imagens orbitais se constituírem fontes de **informação básica** para o mapeamento do tema uso da terra, essas não englobam todas as informações necessárias para mapeamento do uso da terra, sendo assim imperativa a associação de dados de naturezas diversas como, por exemplo, as do censo agropecuário e/ou de reconhecimento de campo. (IBGE, *op. cit.*)

A **unidade de mapeamento** deve corresponder a uma cobertura considerada homogênea (Caatinga Arbórea, Áreas Urbanas, Áreas Agrícolas e outras) ou a uma combinação de áreas elementares homogêneas (associação da Pecuária Extensiva com a Caatinga Arbustiva). Desta forma é preciso atentar que dentro do homogêneo existe heterogeneidade. (IBGE, *op. cit.*)

A **nomenclatura** utilizada deve adequar-se ao território a ser mapeado, à escala, ao tamanho da menor área, fonte básica de dados e com os objetivos do estudo. Para garantir a reprodução de resultados de um intérprete para o outro, a terminologia necessita ser clara, precisa, não comportando sentido vago, tampouco ambíguo. (IBGE, *op. cit.*)

O intuito de investigar o uso da terra está no fato de permitir avaliar as modificações motivadas pela sociedade, e dispor de informações relevantes para o adequado manejo dos recursos naturais. (Giotto, 1981). Nascimento e Carvalho (2003) acrescentam que as informações do estudo de uso da terra podem revelar o "grau de conservação, preservação ou artificialização de uma dada parte da superfície da terra".

A utilização de informações atualizadas de uso da terra e cobertura vegetal subsidia estudos como: inventário de recursos hídricos, controle de inundações, identificação de áreas com processos erosivos avançados, avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas econômicas, dentre outros (Rosa, 2003). São fundamentais também, na elaboração de planos de gestão, de manejo e de desenvolvimento, em planejamentos e em monitoramento e controle.

Conforme Souza (1985), as diversificações no quadro natural e as potencialidades dos seus recursos, sempre se constituíram nos fatores condicionadores do sistema de uso da terra. Acrescenta Santos (1988), que em cada região os problemas se repetem, mas também se diferenciam a partir das formas e dos tipos de uso da terra, que são delineados a partir dos processos definidos nos diferentes 'circuitos de produção'.

Os produtos oriundos do Sensoriamento Remoto e as técnicas de classificação digital disponíveis hoje, permitem a aquisição de dados de forma global, confiável, rápida e repetitiva, sendo de grande importância para a identificação do uso da terra e cobertura vegetal. Conforme IBGE (2006), a utilização de *softwares*, a disponibilidade de bons equipamentos e o conhecimento técnico para interpretação digital agilizam os processos de análise e classificação que representam economia de cerca de 70%, se comparado aos procedimentos tradicionais por meio analógico.

A capacidade de sensores de adquirir informações de objetos sem ter contato físico com eles é assinalada como Sensoriamento Remoto. Florenzano (2002), acrescenta ser a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície.

A energia eletromagnética captada pelos sensores remotos, a nível orbital ou de campo, pode ser proveniente de fontes naturais, como o Sol, ou de fontes artificiais. Fatos que discriminam os sensores remotos passivos e ativos. Assim, os que não possuem fonte própria de energia, como os sensores do satélite da série LANDSAT e CBERS, são reconhecidos por Sensores Passivos; e os que possuem fonte de energia eletromagnética própria, como os Radares, são considerados como Sensores Ativos.

A região em que o sensor remoto consegue distinguir do espectro eletromagnético aponta a sua resolução espectral. Fato que se torna importante na identificação de qual sensor deve ser escolhido para a execução de determinado estudo. Por exemplo, no mapeamento de vegetação faz-se necessário o uso de sensores que captem informações na região do infravermelho próximo, pois se

verifica que nessa faixa a vegetação reflete mais energia e se diferencia dos demais objetos (FLORENZANO, *op. cit.*).

A capacidade de distinguir outras regiões do espectro eletromagnético provavelmente é a principal diferença entre os sensores remotos e os olhos humanos, pois estes somente conseguem ver a região do visível, perdendo informações preciosas que as outras regiões do espectro podem dispor dos objetos da superfície terrestre. (FLORENZANO, *op. cit.*)

De acordo com Novo (1988), a partir de uma imagem de satélite, pode-se ver o conjunto integrado do ambiente e separá-lo em diferentes unidades. E acrescenta que as imagens produzidas pelo sensoriamento remoto, independente do satélite utilizado, apresentam elementos, tais como tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, que possibilitam extrair informações dos objetos, áreas, ou fenômenos da superfície terrestre. Alguns destes elementos foram utilizados no treinamento das amostras da classificação digital de imagem procedida nesse trabalho.

Para obter a informação de uso da terra e cobertura vegetal, pode-se utilizar a técnica de Classificação por Região pertencente ao conjunto de técnicas que constituem o PDI. O uso desta técnica torna preponderante a utilização da técnica de Segmentação. Para integração ao banco de dados geográfico e para a melhoria da interpretação da imagem utilizam-se as técnicas de Registro e de Restauração de Imagem.

Segundo Brasil (2007 a) a restauração de imagem “é uma técnica de correção radiométrica cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais”. Assinala-se que “a correção é realizada por um filtro linear. Os pesos do filtro de restauração são obtidos a partir das características do sensor, e não de forma empírica como é feito no caso dos filtros de realce tradicionais. Neste caso, o filtro é específico para cada tipo de sensor e banda espectral”.

O registro, geocodificação ou georreferenciamento de uma imagem é a relação de coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema

de referência (BRASIL, 2007 a). O registro é necessário, pois sem esse processo não se poderia fazer a integração de uma imagem ao BDG.

De acordo com informações de Brasil (2007 b), as imagens CBERS-2 podem apresentar erros de posicionamento de até 10 km, sendo que “os dados de efemérides imprecisos e aproximações na integração dos dados de atitude feitos à bordo do satélite” são os principais responsáveis pelo erro de posicionamento das imagens.

Conforme Brasil (2007 a), quando:

determinados os n pontos de controle e selecionada a transformação polinomial, um sistema de $2n$ equações é montado para resolver 6, 12 ou 20 parâmetros, dependendo do polinômio ser de 1º, 2º ou 3º grau. Assim, conclui-se que o número mínimo de pontos de controle é 3 para o polinômio de 1º grau, 6 para o polinômio de 2º grau e 10 para o polinômio de 3º grau. (Figura 4)

Vale ressaltar que para o registro convém usar um número de pontos de controle maior que o mínimo, pois as coordenadas dos pontos medidas podem conter imprecisão. Outro fato de grande importância é a distribuição regular dos pontos de controle na área a ser registrada, por melhorar a precisão de registro das imagens.

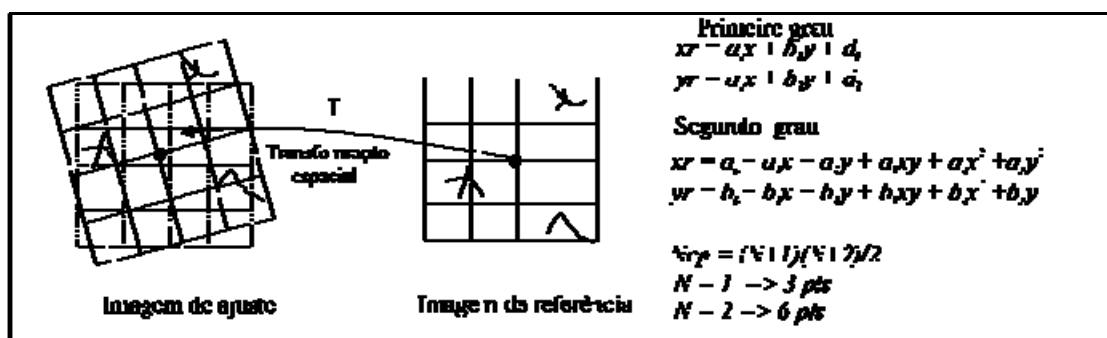


FIGURA 3 - Equações para os polinômios de 1º e 2º graus.
Fonte: Brasil (2007 a).

Conforme Novo (1998), a classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos que são usados para mapear áreas da superfície terrestre que apresentam um mesmo significado. Os processos de classificação empregados podem ser divididos em classificadores *pixel-a-pixel*, que apenas utilizam a informação espectral de cada

pixel para encontrar áreas iguais, e os classificadores por regiões de *pixel*, que além de fazerem uso da informação espectral do *pixel*, as relacionam com a informação espacial de vizinhança.

A segmentação de imagem é utilizada antes da fase de classificação para ultrapassar a barreira da classificação *pixel-a-pixel*, que constitui um processo de análise de *pixels* de forma isolada, limitada assim a uma análise pontual baseada somente em atributos espectrais. O processo de segmentação consiste em dividir a imagem em regiões, que Brasil (2007 a) descreve como “um conjunto de *pixels* contíguos que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade”.

Dos métodos de segmentação disponíveis no *software* destacamos o crescimento de regiões por ser um método de agrupamento de dados onde somente as regiões adjacentes espacialmente são agrupadas.

Brasil (*op. cit.*) salienta que:

este processo de segmentação rotula cada *pixel* como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de região adjacente espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens e então realiza-se a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido.

1.3 Álgebra de Mapas como Técnica de Apoio à Compartimentação Ambiental

Conforme Câmara & Medeiros (1996), o geoprocessamento tem como objetivo principal fornecer ferramentas para que os diferentes analistas determinem as evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as interrelações entre os diferentes fenômenos.

Dentre as ferramentas ou as técnicas vinculadas ao geoprocessamento, identifica-se a álgebra de mapas cumulativa e não-cumulativa. Os produtos gerados utilizando categorias de análises não-cumulativa são mapas integrados, ao invés de mapas fundidos gerados pela álgebra de mapas cumulativos. (SILVA, 2003)

A lógica ou possibilidade *Fuzzy* está contida na categoria de análises algébricas, ou análises lógicas, de mapas não-cumulativa, junto com a simultaneidade Booleana e a probabilidade Bayesiana.

Criada por Lofti A. Zadeh no início de 1960, as primeiras aplicações da lógica *Fuzzy* datam de 1974, sendo hoje aplicada nas ciências ambientais, medicina, engenharia e em outras ciências.

Conforme Katinsky (1994), a lógica *Fuzzy* pode ser definida como “a parte da lógica matemática dedicada aos princípios formais do raciocínio incerto ou aproximado, portanto mais próxima do pensamento humano e da linguagem natural”.

Silva (2001), referindo-se aos componentes naturais comenta que “os limites entre superfícies contínuas não ocorrem bruscamente na grande maioria das vezes”. Assim, quando da diferenciação de relevo suave e íngreme, percebe-se uma gradual passagem de uma característica para a outra, por vezes não ocorrendo essa mudança bruscamente, criando-se áreas descontínuas.

Para Silva (*op. cit.*), a lógica *Fuzzy* fora concebida “para estudar as regiões onde se instalam as incertezas” ou zonas de transição. As descontinuidades contidas nos componentes deixam de ser colocadas à margem do processo de análise.

Elaborar mapas tendo como princípio a lógica *Fuzzy* permite um aumento na possibilidade de acerto nas áreas descontínuas, ou de transição, contribuindo para o aumento da certeza na tomada de decisão.

Os dados são transformados para um espaço de referência e processados por combinação numérica através da lógica *Fuzzy*, obtendo-se uma superfície de decisão, onde se classifica em áreas mais ou menos adequadas para uma finalidade. (PAULA e SOUZA, 2007)

A lógica *Fuzzy* tem sido largamente utilizada em trabalhos de análise espacial desenvolvidos em SIG. As vantagens do modelamento *Fuzzy* são inúmeras quando comparadas aos modelamentos convencionais, como a lógica booleana, que forçam os especialistas a definir em regras dicotômicas rígidas com contatos

normalmente artificiais, diminuindo a habilidade de articular eficientemente soluções para problemas complexos, tão comuns em processos naturais.

Atualmente, existem vários operadores de análise espacial para a integração de dados, dentre os quais se destacam os modelos Bayesiano, Redes Neurais, Média Ponderada e o AHP. Dentre estes operadores, o AHP foi o mais utilizado em pesquisas com objetivos semelhantes aos da compartimentação Ambiental, pela maior facilidade e simplicidade de modelagem.

Thomas Saaty ao se deparar com o questionamento de quanto cada critério contribui na tomada de decisão, propôs a técnica baseada na lógica de comparação pareada, denominada de AHP.

Segundo Câmara et al (2001):

AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Requer a estruturação de um modelo hierárquico, o qual geralmente é composto por um processo de comparação pareada, por importância relativa, preferências e probabilidade, entre dois critérios.

Os fatores são comparados dois-a-dois, atribuindo ao relacionamento um critério de importância, conforme escala pré-definida. Essa relação pretende capturar o conhecimento do especialista, que indicará o grau de importância relativo entre os critérios comparados.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Material

2.1.1 Sistemas Computacionais e Equipamentos

- Software SPRING versão 4.3 *for windows*, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP, Brasil.
- Software ARCGIS versão 9 *for windows*, desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute- ESRI, Redlands, CA, EUA*.
- Receptor do Sistema de Posicionamento Global-GPS HP IPAQ hw6515a3, com os softwares Garmin Que versão 2.90, desenvolvido por *Garmin Ltd. or its subsidiaries* e GPSproxy versão 2.2 desenvolvido por Andrew Rowlan Kloppe.

2.1.2 Material Geocartográfico

- Carta Planialtimétrica Digitalizada folhas SA.24-Z-C-IV (Fortaleza) e a SB.24-X-A-I (Baturité), escala de 1:100.000, do Instituto de Pesquisas e Estratégias Econômicas do Ceará- IPECE, 2002.
- Mapa de Solos do Estado do Ceará na Escala de 1:800.000 da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA
- Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, do Serviço Geológico do Brasil-CPRM na Escala de 1: 150.000. (BRANDÃO, 1995)

2.1.3 Imagens de Satélites

- Mosaico Geocover LANDSAT 7, disponível na internet (NASA, 2005).

- Imagens do CBERS-2 do sensor *High Resolution CCD Camera* - CCD, bandas 2, 3 e 4 das Cenas 150/104 e 151/104 de agosto de 2006.(BRASIL, 2007 b)

2.2 Metodologia

Os procedimentos metodológicos adotados para contribuir com a compartimentação ambiental da bacia do Rio Ceará estão contidos a seguir, na figura 4.

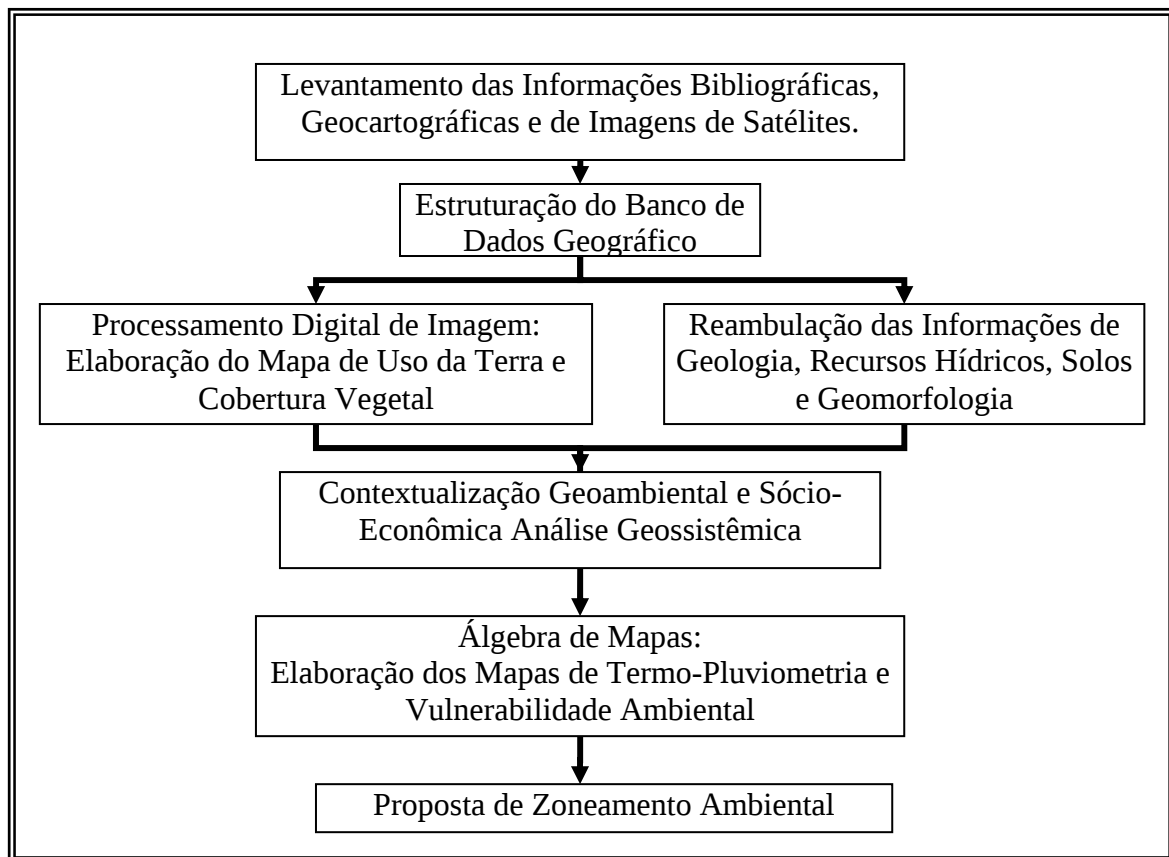


FIGURA 4 - Fluxograma com etapas da abordagem metodológica
Fonte: PAULA(2008)

2.2.1 Estruturação do Banco de Dados Geográfico

A integração e o processamento das informações realizados no SPRING consistem inicialmente da criação e modelagem do Banco de Dados Geográfico - BDG. A modelagem é a definição das categorias que vão determinar o tipo de informação que será manipulada, bem como as operações possíveis para o seu tratamento. Na figura 5 configura-se em fluxograma a estrutura do BDG da pesquisa.

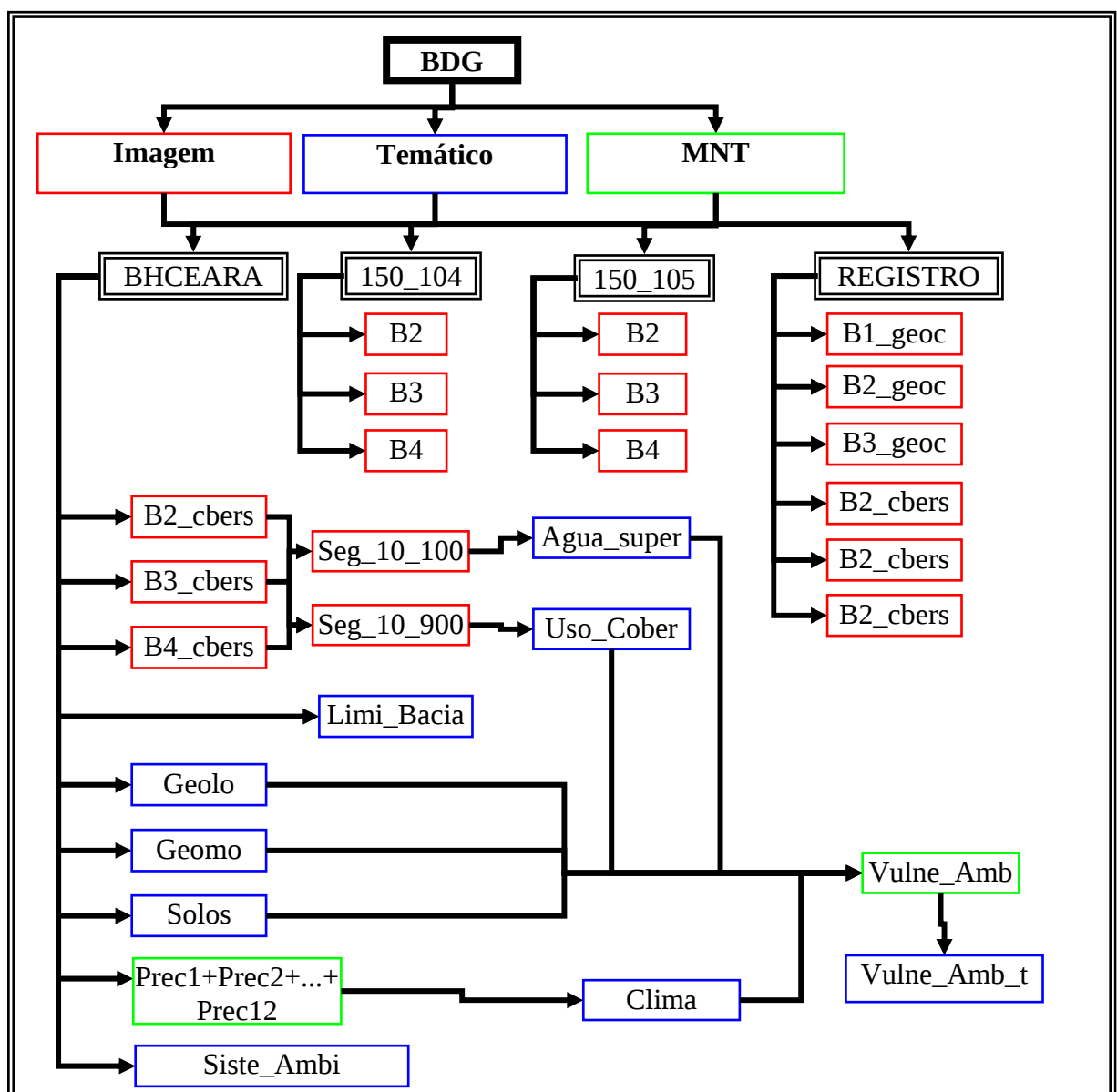


FIGURA 5 - Estrutura do BDG.
Fonte: PAULA(2008)

Os projetos 150_104 e 150_105 foram criados para o procedimento de restauração das cenas do sensor CCD do satélite CBERS-2, e estes não possuem projeção e datum por exigência da técnica de restauração de imagem usada.

O projeto REGISTRO utilizado para o registro das imagens elaboradas após a restauração, possui como características cartográficas a projeção cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 24S e o Datum SAD-69 (Datum da América do Sul-1969).

No projeto BHCEARA realizou-se o Processamento Digital de Imagem - PDI das imagens do satélite CBERS-2; a classificação do uso da terra e cobertura vegetal; a reambulação das informações de geologia, recursos hídricos, e solos, e elaboraram-se os mapas de geomorfologia, de uso da terra e cobertura vegetal, termo-pluviométricos, dos sistemas ambientais e de vulnerabilidade ambiental. Este projeto possui características cartográficas semelhantes ao projeto utilizado para registro das imagens, diferenciando-se somente o limite do retângulo envolvente, que corresponde aos pares de coordenadas limitadores da bacia do Rio Ceará.

As informações altimétricas e de drenagem das folhas Fortaleza e Baturité serviram de base para a delimitação da bacia do Rio Ceará. A drenagem superficial, as rodovias e estradas foram atualizadas através de interpretação visual das imagens CBERS, e ajustadas para a escala trabalho.

O mapa dos Sistemas Ambientais foi elaborado pela análise holística e sistêmica dos componentes ambientais.

2.2.2 Classificação Digital de Imagem: Elaboração do Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Nos sub-tópicos seguintes estão descritas as técnicas de classificação digital de imagem utilizada para elaboração do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal. A escala de mapeamento é de 1/150.000. Assim a menor área mapeada para o tema **uso da terra e cobertura vegetal** não é inferior a 93,6ha, conforme referência do IBGE (2006).

Restauração da Imagem

As cenas/pontos restauradas não sofreram qualquer tipo de processamento que alterasse suas características radiométricas e espaciais. Para assegurar tal fato utilizou-se a imagem da forma disponibilizada pelo INPE, em projeto sem projeção cartográfica (*NO PROJECTION*) criado automaticamente pelo *software* SPRING 4.3.

No módulo IMPIMA do SPRING 4.3, acessou-se os arquivos da cena/ponto CBERS-2 e, em seguida, foram salvas em extensão grib. Foram então importadas para o SPRING 4.3. Em cada banda espectral usou-se a função “Restauração”, mudando a resolução espacial do pixel de 20x20m para 10x10m.

Registro

Para o registro fez uso de transformação polinomial, que vincula as coordenadas da imagem e as coordenadas do sistema de referência, através de pontos de controle. Entende-se por pontos de controle as formas que podem ser identificadas na imagem e no terreno ou, ainda, as que possuem coordenadas conhecidas na imagem e no sistema de referência.

O registro da imagem foi feito tendo como apoio o mosaico de imagens Geocover LANDSAT (NASA, 2005) que possui resolução espacial de 14,25m. Foram identificados 12 pontos de controle para cada cena obtendo-se pelo polinômio de 2º grau o erro de 0,939 para a cena 151_104 e de 0,606 pixel na 150_104 pixel, que é aceito para escala de trabalho.

Segmentação

Foram realizados alguns processos de segmentação, e escolheram-se dois. Utilizou-se o primeiro processo na identificação dos corpos hídricos superficiais com similaridade entre os *pixels* de 10 Níveis de Cinza - NC e menor área encontrada de 100 *pixels*. O segundo, com similaridade entre os *pixels* de 10NC e menor área encontrada de 900 *pixels* serviu para identificar as classes de uso da terra e cobertura vegetal. Os processos de segmentação escolhidos demoram cada um, aproximadamente, 20 minutos para serem realizados pelo *software* SPRING 4.3.

Classificação por Região Supervisionada

Para realizar o procedimento de classificação por região supervisionada deve-se, após feita a segmentação, reconhecer a assinatura espectral das classes, ou seja, coletar amostra. Tal procedimento é reconhecido como treinamento.

No **treinamento** coletaram-se amostras para a classe água, oceano, apicuns, caatinga arbórea, caatinga arbustiva, mangue, mata ciliar, mata pluvionebular subperenifólia, vegetação de tabuleiro, nuvem, áreas urbanas e áreas agrícolas, tendo como base para o reconhecimento das amostras as chaves de fotointerpretação da imagem CCD/CBERS-2, cenas 150/104 e 151/104, bandas 2b3r4g (Quadro 1). Na distinção das classes adotou-se a cor, textura, forma e tamanho como critérios fundamentais.

Foram realizadas análises das amostras que evidenciaram o nível de confundimento entre as classes e entre as amostras, possibilitando ajustar o treinamento.

Pós-classificação Digital

Nesta fase, foram analisadas as informações adquiridas com a Classificação por Região Supervisionada, comparando-as com as informações existentes e com as que foram coletadas em campo, podendo assim verificar a qualidade da informação e corrigir equívocos de classificação.

QUADRO 1 - Chave de fotointerpretação da imagem CCD/CBERS-2, cenas 150/104 e 151/104, para as bandas 2b3r4g.

Classes	Cor	Textura	Forma	Tamanho
Água Continental	Preta e Azul-escura	Lisa	Irregular	Pequeno
Oceano	Azul-escura	Média	Irregular	Grande
Apicuns	Cinza-azulada	Média	Irregular	Pequeno
Caatinga Arbórea	Verde	Rugosa	Irregular	Médio
Caatinga Arbustiva	Verde-escura	Lisa	Irregular	Grande
Mangue	Verde	Média	Irregular	Grande/médio
Mata Ciliar	Verde-clara	Média	Irregular	Pequeno
Mata Pluvionebular Subperenifólia	Verde	Rugosa	Irregular	Grande
Vegetação de Tabuleiro	Verde	Lisa	Irregular	Médio
Nuvem	Branco-azulada	Rugosa	Irregular	Pequeno/Grande
Áreas Urbanas	Cinza e Cinza-esverdeada	Rugosa	Geométrica	Pequeno/Grande
Áreas Agrícolas	Cinza-esverdeada	Lisa e Média	Geométrica	Pequeno/Médio

Fonte: PAULA(2008)

Os equívocos encontrados foram retificados utilizando-se as técnicas de edição matricial e de reclassificação.

2.2.3 Procedimentos de Álgebra de Mapas.

2.2.3.1 Elaboração do Mapa Climático.

Com base nas informações da FUNCEME (2008), calculou-se a média para os meses de janeiro a dezembro, para as estações 38, 47, 82, 83, 104, 207, 362 e 363, e construíram-se Planos de Informações – PI, de categoria MNT, para os 12 meses. Apesar da existência de outras estações pluviométricas próximas à área da bacia, que poderiam influenciar na modelagem dos dados, estes não foram utilizados, pois os mesmos eram inconsistentes ou tinham um período de coleta inferior a 15 anos.

Executou-se procedimentos que geraram as grades retangulares destes PI's utilizando o interpolador Média Ponderada, com potência 9 e raio de 30km.

Os PI's foram somados através da execução de um programa em Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico-LEGAL do *software* SPRING. A codificação está expressa na figura 6.

```
{
Numerico Precv1, Precv2, Precv3, Precv4, Precv5, Precv6, Precv7, Precv8, Precv9, Precv10, Precv11, Precv12, Climap
("CLIMA");
Precv1 = Recuperar (Nome = "Prec1" );
Precv2 = Recuperar (Nome = "Prec2" );
Precv3 = Recuperar (Nome = "Prec3" );
Precv4 = Recuperar (Nome = "Prec4" );
Precv5 = Recuperar (Nome = "Prec5" );
Precv6 = Recuperar (Nome = "Prec6" );
Precv7 = Recuperar (Nome = "Prec7" );
Precv8 = Recuperar (Nome = "Prec8" );
Precv9 = Recuperar (Nome = "Prec9" );
Precv10 = Recuperar (Nome = "Prec10" );
Precv11 = Recuperar (Nome = "Prec11" );
Precv12 = Recuperar (Nome = "Prec12" );
Climap = Novo (Nome="Climapre", ResX=20, ResY=20, Escala=150000, Min=0, Max=2000);
Climap = (Precv1+Precv2+Precv3+Precv4+Precv5+Precv6+Precv7+Precv8+Precv9+Precv10+Precv11+Precv12);
}
```

FIGURA 6 - Código do Programa em LEGAL para soma dos PI's de Precipitação Média Mensal
Fonte: PAULA(2008)

O resultado desta soma proporcionou o PI Climapre. A partir da sua grade retangular foram elaboradas as isoietas, em intervalos de 100mm, constituindo as áreas de influências das estações já mencionadas.

Para a determinação do mês seco, que permite discriminar os subdomínios climáticos, usou-se os critérios adotados por Gaussen e Bagnouls(1953, apud Nimer, 1979). Considera-se o mês seco aquele cujo total de precipitações em milímetros é igual ou inferior ao dobro da temperatura média em graus. Com o calculo dessas informações para cada estação meteorológica, classificou-se as áreas de influência dos postos de acordo com a quantidade de meses secos apresentada.

2.2.3.2 Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

Paula & Souza (2007) consideram que de forma geral, os estudos ambientais que têm em sua metodologia de integração dos mapas a lógica *Fuzzy*, permeiam o seguinte caminho metodológico, a saber: Instituição, padronização e ponderação dos critérios.

Conforme Weber e Hasenack (2003),

um critério é uma base mensurável e avaliável para uma decisão, e pode constituir um fator ou uma restrição. Restrições são aqueles critérios que cerceiam ou limitam a análise em foco a regiões geográficas específicas, constituindo-se normalmente mapas booleanos com classes do tipo apto/não apto.(...) Fatores, por outro lado, são critérios que definem alguns graus de aptidão para a área considerada.

Os critérios instituídos para a identificação da vulnerabilidade ambiental são de limitação relativa (fatores). O especialista, de acordo com método utilizado, poderá acrescentar ou suprimir critérios enfatizando-se com isso a importância de existir um método “sólido” de análise. Baseado pelo método geossistêmico, considerou-se critérios os componentes ambientais, e instanciou-se para esta pesquisa a geomorfologia, geologia, clima, solos, cobertura vegetal e uso da terra.

A necessidade de padronização dos componentes ambientais deve-se ao fato de cada componente possuir uma unidade temática diferente. Assim, a padronização permite que as unidades dos mapas tenham uniformidade.

A padronização aqui destacada não está em detrimento das especificidades dos componentes ambientais, mas relaciona as características de cada componente à categoria de análise, no caso a vulnerabilidade ambiental.

Cada classe dos componentes foi escalonada no intervalo de valor 0 a 1. Quanto mais próximo do valor 1, mais vulnerável será, e quanto mais próximo de 0(zero) menos vulnerável será, como demonstrado no gráfico 1. Na tabela 1 exibem-se os valores de vulnerabilidade de cada classe dos componentes.

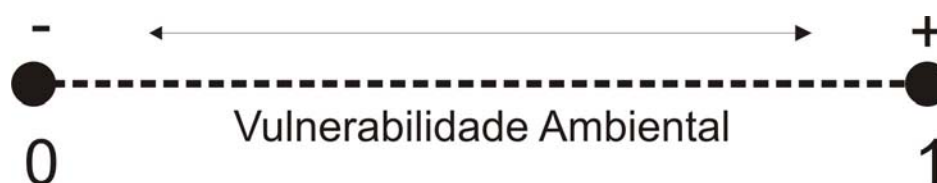


GRÁFICO 1 - Representação gráfica da escala de Vulnerabilidade Ambiental.
Fonte: PAULA(2008)

Na fase Ponderação dos Critérios, os componentes foram integrados através de soma ponderada, tendo como princípio a lógica *Fuzzy*, e pesos dos componentes ambientais definidos empiricamente, segundo a técnica de tomada de decisão AHP. A comparação entre os componentes captura o conhecimento do especialista que deve indicar o grau de importância relativo entre os componentes comparados.

No quadro 2 encontra-se a escala de valores usada pelo SPRING 4.3, a qual foi utilizada como dados de entrada da matriz de comparação pareada apresentada no quadro 3.

Componente Ambiental	Classes	Valores
Geomorfologia	Dunas	1,0
	Paleodunas	0,6
	Planície Flúvio-Marinha	1,0
	Planície Fluvial	0,6
	Tabuleiro Pré-Litorâneo	0,2
	Tabuleiros Interiores	0,2
	Cristas	0,8
	Maciços Residuais	0,6
	Depressões Sertanejas	0,4
Geologia	Dunas	1,0
	Depósitos fluviais e de mangues	1,0
	Paleodunas	0,6
	Coberturas colúvio-eluviais	0,4
	Formação Barreiras	0,4
	Rochas vulcânicas alcalinas	0,6
	Ultrabásitos	0,6
	Complexo Gnássico-Migmatítico	0,4
	Complexo Granitóide-Migmatítico	0,4
Clima	Quente Semi-Úmido	0,4
	Quente Semi-Árido	0,4
Solos	Neossolos Flúvico-Eutróficos	0,6
	Neossolos Quartzarênicos	1,0
	Neossolos Litólicos Eutróficos	0,8
	Gleissolos Sálcos Sódicos	1,0
	Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos	0,2
	Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos	0,8
	Luvissolos Crômicos	0,4
	Planossolos Hápicos Eutróficos	0,4
	Vertissolos	0,4
Uso da Terra	Área Urbana	0,8
	Área Agrícola	0,6
Cobertura Vegetal	Caatinga Arbórea Degradada	0,4
	Caatinga Arbustiva Degradada	0,6
	Apicun	0,8
	Mangue	0,2
	Mata Ciliar	0,6
	Mata Pluvionebular subpernifolia	0,2
	Vegetação de Tabuleiro	0,2

TABELA 1 - Escala de Valores das Classes dos Componentes Ambientais para a bacia do Rio Ceará.
Fonte: PAULA(2008)

QUADRO 2 - Escala de Valores AHP para comparação pareada.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	Um fator é ligeiramente mais importante que o outro.
5	Importância essencial	Um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada	Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática.
9	Importância extrema	A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.
2,4,6,8	Valores intermediários entre julgamentos	Possibilidade de compromissos adicionais.

Fonte: Modificado do Manual do Usuário do SPRING 4.3.

QUADRO 3 - Matriz da Comparação pareada dos componentes ambientais.

Critérios	Geomorfologia	Geologia	Clima	Solos	Uso da Terra e Cobertura Vegetal
Geomorfologia	-	3	1	9	5
Geologia	-	-	1	3	9
Clima	-	-	-	1	9
Solos	-	-	-	-	9
Uso da Terra e Cobertura Vegetal	-	-	-	-	-

Fonte: PAULA(2008)

A comparação pareada dos componentes ambientais possibilitou a construção da tabela 2, que exhibe os valores dos pesos de cada componente, ou seja, quanto cada componente contribui para a vulnerabilidade ambiental da bacia do Rio Ceará. Destaca-se que a razão de consistência foi 0,099, que segundo Brasil(2007), é aceitável.

TABELA 2 - Peso dos Componentes Ambientais para Vulnerabilidade Ambiental.

Componentes	Valores
Geomorfologia	0,162
Geologia	0,051
Clima	0,080
Solos	0,075
Uso da Terra e Cobertura Vegetal	0,599

Fonte: PAULA(2008)

A figura 7 demonstra o código de programa em LEGAL construído para integração ponderada dos componentes ambientais com intuito de inferir a vulnerabilidade ambiental na bacia do Rio Ceará.

O resultado da soma ponderada dos componentes ambientais foi uma superfície de decisão que variou seus valores de vulnerabilidade ambiental entre

0,22 e 0,97. Estes valores foram agrupados em três classes, sendo a classe vulnerabilidade baixa com valores no intervalo de 0,22 a 0,45, vulnerabilidade moderada com 0,45 a 0,70 e de vulnerabilidade alta com 0,70 a 0,97.

```

{
Tematico var1 ("CLIMA_T");
Tematico var2 ("GEOLO");
Tematico var3 ("GEOMO");
Tematico var4 ("SOLOS");
Tematico var5 ("USO_TERRA");
Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (CategorialIni = "CLIMA_T" ,
    "Semi_arido":0.4,
    "Semi_umido":0.4);
Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (CategorialIni = "GEOLO" ,
    "Flu_Alu_Man":1.0,
    "Dun_Mov":1.0,
    "Paleod":0.6,
    "Cob_col_elu":0.4,
    "For_barre":0.4,
    "Vulca_Alca":0.6,
    "Ultrab":0.6,
    "Comp_Gnai_Mig":0.4,
    "Comp_Gra_Mig":0.4,
    "Agua":1.0);
Tabela tab3 (Ponderacao);
tab3 = Novo (CategorialIni = "GEOMO" ,
    "Agua":1.0,
    "Crista":0.8,
    "Depres":0.4,
    "Dunas":1.0,
    "Fluvial":0.6,
    "FluvioMa":1.0,
    "Macico":0.6,
    "PaleoGeo":0.6,
    "Tabu_In":0.2,
    "Tabu_pre":0.2);
Tabela tab4 (Ponderacao);
tab4 = Novo (CategorialIni = "SOLOS" ,
    "argi_v_a_distr":0.2,
    "argi_v_a_eutr":0.8,
    "luvis_cromi":0.4,
    "planos_hapl_eutr":0.4,
    "vertis":0.4,
    "gleis_sali_sod":1.0,
    "neos_flu_eutr":0.6,
    "neos_lito_eutr":0.8,
    "neos_quartz":1.0,
    "agua":1.0);
Tabela tab5 (Ponderacao);
tab5 = Novo (CategorialIni = "USO_TERRA" ,
    "Agricul":0.6,
    "Agua_cont":1.0,
    "Apicuns":0.8,
    "Caati_Arbo":0.4,
    "Caati_Arbus":0.6,
    "Mangue":1.0,
    "Mata_ciliar":0.6,
    "Mata_pluvi":0.2,
    "Urbano":0.8,
    "Veg_tabu":0.2);
Numerico var6 ("VULNE_AMBI");
var1 = Recuperar (Nome="Clima");
var2 = Recuperar (Nome="Geolo");
var3 = Recuperar (Nome="Geomo");
var4 = Recuperar (Nome="Solos");
var5 = Recuperar (Nome="Uso_terra");
var6 = Novo (Nome="Vulne_ambi_grd", ResX=20, ResY=20, Escala=150000,
    Min=0, Max=1);
var6 = 0.080*(Pondere(var1, tab1)) + 0.051*(Pondere(var2, tab2))+ 0.162*(Pondere(var3, tab3))+ 0.075*(Pondere(var4, tab4))+
0.599*(Pondere(var5, tab5));
}

```

FIGURA 7 - Código de Programa em LEGAL para soma ponderada dos componentes ambientais

Fonte: PAULA(2008)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

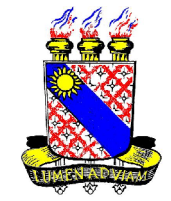
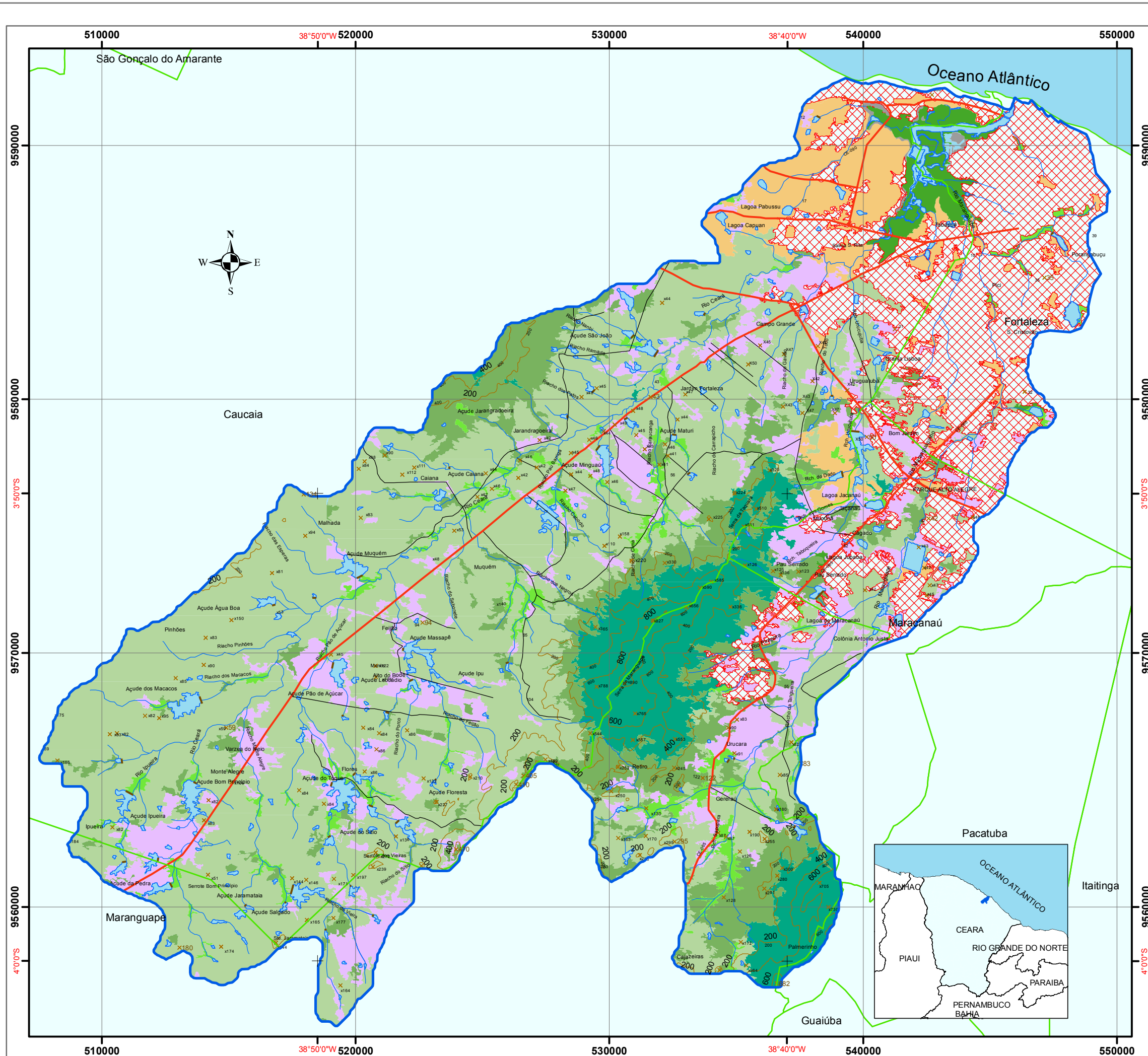
3.1 Uso da Terra da Bacia do Rio Ceará

A contextualização do uso da terra da bacia do Rio Ceará foi representada no Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia do Rio Ceará – 2006 (MAPA 1), cujo procedimento metodológico está descrito no tópico 2.2.2 destas pesquisa. Em comunhão como mapa analisou-se informações censitárias das atividades das áreas agrícolas e urbanas dos municípios que compõem a bacia do Rio Ceará: Caucaia, Fortaleza, Maracanaú e Maranguape. Estas informações foram compiladas do Anuário Estatístico do Ceará 1997(CEARÁ, 1998) e 2007(CEARÁ, 2008) de autoria do Instituto de Planejamento do Ceará – IPLANCE e do IPECE, respectivamente.

As **áreas agrícolas** são utilizadas para a produção de alimentos, fibras e outras *commodities* do agronegócio (IBGE, 2006). Abrange as terras cultivadas ou em pousio, com culturas temporárias ou permanentes, incluindo ainda os sistemas agrossilvipastoril. Essas áreas, de acordo com a tabela 3, eram 103.462ha em 1997 e 123.610ha em 2005 dos municípios que compõem a bacia em estudo, pouco mais de 1% da área dos imóveis rurais do Ceará para 2005.

Todos os tipos de propriedades - grande, média, pequena, minifúndio e não classificadas - expandiram a quantidade de imóveis e as áreas das propriedades, exceto as médias propriedades de Maracanaú que reduziram o tamanho de sua área, mesmo mantendo o número de imóveis.

Caucaia foi o município que mais expandiu em área e quantidade de imóveis, aumentando mais de 8 vezes o número de Minifúndios; porém, é necessário considerar que este município tem a maior área territorial não urbanizada, além de condições naturais propícias à expansão agrícola, diferentemente dos outros municípios.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e
Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 1 - USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

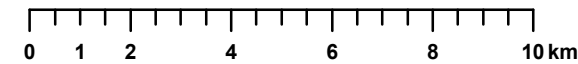
Convenções Cartográficas

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Rodovias | Lagoas e Reservatórios |
| Estradas | Açudes |
| Pontos Cotados | Rios e riachos |
| Curvas de Nível Mestras | Limite das Bacias Hidrográficas |
| | Limite Municipal |

Legenda

- Áreas Urbanas
- Área Agrícolas
- Apicum
- Caatinga Arbórea Degradada
- Caatinga Arbustiva Degradada
- Mangue
- Mata Ciliar
- Mata Pluvionebulosa Subperenifolia
- Vegetação de Tabuleiro

Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Classificação Digital de Imagem do Satélite CBERS - INPE.

Apoio:



As grandes propriedades concentram o maior quantitativo de terras dos municípios, contabilizando 8% dos imóveis do Ceará. Porém, a média propriedade foi a que mais contribuiu para o incremento da expansão das áreas agrícolas.

TABELA 3 - Quantidade e Área (ha) dos Imóveis Rurais por Tipo de Propriedade - 1997 e 2005.

Tipo de Propriedade	Ano	Quant. e Área(há)	CEARÁ e Municípios				
			CEARÁ	Caucaia	Fortaleza	Maracanaú	Maranguape
Total	1997	Quant.	125.405	480	76	64	453
		Área	9.189.419,30	70.094,90	1.297,50	2.353,80	29.715,80
	2005	Quant.	148.767	1.833	96	95	540
		Área	9.786.124,36	86.910,80	2.104,60	2.605,11	31.989,53
Grande propriedade	1997	Quant.	1.297	77	6	1	26
		Área	2.090.831,90	47.470,80	703,00	780,00	13.238,20
	2005	Quant.	1.492	84	7	1	27
		Área	2.372.179,79	50.852,70	1.340,20	780,00	13.290,40
Média propriedade	1997	Quant.	7.086	128	9	8	85
		Área	2.461.477,50	14.474,10	266,40	1.083,00	9.653,40
	2005	Quant.	7.646	174	12	8	95
		Área	2.607.399,43	19.045,54	407,90	1.004,10	10.779,10
Pequena propriedade	1997	Quant.	30.358	249	23	8	172
		Área	2.962.777,70	7.573,60	243,20	290,70	5.507,10
	2005	Quant.	33.397	396	27	15	204
		Área	3.095.364,06	12.033,48	250,60	533,40	6.255,23
Minifúndio	1997	Quant.	86.664	26	38	47	170
		Área	1.674.332,20	576,40	84,90	200,10	1.317,10
	2005	Quant.	106.232	1.179	50	71	214
		Área	1.711.181,09	4.979,08	105,90	287,61	1.664,80

FONTE: CEARÁ(1998 e 2008)

A expansão urbana dos municípios Fortaleza e Maracanaú reduziu as áreas das propriedades agrícolas destes municípios. Mesmo tendo pequena expansão das áreas agrícolas, no período analisado, o número de imóveis rurais e área das propriedades são bastante inferiores as dos outros municípios.

Os municípios produzem diversificadas culturas em suas propriedades agrícolas, como: abacate, algodão arbóreo e herbáceo, arroz, banana, batata-doce, café, cana-de-açúcar, castanha de caju, côco-da-baía, fava, feijão, goiaba, laranja, limão, mamão, mandioca, manga, maracujá, melão, milho, sorgo granífero, tangerina e tomate.

A tabela 1 do Anexo 2 detalha a área e a quantidade colhida e o valor da produção das culturas supracitadas.

Culturas como o abacate, algodão arbóreo e herbáceo, batata-doce, café, fava, limão, sorgo granífero, tangerina e tomate tiveram suas colheitas descontinuadas, e somente o cultivo da goiaba, em Maranguape, incrementa a diversificação de culturas dos municípios.

Em geral, os valores dos produtos colhidos aumentaram no período de 1995 a 2006.

A menor área colhida de arroz, cana-de-açúcar, castanha de caju, feijão (exceto em Caucaia), goiaba, laranja, mamão, mandioca (exceto em Maracanaú), manga, maracujá, melão e milho culminou com a subtração da quantidade colhida dessas culturas em 2006.

Porém, a subtração das áreas colhidas dos municípios não comprometeu a quantidade colhida de Banana; o mesmo aconteceu com a quantidade colhida de Mandioca em Maracanaú e de feijão em Caucaia. Fato que pode ser decorrente da implementação de técnicas de plantio e colheita mais produtivas.

A quantidade colhida das plantações de côco-da-baía aumentou com a expansão das áreas colhidas. Em contrapartida, a expansão das áreas colhidas de maracujá não impulsionou o aumento da quantidade colhida em Maranguape.

A produção extrativa dos municípios, detalhada na tabela 2 do Anexo 2, é composta pela extração de babaçu, carnaúba(cera, fibra e pó), carvão vegetal, castanha de caju, lenha e madeira em tora. Percebe-se que todos os produtos extrativos tiveram declínio de produção no período de 1994 a 2006, exceto os produtos oriundos da carnaúba, que foram melhor aproveitados com a extração da fibra e do pó, além da cera.

As principais áreas associadas à atividade extrativa são as constituídas pela mata ciliar e a pluvionebular subpernifolia.

Além da atividade extrativista e do cultivo, a mata ciliar e outras porções das áreas agrícolas são também aproveitadas pela pecuária. A quantidade de rebanhos e aves criados estão descritos por tipo na tabela 4, para os anos de 1995 e 2006.

TABELA 4 - Quantidade dos Rebanhos e das Aves por Tipo - 1995 e 2006.

Tipo	Ano	CEARÁ e Municípios				
		CEARÁ	Caucaia	Fortaleza	Maracanaú	Maranguape
Bovinos	1995	2.266.278	42.632	10.885	3.960	25.960
	2006	2.352.589	19.473	2.904	1.450	18.761
Bubalinos	1995	1.486	85	-	-	-
	2006	1.123	43	-	-	-
Suínos	1995	1.210.735	28.737	7.988	4.280	48.990
	2006	1.101.360	9.928	897	5.794	6.806
Eqüinos	1995	223.984	2.587	246	410	960
	2006	140.159	1.396	463	89	1.048
Asininos	1995	189.524	2.715	128	415	2.050
	2006	203.716	421	95	54	391
Muares	1995	121.629	964	133	550	1.040
	2006	79.516	331	47	44	492
Ovinos	1995	1.368.841	24.945	1.029	1.380	9.370
	2006	1.961.724	8.965	1.406	142	4.198
Caprinos	1995	1.116.173	21.734	1.295	1.100	8.730
	2006	946.715	5.562	73	246	891
Coelhos	1995	1.637	-	1.637	-	-
	2006	2.241	136	630	-	-
Galinhas	1995	-	-	-	-	-
	2006	7.100.954	15.092	70.938	1.695	16.850
Galos, frangas, frangos e pintos	1995	-	-	-	-	-
	2006	15.444.250	365.050	5.599	46.992	465.101
Codornas	1995	-	-	-	-	-
	2006	65.992	8.804	2.502	-	-

FONTE: CEARÁ(1998 e 2008)

Os rebanhos - bovinos, bubalinos, suínos, eqüinos, asininos, muares, ovinos caprinos e coelhos - tiveram queda de produção em 2006 nos municípios da bacia do Rio Ceará. Somente os suínos, em Maracanaú, e os eqüinos, em Fortaleza e Maranguape, tiveram aumento da produção.

Os bubalinos possuem pouco significado na bacia, e somente são criados pelos pecuaristas de Caucaia.

Fortaleza era o único produtor de coelhos do Estado em 1995; porém, em 2006, outros municípios produtores, como Caucaia, participam do mercado de coelhos. Fortaleza e Caucaia respondem por 34% da produção do Estado.

As aves não têm produção discriminada para 1995; mas, em 2006, exprimem aproximadamente 1 milhão de cabeças, divididas entre galinhas, galos, frangas, frangos, pintos, e codornas.

Observa-se, na tabela 5, que o leite de vaca perdeu sua capacidade produtiva na bacia do Rio Ceará, enquanto que o Estado aumentou sua produção. Tal fato pode ter relação direta com a diminuição de cabeças de bovinos produzidos pelos municípios da bacia.

TABELA 5 - Produtos de Origem Animal 1995 e 2006.

CEARÁ e Municípios	Produção de leite				Produção de ovos (mil dúzias)		Produção de mel de abelha (kg)
	Vacas ordenhadas (cabeças)		Leite produzido (mil litros)		Ovos de galinha	Ovos de codorna	
	1995	2006	1995	2006	2006	2006	
CEARÁ	430.530	475.988	292.346	380.025	101.337	638	3.053.053
Caucaia	7.673	3.910	9.514	6.335	2.538	104	523
Fortaleza	3.986	1.142	5.961	1.557	1.984	22	681
Maracanaú	865	250	822	311	10	-	544
Maranguape	5.205	4.186	8.692	6.702	537	-	15.048

FONTE: CEARÁ(1998 e 2008)

Apesar de produzir menos leite que os outros municípios, Maracanaú tem a melhor produção por cabeça. Maracanaú ordenha-se menos vacas para produzir a mesma quantidade de leite de Caucaia, Fortaleza e Maranguape.

Assim como a produção de aves, os ovos de galinha, de codorna e o mel de abelha surgem como produtos em 2006. Tendo Maranguape destaque na produção de mel de abelha com 15.048kg, sendo que os demais municípios da bacia não têm sua produção maior que 1.800kg.

A produção de pescado marítimo e estuarino, discriminados na tabela 6, é produzida somente por Caucaia e Fortaleza, por serem os municípios com áreas marítimas e estuarinas, como pode ser observado nos mapas produzidos neste trabalho.

TABELA 6 - Produção do Pescado Marítimo e Estuarino(t) 1995 e 2006.

CEARÁ e Municípios	Total		Peixes		Crustáceos			
					Camarão		Lagosta	
	1995	2006	1995	2006	1995	2006	1995	2006
CEARÁ	14000,9	16.552	10.394	14.034	1118,4	607	2488,4	1908
Caucaia	172,6	174	170	172	2,8	1	0,1	1
Fortaleza	3477,6	1.790	1.859	1.157	1080,4	556	538,4	77

FONTE: CEARÁ(1998 e 2008)

Mesmo com o aumento da produção cearense de pescado a bacia retraiu sua produção. Em Fortaleza, os responsáveis pela retração na produção foram os crustáceos, com aproximadamente 50% e 85% da produção reprimida para os camarões e lagostas, respectivamente.

As **áreas urbanas** compreendem as áreas com edificações e sistema viário, onde as superfícies artificiais são preponderantes. De acordo com o IBGE(2006), estão incluídas nesta classe as cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicação e terrenos associados, áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais e instituições.

Na tabela 7, exibe-se o quantitativo de indústrias ativas por tipo – extrativa mineral, construção civil, utilidade pública e de transformação – para os anos de 1996 e 2006.

TABELA 7 - Empresas industriais ativas em 1996 e 2006.

CEARÁ e Municípios	Total		Extrativa mineral		Construção civil		Utilidade pública		Transformação	
	1996	2006	1996	2006	1996	2006	1996	2006	1996	2006
CEARÁ	14.322	14.807	126	170	173	2.335	26	52	13997	12.250
Caucaia	371	467	13	16	4	37	0	4	354	410
Fortaleza	7.047	7.298	9	14	58	1.525	11	24	6969	5.735
Maracanaú	348	514	2	1	1	35	1	2	344	476
Maranguape	167	179	1	1	4	4	0	-	162	174

FONTE: CEARÁ(1998 e 2008)

Analisando a tabela 7, percebe-se que, em geral, há um incremento do quantitativo de empresas em 2006, comparando-se com o ano de 1996. Surgiram mais empresas industriais nos quatro municípios, 525, do que no Ceará, 485.

Apesar do aumento do número de indústrias ativas, o mais significativo sendo as de construção civil com 1467 novas indústrias, Fortaleza perdeu 1.234 indústrias de transformação.

Na tabela 3 do anexo 2, percebe-se que os gêneros de indústrias ativas de transformação são de: produtos de minerais não-metálicos; metalurgia; mecânica; material elétrico e eletrônica de comunicação; material de transporte; madeira; mobiliário; papel e papelão; borracha; couros, peles e produtos similares; química; produtos farmacêuticos e veterinários; perfumaria, sabões e velas; material plástico; têxtil; vestuário, calçados, artefatos, tecidos, couros e peles; produtos alimentares; bebidas; editorial e gráfica; e diversas.

Das 12250 indústrias ativas de transformação do Estado, 6795 estão nos municípios da bacia, totalizando 55,5% das indústrias ativas do Ceará.

Dos vários gêneros de indústrias ativas de transformação, as de mecânica, material de transporte, madeira, papel e papelão, couros, peles e produtos similares; química, perfumaria, sabões e velas; material plástico, têxtil, vestuário, calçados, artefatos, tecidos, couros e peles, editorial e gráfica aumentaram o número de indústrias, enquanto que as demais diminuíram o quantitativo para os municípios da bacia.

Exibe-se na tabela 8 o quantitativo de estabelecimentos comerciais nos setores atacadista e varejista em 1996 e 2006, e de reparação em 2006.

TABELA 8 - Estabelecimentos comerciais, por setor em 1996 e 2006.

CEARÁ e Municípios	Total		Atacadista		Varejista		Reparação de veículos e de objetos pessoais e de uso doméstico 2006
	1996	2006	1996	2006	1996	2006	
CEARÁ	106.532	83.810	4.123	3.224	102.409	80.242	344
Caucaia	2.547	1.954	105	44	2.442	1.906	4
Fortaleza	41.032	29.930	2.646	2.175	38.386	27.543	212
Maracanaú	2.057	1.807	143	142	1.914	1.663	2
Maranguape	849	782	17	9	832	772	1

FONTE: CEARÁ(1998 e 2008)

Atesta-se, na tabela 8, uma redução do número de estabelecimentos comerciais nos setores atacadistas e varejistas. Sendo que o setor varejista foi o que mais reduziu, com 27% de redução, contra 19% dos atacadistas.

Caucaia, Fortaleza, Maracanaú e Maranguape possuem 73,5% dos estabelecimentos atacadista do Ceará, 40% dos estabelecimentos varejistas e 62% dos de reparação.

Percebe-se com a análise dessas informações que há uma mudança de interesse dos investidores, pois procuram investir em negócios do setor terciário nos municípios da bacia, reduzindo o setor primário. Fortaleza já é considerada 100% urbanizada, e Maracanaú possui 97% do seu território urbanizado, o que comprime as atividades agrícolas nestes municípios.

3.2 Contexto Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagem da Bacia do Rio Ceará

3.2.1 Características Geológicas e Geomorfológicas

Apresentam-se as características geológicas e geomorfológicas da área da bacia do Rio Ceará, conforme os estudos realizados por Souza (1998; 2000), Brandão (1995), Projeto RADAMBRASIL Folha SA.24 Fortaleza (1981) e Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará (Ceará, 1998).

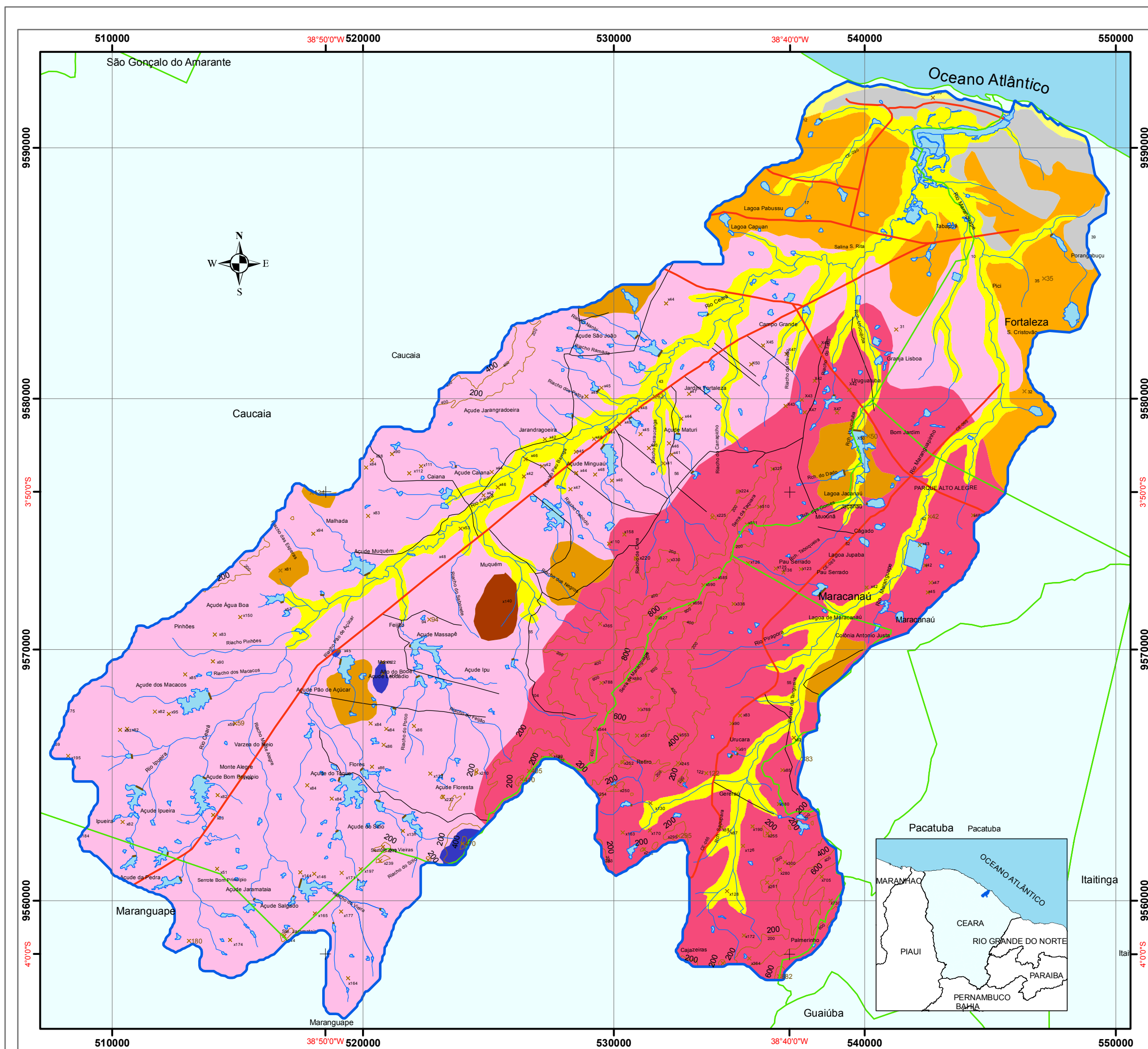
A área da bacia do Rio Ceará está contida no domínio dos Depósitos Sedimentares Cenozóicos e no domínio dos Escudos e dos Maciços Antigos. Conforme o mapa geológico da bacia do Rio Ceará, mapa 2, as unidades lito-estratigráficas presentes na área são: depósitos flúvio-aluvionares e de mangues, dunas móveis, paleodunas, coberturas colúvio-eluviais, Formação Barreiras, rochas vulcânicas alcalinas, ultrabásitos, Complexo Gnássicos-Migmatítico e Complexo Granitóide-Migmatítico.

Na mapa 3 apresenta-se o mapa geomorfológico com a delimitação das feições geomorfológicas.

Depósitos aluviais e de mangues: Planícies fluviais e planícies flúvio-marinhas.

De acordo com Brandão (*op.cit.*) os depósitos aluviais e de mangues são litologicamente “representados por areias, cascalhos, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, lacustres ou estuarinos recentes”.

Conforme Ceará (*op.cit.*) as formas mais características de acumulação derivadas da ação fluvial são as planícies fluviais. Localizam-se ao longo dos rios,



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e
Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 2 - GEOLOGIA DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

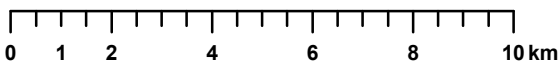
Convenções Cartográficas

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Rodovias | Lagoas e Reservatórios |
| Estradas | Açudes |
| Pontos Cotados | Rios e riachos |
| Curvas de Nível Mestras | Limite das Bacias Hidrográficas |
| | Limite Municipal |

Legenda

Cenozóico	Quaternário		Depósitos Flúvio-aluvionares e de Mangues
			Areias, siltes e argilas, com ou sem matéria orgânica.
			Dunas Móveis e Faixa de Praia
	Terciário		Areias esbranquiçadas de granulação fina a média quartzosas.
			Paleodunas
			Areias de coloração amarelada acinzentada de composição quartzosa ou quartzo-feldspática.
Proterozóico		Inferior	
			Sedimentos areno-silto-argilosos.
			Formação Barreira
			Sedimentos areno-argilosos, com níveis conglomeráticas e matriz argilosa caulinitica com cimento argilo-ferroginoso as vezes silicosos.
		Rocha Vulcânicas Alcalinas	
		Fonolitos, traquitos e essexitos.	

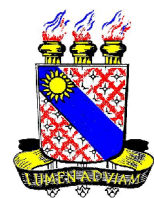
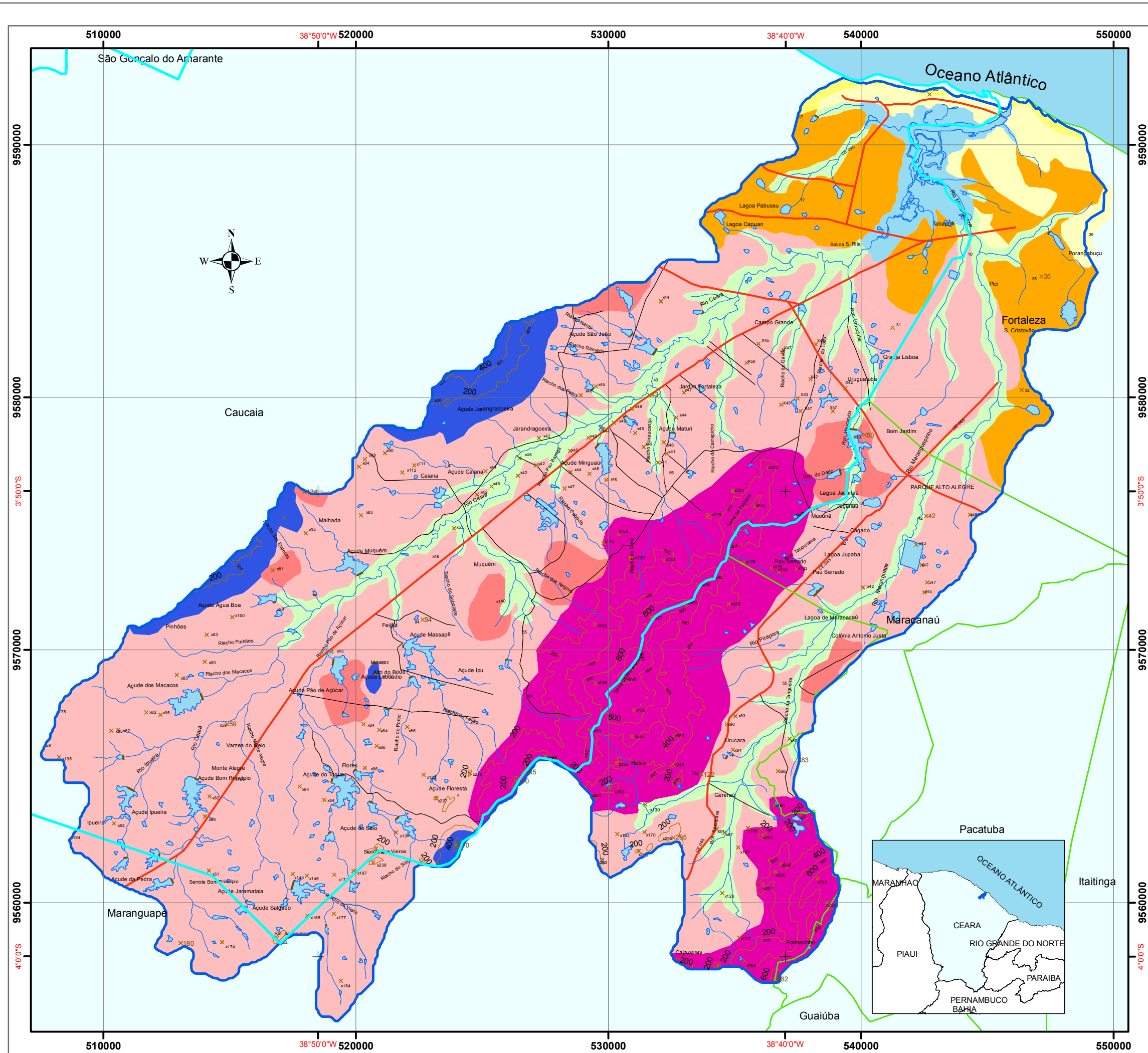
Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Reambulação do Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, do Serviço Geológico do Brasil-CPRM. (BRANDÃO, 1995)

Apoio:





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e
Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 3 - GEOMORFOLOGIA DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

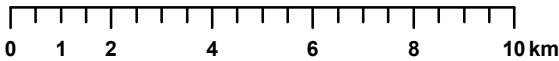
Convenções Cartográficas

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Rodovias | Lagoas e Reservatórios |
| Estradas | Açudes |
| Pontos Cotados | Rios e riachos |
| Curvas de Nível Mestras | Limite das Bacias Hidrográficas |
| | Limite Municipal |

Legenda

- Planície Flúvio-Marinha
- Planície Fluvial
- Campo de Dunas
- Paleodunas
- Tabuleiros Pré-litorâneos
- Tabuleiros Interiores
- Cristas
- Maciços Residuais
- Depressões Sertaneja

Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Interpretação de Imagens do Satélite CBERS-INPE

Apoio:



tendo maior destaque espacial nos baixos cursos do Rio Ceará. Nos altos e médios cursos desses rios, em terrenos do embasamento cristalino, as planícies têm larguras inexpressivas; porém, quando do entalhamento dos terrenos da Formação Barreiras, à jusante, a planície é ampliada por diminuição do gradiente fluvial.

As planícies fluviais, mesmo com significado espacial pouco representativo, constituem ambientes de exceção na depressão sertaneja, por abrigarem melhores condições de solos e de disponibilidades hídricas. (CEARÁ, *op.cit.*)

Próximo ao estuário do Rio Ceará, a planície flúvio-marinha é composta por depósitos siltico-argilosos ricos em matéria orgânica. É originada por processos combinados de agentes fluviais e marinhos. Seus solos são continuamente afetados pela preamar.

Dunas recentes: Campo de Dunas

Para Ceará (*op. cit*) “os trabalhos de deflação e acumulação eólicas são responsáveis pelo desenvolvimento dos extensos e contínuos cordões de dunas, ao longo de todo o litoral cearense.”

De acordo com Brandão (*op. cit*) são litologicamente constituídas “por areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados” e, eventualmente, exibindo uma maior compactação.

Na bacia em questão, o campo de dunas foi desordenadamente ocupado comprometendo a característica de movimentação das dunas móveis.

A planície flúvio-marinha do Rio Ceará rompe a continuidade do campo de dunas e da faixa de praia.

A faixa de praia apesar de não poder ser representada na escala de mapeamento da pesquisa, enquadra-se dentro da classe de dunas. Estas formam

um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas ou dos tabuleiros (BRANDÃO *op. cit.*). Seus sedimentos possuem larguras muito variáveis e compõem-se de areias quartzosas médias e grosseiras, sem qualquer consolidação. (CEARÁ *op. cit.*)

Paleodunas

As paleodunas sobrepõem-se à Formação Barreiras variando em espessura de 15 metros na linha de costa, e redução progressiva em direção ao interior. São litologicamente compostas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosas, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelos, alaranjados ou acizentados. (BRANDÃO *op. cit.*)

As paleodunas representam uma geração de dunas mais antigas, que possuem o desenvolvimento de processos pedogenéticos, proporcionando aporte para uma cobertura vegetal mais densa e de porte arbóreo, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica. De acordo com Ceará (*op. cit.*) a estrutura destas dunas exhibe estratificação cruzada evidenciando variações nas direções dos ventos.

A geração mais antiga das paleodunas tem areias com tons vermelhos e amarelos. Em parte, elas se encontram dissipadas, confundindo-se com a superfície dos Tabuleiros.

Coberturas Colúvios-eluviais: Tabuleiros Interiores

Distribuindo-se de forma irregular na área da bacia configurando-se como manchas assentadas sobre os terrenos cristalinos, as coberturas colúvio-eluviais são depósitos “resultantes do intemperismo *in situ* ou com pequeno deslocamento gravitacional”. (BRANDÃO *op. cit.*)

Conforme Brandão *op.cit.* os tabuleiros interiores são formados

a partir da profunda decomposição e lixiviação das rochas do embasamento, sendo caracterizados por um material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base em muitas vezes, conservando resquícios de estruturas gnáissicas e fragmentos de veios de quartzo.

Ainda segundo este autor os sedimentos das manchas de tabuleiros interiores próximas ao litoral possuem semelhança com os sedimentos dos tabuleiros pré-litorâneos, fato que dificulta o estabelecimento de um contato rígido entre ambos, que pode ter provocado equívocos na delimitação das áreas de um ou de outro.

Formação Barreiras: Tabuleiros pré-litorâneos

Distribuídos de modo contínuo e paralelo por todo o litoral cearense, os sedimentos da Formação Barreiras possuem larguras variáveis, estreitando-se próximo ao litoral de Fortaleza.

É composta, litologicamente, “por sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos.”(BRANDÃO, *op. cit.*)

De acordo com Souza (*op. cit.*), a Formação Barreiras é resultante do “empilhamento de diversas unidades, como consequência da evolução morfogenética, dos movimentos tectônicos e dos paleoclimas”, sendo as rochas do embasamento cristalino as principais fontes de materiais para o seu estabelecimento.

As falésias vivas, em Iparana, Município de Caucaia, são esculpidas em terrenos dessa Formação Litoestratigráfica.

Para Souza (*op. cit.*), a morfologia dos tabuleiros pré-litorâneos possui aspecto rampeado apresentando-se como típico glacis de acumulação. Os

tabuleiros pré-litorâneos têm altitudes que variam, normalmente, entre 30 e 50m e declividades entre 2 e 5%.

A drenagem possui baixa capacidade de incisão linear, devido ao fluxo muito lento, resultando na baixa amplitude altimétrica, não superior a 10m, entre o topo dos tabuleiros e os fundos de vales. (CEARÁ, *op. cit.*)

Rochas Vulcânicas Alcalinas e Ultrabásitos: Crista Residual

Na porção sudoeste da bacia hidrográfica em estudo, próximo à Serra de Maranguape, encontra-se o corpo ultrabásico do serrote Manoel Gonçalves. Conforme Brandão (*op. cit.*), trata-se de um piroxenito de coloração preto-esverdeada, maciço, e de granulação média, que está posicionado cronoestratigraficamente no final do Proterozóico Inferior.

Ainda na porção sudoeste da bacia, encontra-se “uma província petrográfica geneticamente associada ao vulcanismo Terciário do arquipélago de Fernando de Noronha.” Em forma de *necks* e diques, são litotipos classificados como fonólitos e traquitos, de “coloração cinza-esverdeada, com pórfiros milimétricos de feldspato envoltos por uma matriz afanítica”. (BRANDÃO, *op. cit.*)

Complexo Gnássico-Migmatítico: Depressão Sertaneja

O Complexo Gnássico-Migmatítico está estratigraficamente situado no Proterozóico Inferior e ocupa grande parte da área da bacia em estudo. Nas suas exposições descreve-se uma seqüência dominante de paraderivadas, constituída de gnaisses aluminosos, e, em parte migmatizados e, por vezes, intercalados por níveis carbonáticos. (BRANDÃO, *op. cit.*)

Os processos desnudacionais proporcionaram a elaboração das depressões sertanejas, que constitui o domínio de maior abrangência espacial, englobando 2/3 do território cearense.

As depressões sertanejas e as formas do relevo que as integram, exibem os reflexos de eventos tectônico-estruturais remotos. Traduzem, igualmente, a relação da morfologia com os fatores litológicos e as evidências de flutuações climáticas Cenozóicas. (CEARÁ, 1998)

Com a acentuação da umidade próximo ao litoral, a Depressão Sertaneja que circunda os maciços residuais de Maranguape, Juá-Conceição e Bico Fino, exhibe-se ligeiramente dissecada, devido a uma maior frequência de cursos d'água que entalham os terrenos do complexo gnáissico-migmatítico. (Souza, 1990)

Conforme Ceará *op. cit.*

apesar da complexidade litológica, as depressões sertanejas compõem superfícies de aplainamento onde o trabalho erosivo truncou, indistintamente, os mais variados tipos de rochas. Este fato não invalida o trabalho da erosão diferencial, destacando rochas mais resistentes, rebaixando ou dissecando os setores de litologias tenras.

A presença de cristas de quartzitos e de calcários cristalinos constituem exemplos da ação seletiva dos processos degradacionais.

Complexo Granitóide-Migmatítico: Maciços Residuais

As serras de Maranguape e Aratanha são as melhores exposições do complexo Granitóide-Migmatítico na área da bacia, compreendendo ainda a região intermontana entre estas Serras. Este conjunto exhibe na periferia rochas foliadas desde gnaisses migmatizados até migmatitos metatexíticos e núcleos granitóides. São ainda entendidos como relevos residuais formados a partir da erosão diferencial que desnudou as áreas gnáissicas circundantes. (BRANDÃO *op. cit.*)

Os maciços residuais pré-litorâneos apresentam-se como compartimentos ilhados e contribuem para a diversificação fisiográfica e ecológica da paisagem cearense. Exibem diferenças do ponto de vista altimétrico, quanto à composição litológica, feições de dissecção e abrangência espacial. (CEARÁ, 1998)

Os rios da bacia em estudo drenam, quase que em sua totalidade, a Serra de Maranguape e parte da Serra de Aratanha. A disposição destas serras face ao deslocamento dos ventos condiciona a formação de chuvas orográficas nas vertentes orientais e nas cimeiras. A cimeira da Serra de Aratanha e a vertente oriental da Serra de Maranguape estão sujeitas à morfogênese química, que disseca o relevo em formas de topos convexos, lombadas e, mais raramente, cristas. A vertente ocidental da serra de Maranguape, com chuvas mais escassas, apresenta condições ambientais que se assemelham com as depressões sertanejas. (CEARÁ, *op. cit.*)

Os vales têm forma de V, demonstram a forte capacidade de entalhe da drenagem. A drenagem apresenta padrões dentrícos e subdentrícos, que revelam certa instabilidade por serem dotadas de declives acentuados. (CEARÁ, *op. cit.*)

3.2.2 Condições Climáticas e Hidrológicas

3.2.2.1 Condições Termo-Pluviométricas

A análise das condições climáticas da bacia do Rio Ceará teve como aporte teórico os estudos de Nimer (1979); Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará (Ceará, 1998); Brandão (1995), além dos dados oriundos das estações meteorológicas da FUCEME e do Instituto Nacional de Meteorologia – InMET, apresentadas no anexo 1.

A bacia do Rio Ceará está localizada no norte da Região Nordeste do Brasil, sendo submetida à influência preponderante da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.

A ZCIT constitui-se a partir da convergência dos alísios dos hemisférios norte e sul numa zona de descontinuidade térmica, que da ascensão conjunta do ar

produz uma faixa de calmarias com chuvas e trovoadas. O deslocamento da ZCIT de 5° N a até 10° S influencia, decisivamente, a área da bacia no outono (março-abril). Porém, desde o fim do verão pode influenciar a área, fato comprovado pelas maiores médias de precipitação nos meses de fevereiro a abril.

A ZCIT terá uma maior ou menor influência na climatologia do Nordeste dependendo da ação de fenômenos meteorológicos como *El Nino* e *La Nina*, pois amenizam ou potencializam a ação da ZCIT. O fenômeno *El Nino* caracteriza-se pelo aquecimento acima do normal das águas do Oceano Pacífico Tropical no setor centro-leste da costa da América do Sul peruana e equatoriana até próximo da Linha da Data Internacional. *La Nina* é o inverso do *El Nino*, pois resfria as águas oceânicas.

Estudos elaborados pela FUNCEME (2008) revelam “que dos anos em que foi registrado o fenômeno *El Nino* [...], em aproximadamente 70% deles também foram registrados déficit no regime de precipitação espacial e temporal da região.” E acrescentam que *La Nina* pode favorecer a ocorrência de chuvas acima da média sobre o semi-árido nordestino. (FUNCEME, op. cit)

Analisando-se o período em estudo, com base no gráfico 2, e comparando com os biênios de 1973/74, 1975/76, 1984/85, 1988/89 e 1995/96 onde *La Nina* se faz presente, conforme FUNCEME(*op. cit.*), somente no biênio 1995/96 não ocorreu elevada média pluviométrica. Percebe-se ainda, que a irregularidade predomina nos totais pluviométricos para as Estações, com valores que variam de 2836,0mm, em 1985 na Estação 47(FUNCEME), a 465,2mm na Estação 83(Maranguape) em 2005. Essa irregularidade fica mais patente com a análise do desvio padrão na tabela 9, que demonstra valores elevados, comprovando a irregularidade das chuvas durante os anos do período.

Percebe-se no gráfico 2 e 3 e na tabela 9 e 10 que os postos mais próximos ao litoral, apesar de aparentarem o mesmo padrão sinuoso nos gráficos, que as demais, possuem maiores médias de precipitação, justificadas pela influência marítima exercida nessas estações. Mesmo a Estação de Maranguape (83) sendo influenciada pelas variações climáticas provocadas pelo fator altitude, devido sua

proximidade das Serras de Aratanha e Maranguape, geralmente os valores precipitados não ultrapassam aos das outras Estações.

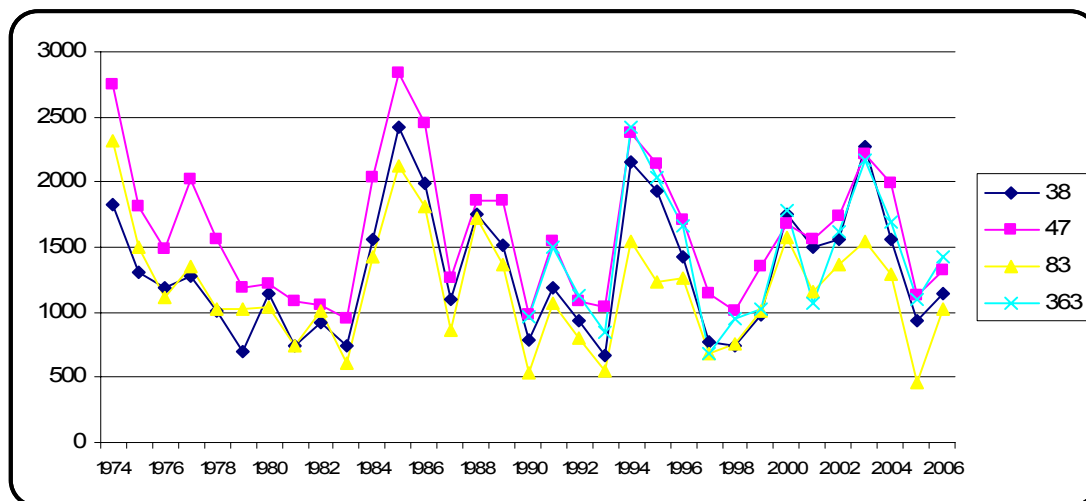


GRÁFICO 2 - Precipitação Média para as Estações Meteorológicas da FUNCEME para a Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006 por Ano (mm).
FONTE: PAULA(2008)

TABELA 9 - Média e Desvio Padrão dos Anos das Precipitações para as Estações Meteorológicas da FUNCEME para Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006 (mm).

Estações	Média	Desvio Padrão
38	1319,74	490,09
47	1619,71	526,95
83	1178,37	441,20
363	1415,66	500,52

FONTE: PAULA(2008)

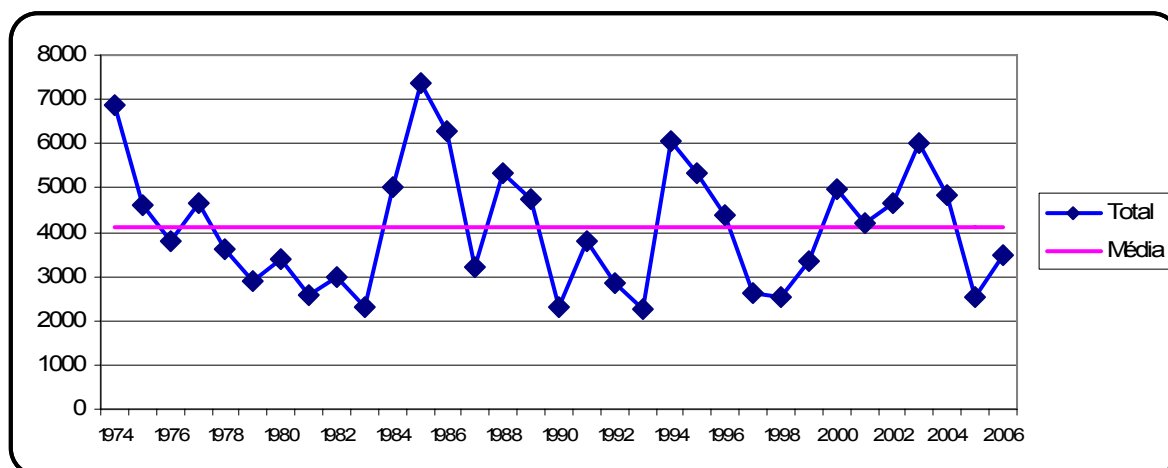


GRÁFICO 3 - Total e Média da Precipitação para as Estações Meteorológicas da FUNCEME para a Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006(mm).
FONTE: PAULA(2008)

No gráfico 4 verifica-se a irregularidade das chuvas durante o ano, onde a maior média fica acima dos 350 mm, e a menor é igual a 3,42mm. Assim como para

os anos, a irregularidade dos totais pluviométricos está também evidente na análise do desvio padrão durante o período detalhado na tabela 3.

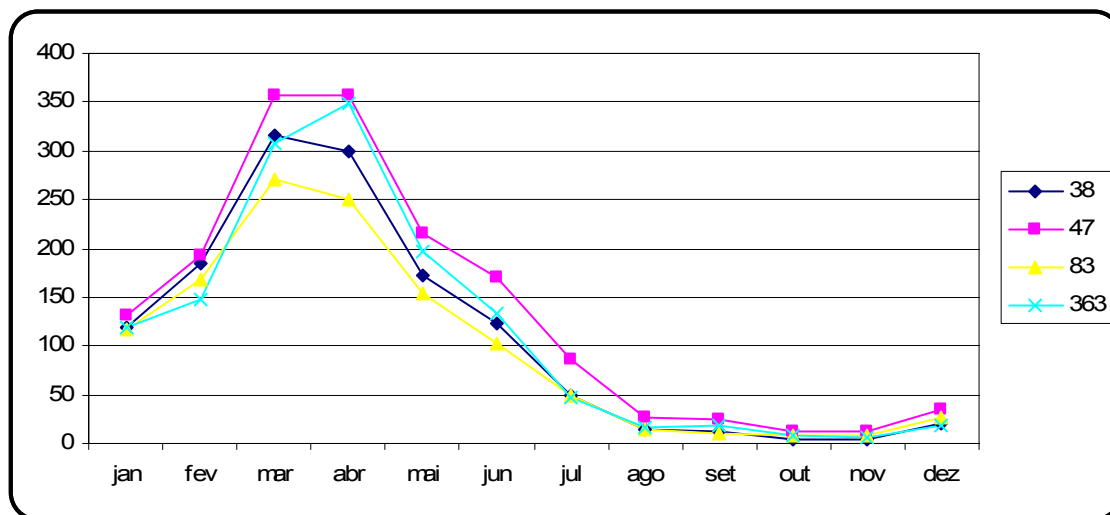


GRÁFICO 4 - Precipitação Média para as Estações Meteorológicas da FUNCEME da Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006 por Mês.
 FONTE: PAULA(2008)

TABELA 10 - Média e Desvio Padrão dos Meses das Precipitações para as Estações da FUNCEME Meteorológicas da Bacia do Rio Ceará no Período de 1974 a 2006.

Estação	Média	Desvio Padrão
38	109,98	113,18
47	134,98	126,61
83	98,20	95,30
363	113,96	119,08

FONTE: PAULA(2008)

A irregularidade também está refletida nos totais pluviométricos precipitados na bacia do Rio Ceará, constatado no gráfico 10, com quantidades que variam de 2269,1mm a 7376,6mm, desconsiderando-se para o cálculo as mensurações da estação 363, por não haver informações para o período de 1974 a 1989. Ao analisar-se a quantidade de anos acima e abaixo da média pluviométrica, percebe-se certo equilíbrio, com 16 e 17 anos, respectivamente.

Tendo como base as informações da Estação Meteorológica de Fortaleza do INMET(2008), também localizada no mapa da figura 10, inferiu-se sobre as temperaturas mínimas, médias e máximas da bacia do Rio Ceará, durante o período de 1976 a 2006.

Analisando-se as tabelas 11, 12 e 13 e o gráfico 5 percebe-se que as menores temperaturas mínimas, médias e máximas estão nos meses de junho e

julho, que correspondem ao inverno do hemisfério norte, contrapondo-se à idéia de que seriam nos meses com maiores concentrações de chuvas.

TABELA 11 - Média e Desvio Padrão nos Meses das Temperaturas Mínimas para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006 (°C).

Período	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
Média	24,46	24,17	23,88	23,75	23,64	22,17	22,69	22,89	23,56	24,26	24,64	24,84
Desvio Padrão	0,53	0,68	0,47	0,50	0,49	3,64	0,40	0,44	0,49	0,49	0,44	0,50

TABELA 12 - Média e Desvio Padrão nos Meses das Temperaturas Médias para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).

Período	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
Média	27,25	27,21	26,81	26,54	26,46	25,92	25,90	26,29	26,82	27,24	27,52	27,66
Desvio Padrão	0,46	0,57	0,48	0,64	0,51	0,39	0,50	0,35	0,32	0,35	0,29	0,35

TABELA 13 - Média e Desvio Padrão nos Meses das Temperaturas Máximas para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).

Período	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
Média	30,89	30,70	30,24	30,19	30,30	29,92	30,10	30,52	30,79	31,06	31,27	31,35
Desvio Padrão	0,61	0,81	0,65	0,73	0,61	0,50	0,71	0,55	0,49	0,40	0,41	0,53

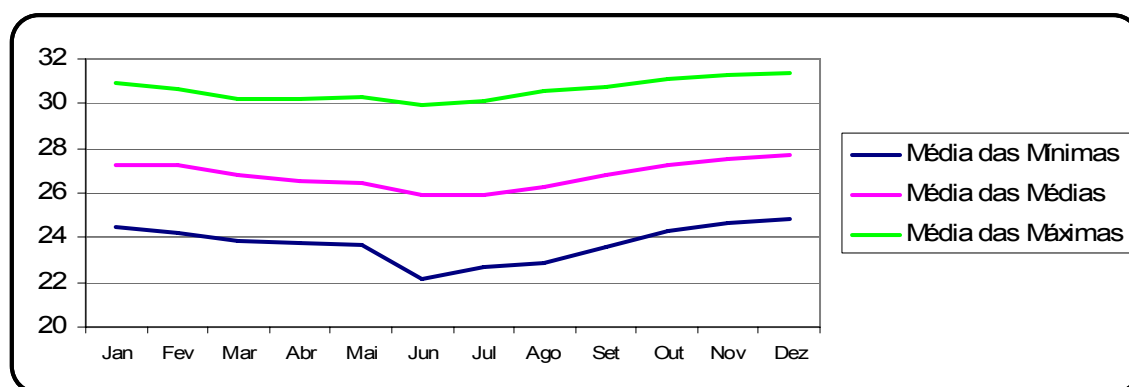


GRÁFICO 5 - Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas nos Meses para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).

FONTE: PAULA(2008)

Apesar dos valores próximos a zero, o desvio padrão das mínimas, médias e máximas nos meses do período estudado pode ser considerado alto, pois mesmo pequenas mudanças climáticas interferem, decisivamente, na dinâmica de seres vivos, recursos naturais e nas atividades sócio-ecomômicas.

Geralmente o aumento ou a redução da temperatura estão ligados com certa proporcionalidade às linhas gráficas das médias das temperaturas mínimas, médias e máximas nos meses (ver gráfico 5) e nos anos. Porém os anos de 1980, 1985 e 1998 foram atípicos, pois há uma quebra do padrão sinuoso estabelecido pelas linhas das médias, das máximas e mínimas, perceptível no gráfico 6.

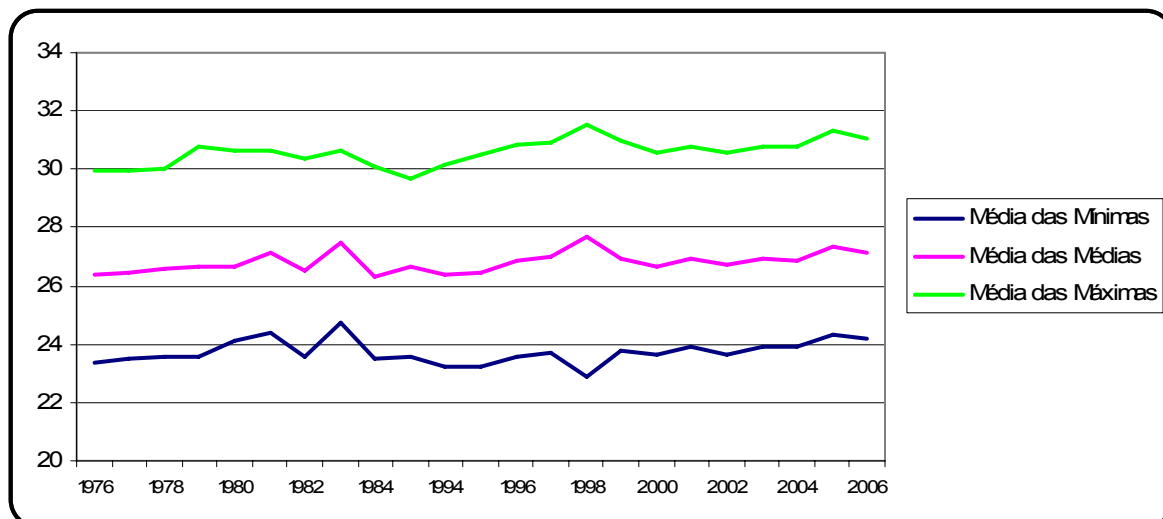
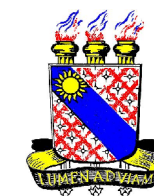


GRÁFICO 6 - Média das Temperaturas Mínimas, Médias e Máximas para a Estação Meteorológica do InMET no Período de 1976 a 2006(°C).

FONTE: PAULA(2008)

O maior valor médio das temperaturas mínimas no período foi 24,7°C e o menor 22,9°C, com amplitude de 1,8°C. Para as máximas, a maior média foi 31,6°C e a menor 29,7°C, com amplitude de 1,9°C. A diferença entre as médias das máximas e das mínimas variou entre 6 e 9°C, porém, a diferença que prevalece no período é 7.

Com base na análise da precipitação e das temperaturas para o período e com os critérios difundidos por Nimer (*op. cit.*), classificou-se o clima da bacia do Rio Ceará no Domínio Climático Quente do Tipo Mediterrâneo, com Sub-Domínios Semi-Úmido e Semi-Árido Brando. Do tipo Mediterrâneo, por sua localização espacial, pertencente ao Domínio Climático Quente, devido suas temperaturas médias históricas serem superiores a 18°C, de acordo com o proposto por Köppen, e com Sub-Domínios Semi-úmido, quando apresenta 5 meses secos, e Semi-árido Brando, quando tem 6 meses secos. As condições termo-pluviométricas estão expressas espacialmente no mapa 4.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e
Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 4 - TERMO-PLUVIOMETRIA DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

Convenções Cartográficas

- | | | | |
|--|-------------------------|--|---------------------------------|
| | Rodovias | | Lagoas e Reservatórios |
| | Estradas | | Açudes |
| | Pontos Cotados | | Rios e riachos |
| | Curvas de Nível Mestras | | Limite das Bacias Hidrográficas |
| | | | Limite Municipal |

Legenda

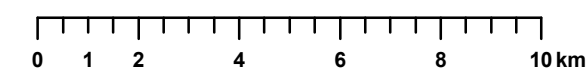
Estações Meteorológicas

- FUNCME
 INMET

Nº meses secos

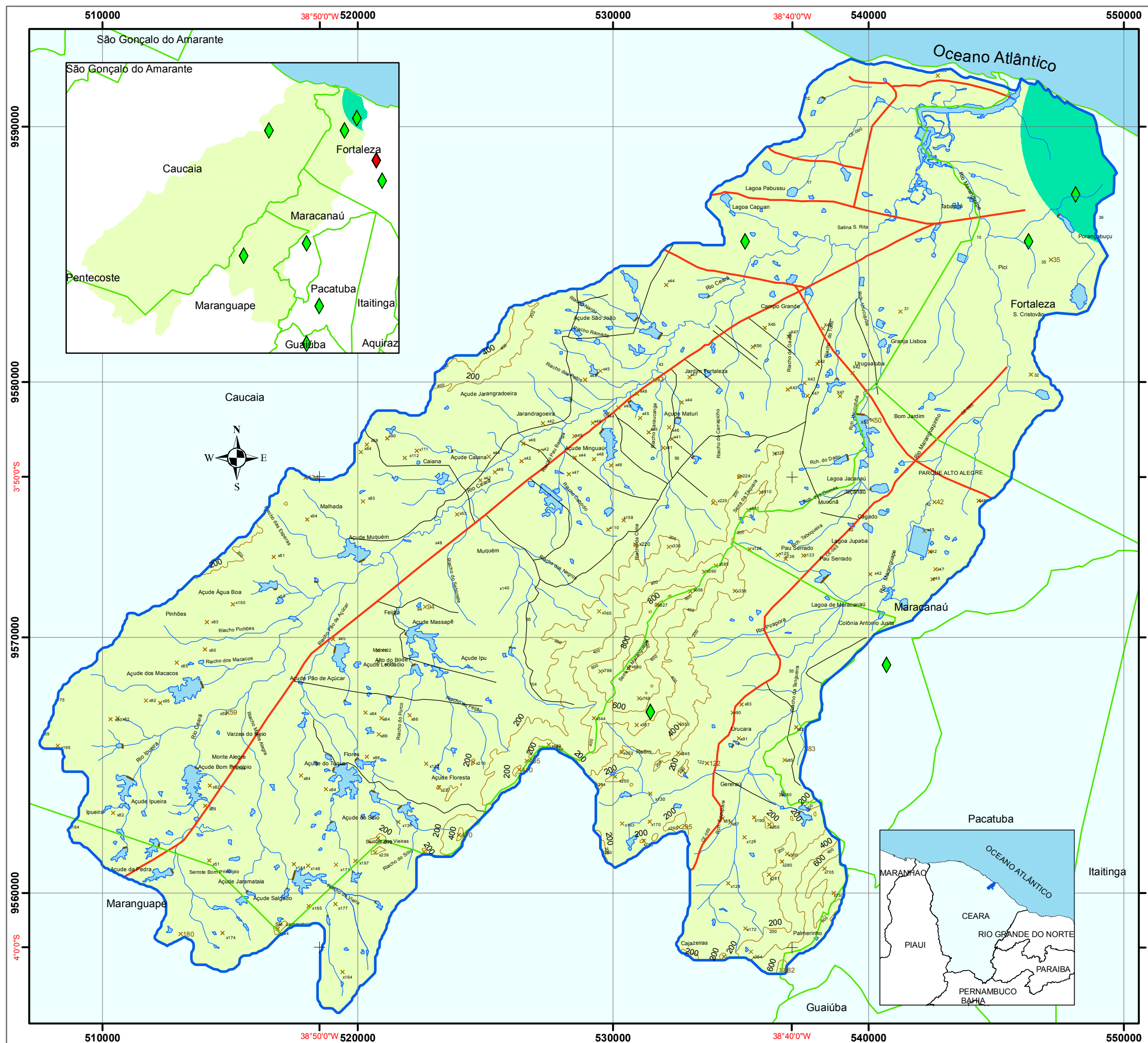
- 6 meses secos
 5 meses secos

Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Reambulação de informações da Fundação Cearense
de Meteorologia-FUNCME e do Instituto Nacional de
Meteorologia-INMET do período de 1976 à 2006.

Apoio:



Responsável Técnico: Geóg. Eder Mileno Silva de Paula / CREA-CE 42.281

3.2.2.2 Condições Hidrológicas

A bacia do Rio Ceará é caracterizada, como indica a análise dos dados de precipitação feita no tópico anterior, por chuvas escassas e irregulares no tempo e no espaço, como é característico de grande parte das pequenas bacias do semi-árido brasileiro, e ainda como característica, possui grande parte dos seus terrenos no embasamento cristalino (Ver mapa geológico da figura 9) com baixa permeabilidade, limitando o potencial de uso de águas subterrâneas nesta unidade às zonas de fraturas.

Para Brandão(1995), as principais reservas de águas subterrâneas da bacia encontram-se nas dunas, paleodunas, Formação Barreiras, aluviões e nos terrenos cristalinos, em ordem de importância hidrogeológica. E acrescenta-se que o uso dessas reservas foi bastante comprometido com o crescimento urbano.

As dunas e as paleodunas, além de constituírem-se na unidade de maior potencial hidrogeológico, de acordo com Brandão (*op. cit*), também se constitui na unidade mais susceptível à poluição, devido à alta permoporosidade, e por serem o palco principal da expansão urbana que tende a conurbar Fortaleza e Caucaia.

De acordo com Souza *et all* (1990), entre março e maio, o Rio Ceará atinge o débito máximo, ocupando todos os espaços das margens, ocasionando aumento do carreamento, depósito de sedimentos nos baixos cursos e assoreamento do talvegue. Há, por consequência, um maior espraiamento dos sedimentos. Acrescenta que com relação à produção de deflúvio, “não apresenta grandes potencialidades para picos de enchentes elevados, dadas as condições de sua conformação.”

Os tributários do Rio Ceará confluem em variados ângulos de união e por ser bastante ramificada, é classificada como de padrão dentrítico. Por serem cursos d’água de pequeno porte e intermitentes possuem pouca expressão hidrológica.

Alguns autores consideram o Rio Maranguapinho uma bacia independente da bacia do Rio Ceará, por ser a confluência do primeiro rio com o

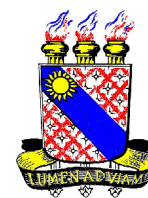
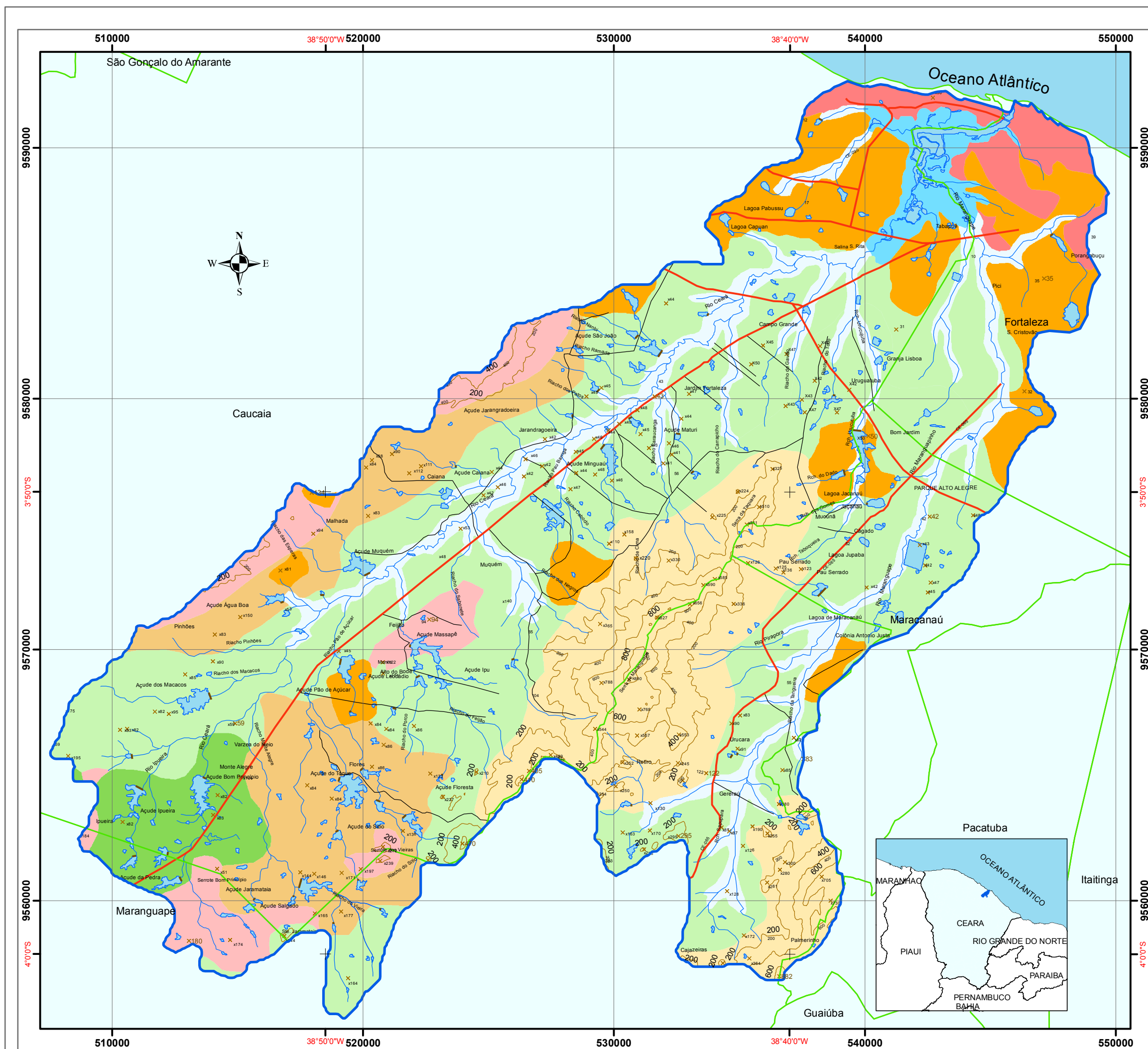
segundo muito próxima ao mar. No presente estudo considera-se o Maranguapinho como tributário do Rio Ceará, com aproximadamente 34km de comprimento, constituindo-se assim, o principal tributário da bacia. Os outros afluentes não possuem mais do que 8km de extensão.

O Rio Ceará e seus tributários, nas proximidades das áreas urbanas, possuem graves problemas ambientais ocasionados pela ocupação desordenada das suas margens, comprometendo a qualidade dos recursos hídricos e dos seres vivos dependentes deste recurso.

Grande parte dos açudes e lagoas, contidos na bacia hidrográfica, são utilizados para atividades agrícolas, através da irrigação de lavouras, dessedentação de animais, na aquicultura, ou para abastecimento de água nas comunidades dos municípios de Caucaia, Fortaleza, Maracanaú e Maranguape, e ainda em atividades ligadas ao lazer, ressaltando-se a importância destes mananciais, e a necessidade da sua manutenção.

3.2.3 Solos e Condições Fitoecológicas

A caracterização do mosaico de solos que compreende a bacia do Rio Ceará é baseada no Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará (JACOMINE, 1973), em conformidade com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (BRASIL, 1999); e no Relatório das Unidades Geoambientais e Identificação de Problemas Degradacionais na Bacia do Rio Ceará (SOUZA *et al*, 1990). Foram caracterizadas as seguintes classes de solos: Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos, Gleissolos Sálcos Sódicos, Luvisolos Crômicos, Neossolos Flúvicos Eutróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos, Neossolos Quartzarênicos, Planossolos Háplicos Eutróficos e Vertissolos. Estas classes foram mapeadas no mapa de solos da bacia do Rio Ceará (Mapa 5).



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e
Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 5 - SOLOS DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

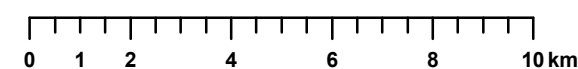
Convenções Cartográficas

- | | | | |
|--|-------------------------|--|---------------------------------|
| | Rodovias | | Lagoas e Reservatórios |
| | Estradas | | Açudes |
| | Pontos Cotados | | Rios e riachos |
| | Curvas de Nível Mestras | | Limite das Bacias Hidrográficas |
| | | | Limite Municipal |

Legenda

- Neossolos Flúvicos Eutróficos
- Neossolos Litólicos Eutróficos
- Neossolos Quartzarênicos
- Gleissolos Sálcos Sódicos
- Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico
- Argissolos Vermelho-Amarelo Eutrófico
- Luvisolos Crômicos
- Planossolos Háplicos Eutróficos
- Vertissolos

Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Reambulação do Mapa Digital de Solos do Estado do Ceará
na Escala de 1:800.000 da Empresa Brasileira de Pesquisas
Agropecuária- EMBRAPA

Apoio:



ARGISSOLOS Vermelho-Amarelos

Os solos pertencentes à ordem dos Argissolos Vermelho-Amarelos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade baixa imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Apresentam matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive BA.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos têm características distróficas e eutróficas.(CEARÁ, 1998)

Os ***Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos*** (Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos) possuem saturação de base baixa, com $v < 50\%$, na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive BA. Seu desenvolvimento justifica a ocorrência de solos profundos a moderadamente profundos e porosos. São bem drenados, excetuando os solos com caráter plântico, que apresentam drenagem variável de moderada a imperfeita.

Sua ocorrência está relacionada às ocorrências da Formação Barreiras em diferentes formas de relevo, predominando relevos planos e suave ondulados, com declividade entre 0 e 8%.

A baixa fertilidade natural, deficiência de água e susceptibilidade à erosão são as principais limitações ao uso agrícola, enquadrando-se na classe de aptidão regular para as lavouras de subsistência (milho, feijão, mandioca).

Os ***Argissolos Vermelho-Amarelos Eutróficos*** (Podzólicos Vermelho-Amarelos Eutróficos) têm como característica química a alta saturação de bases, com $V \geq 50\%$, na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B, inclusive BA. De modo geral, são solos moderadamente bem drenados, moderadamente ácidos a ácidos, raramente neutros, e ligeiramente alcalinos

Normalmente profundos, apresentam perfis diferenciados com textura arenosa ou média no horizonte A e argilosa ou média no horizonte B.

São solos de média a alta fertilidade natural diferenciando-se da classe dos Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos. Sua localização nos domínios dos maciços residuais da serra de Maranguape e Aratanha restringe o elevado potencial agrícola, pois não permite a mecanização, classificando-os como aptidão restrita em função da primazia de vertentes íngremes.

LUVISSOLOS

Os **Luvissolos Crômicos** (Bruno não Cálcicos) são constituídos por material mineral, com argila de atividade alta, alta saturação de bases e horizonte B textural ou B nítico imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado ou proeminente, ou horizonte E. Possuem características crômicas na maior parte do horizonte B, inclusive BA.

Quando o Horizonte plântico está presente não é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural, e quando ocorre o Horizonte glei, inicia-se após 50 cm de profundidade, não coincidindo com a parte superficial do horizonte B textural.

Localizados nos domínios das depressões sertanejas, têm seu desenvolvimento em relevo de declives suaves ondulados a fortemente ondulados. É comum a presença de calhaus e materiais grosseiros recobrando a superfície argilosa.

Varia a profundidade de moderadamente profundo a raso, com alta fertilidade natural e possuindo em sua composição mineralógica teores de minerais primários facilmente decomponíveis que se tornam fontes de nutrientes para as plantas.

Os Luvissolos Crômicos são de bem a moderadamente drenados e com alta fertilidade natural. Porém a falta de água nos períodos de estiagem, a pedregosidade e o alto grau de susceptibilidade à erosão, constituem fatores limitantes à utilização agrícola dessa unidade edáfica.

PLANOSSOLOS

Os **Planossolos Háplicos Eutróficos** (Planossolos Solódicos ta) são constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico, horizonte plântico, e/ou horizonte glei; o último, se presente, coincidente com o B plânico.

São relativamente rasos com baixa permeabilidade, têm alta saturação por bases na maior parte do horizonte B (inclusive BA).

Em decorrência da drenagem imperfeita, apresentam problemas relativos ao encharcamento durante o período chuvoso e ressecamento com fendilamentos durante a estação seca.

Os Planossolos Háplicos Eutróficos estão localizados nas proximidades do leito maior do Rio Ceará, em relevos planos e suave ondulados.

A susceptibilidade à erosão, deficiência de água no período seco, excesso de água no período chuvoso e saturação de sódio trocável nos horizontes superficiais enquadram-se como características desses solos, limitando o seu uso às atividades agrícolas.

VERTISSOLOS

São solos de ocorrência restrita na região sudoeste da bacia, no domínio da depressão sertaneja. Ocorrem em relevos planos a suavemente ondulados, e são constituídos por material mineral com horizonte vértico entre 25 e 100cm de profundidade e relação textural insuficiente para caracterizar um B textural, e necessariamente apresentando as seguintes condições:

- a. Teor de argila de, no mínimo, 30% nos 20cm superficiais, depois de misturados;
- b. Fendas verticais no período seco, com pelo menos 1cm de largura, atingindo, no mínimo, 50cm de profundidade, exceto no caso de solos rasos, onde o limite mínimo é de 30cm de profundidade;

- c. Ausência de material com contato lítico, ou horizonte petrocálcico, ou duripã dentro dos primeiros 30cm de profundidade;
- d. Em áreas irrigadas ou mal drenadas (sem fendas aparentes), o Coeficiente de Expansão Linear (COLE) deve ser igual ou superior a 0,06 ou a expansibilidade linear ser de 6cm ou mais;
- e. Ausência de qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte vértico.

A baixa permeabilidade influencia bastante na drenagem imperfeita dos Vertissolos, que nos períodos chuvosos faz com que estes solos fiquem bastante encharcados, muito plásticos e pegajosos, dificultando, sobremaneira, as operações com máquinas agrícolas, e ainda tornando-os bastante susceptíveis à erosão. Os vertissolos são avaliados como de bom potencial agrícola.

GLEISSOLOS

Os **Gleissolos Sálícos Sódicos** (Solos indiscriminados de mangue) são solos constituídos por material mineral com horizonte glei imediatamente abaixo de horizonte A, ou de horizonte hístico com menos de 40cm de espessura; ou horizonte glei a partir de 50cm da superfície do solo; não apresentam horizonte plântico ou vértico, acima do horizonte glei ou coincidentemente com este, nem horizonte B textural com mudança textural abrupta coincidente com horizonte glei, nem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei.

São solos com caráter sálico, em decorrência da presença de sais mais solúveis em água fria que o sulfato de cálcio (gesso), em quantidade que interfere no desenvolvimento da maioria das culturas ($CE \geq 7dS/m$), dentro de 100cm da superfície do solo. Possuem o caráter sódico, pois há saturação por sódio $(100Na^+/T) \geq 15\%$ dentro de 100cm da superfície do solo.

São formados em virtude de acumulações flúvio-marinhas, constituídas por sedimentos argilo-siltosos e até arenosos e outros em mistura com detritos orgânicos oriundos da decomposição da vegetação e da atividade biológica produzida por crustáceos, mariscos, e outras espécies que habitam a planície flúvio-marinha.

São tidas como principais limitações ao uso desses solos a dificuldade de manejo, os elevados teores de sais solúveis e excesso de água, classificando-os com inaptos para o uso agrícola.

NEOSSOLOS

A ordem dos Neossolos é constituída por solos pouco evoluídos e sem horizonte B diagnóstico. A bacia do Rio Ceará possui como tipos característicos os Neossolos Flúvicos Eutróficos, Neossolos Litólicos Eutróficos e Neossolos Quartzarênicos.

Os **Neossolos Flúvicos Eutróficos** (Solos Aluviais Eutróficos) são derivados de sedimentos aluviais com camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, apresentando algumas das seguintes características:

- a. Decréscimo irregular do conteúdo de carbono orgânico em profundidade, dentro de 200cm da superfície do solo; e/ou
- b. Camadas estratificadas em 25% ou mais do volume do solo, dentro de 200cm da superfície do solo.

Constituem-se em solos com argila de atividade baixa, com $T < 27$ cmolc/kg de argila, ou alta, com $T \geq 27$ cmolc/kg de argila, e saturação por base alta com $V \geq 50\%$, na maior parte dos primeiros 120cm da superfície do solo.(BRASIL, 1999)

Os Neossolos Flúvicos Eutróficos ocorrem na planície aluvial, em depósitos recentes de origem fluvial ou lacustre. São solos medianamente profundos a profundos (80 a 200cm). Representa a classe de solos com maior potencial natural da área da bacia, mesmo possuindo características físicas com fortes limitações ao uso: textura pesada; encharcamento no período chuvoso e deficiência de água no período seco; e possibilidade de salinização e/ou alcalinização.

Os **Neossolos Litólicos Eutróficos** (Solo Litólico Eutrófico) são solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40cm de espessura, assentados

diretamente sobre a rocha, ou sobre um horizonte C ou Cr, ou sobre material com 90% ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões), e que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Apresenta, eventualmente, um horizonte B, em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico.

Possuem como característica básica a alta saturação por bases, com $V \geq 50\%$ em todos os horizontes dentro de 50cm da superfície do solo.

Geralmente são muito porosos, friáveis, bem drenados e comumente susceptíveis à erosão em decorrência de sua reduzida espessura. Os Neossolos Litólicos Eutróficos são considerados solos inaptos com limitações dependentes ainda da pedregosidade, presença de afloramentos rochosos, pouca profundidade e relevo acidentado.

Os **Neossolos Quartzarênicos** (Areias Quartzosas Distróficas) são solos com seqüência de horizontes A-C, sem contato lítico em 50cm de profundidade, apresentando textura areia ou arenosa franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis, ou seja, menos resistentes ao intemperismo.

São solos caracterizados por possuírem drenagem excessiva, baixa a muito baixa fertilidade natural, saturação de bases inferior a 30% no horizonte C e reação do solo fortemente ácida. Por estas características são considerados solos inaptos para a atividade agrícola.

A caracterização fitoecológica da bacia do Rio Ceará é feita com base no Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará (CEARÁ, 1998) e no mapa de uso da terra e cobertura vegetal (Mapa 1) elaborado no presente trabalho e com metodologia descrita no capítulo 2. Assim foram discriminadas as seguintes classes de cobertura vegetal: Apicun, mangue, mata ciliar, caatinga

arbustiva degradada, caatinga arbórea degradada, mata plúvionebular subperenifólia e vegetação de tabuleiro.

A **vegetação de tabuleiros (Frutíceto Estacional Semi-caducifólio Esclero-mesomórfico)** (Figura 13) estende-se desde às dunas, em sua conjunção com a vegetação pioneira até o contato com o substrato cristalino. Segundo Souza *op. cit.* “em sua composição fisionômica original, a vegetação de tabuleiro era composta por um maior número de árvores, que foram progressivamente degradadas, fazendo com que atualmente haja um substancial domínio de arbustos”.



FIGURA 8 - Vegetação de tabuleiro, ao fundo o Parque Botânico de Caucaia.
Fonte: CEARÁ, 2006.

De sua composição florística integram espécies de mata seca, da caatinga, do cerradão, do cerrado e outros componentes, dentre os quais se destacam: *Anacardium occidentale* (cajueiro), *Bauhinia ungulata* (mororó), *Byrsonina crassifolia* (murici), *Commiphora leptophloeos* (impurana), *Curatella americana* (lixeira), *Guettarda angelica* (angelica), *Mouriri cearensis* (manipuça), *Ouratea fieldingiana* (batiputá), *Ximenia americana* (ameixa), *Hymenaea courbaril* (jatobá).

A **caatinga arbustiva (Frutíceto Estacional Caducifólio Xeromórfico) degradada**, representada na figura 14, recobre grande parte da área drenada pelos rios, onde as condições ambientais são desfavoráveis para o surgimento de uma

vegetação de maior porte, como a caatinga arbórea. De acordo com CEARÁ (1998) a degradação ambiental da caatinga arbórea resultou no atual predomínio da caatinga arbustiva no semi-árido cearense.



FIGURA 9 - Caatinga arbustiva degradada em Maranguape-CE
FONTE: PAULA(2008)

O estrato arbustivo/subarbustivo é constituído por cactáceas e outras espécies de baixo porte, tendo como espécies mais representativas: *Acácia glomerosa* (espinheiro-preto), *Aspidosperma pirifolium* (pereiro), *Calliandra depauperata*, *C. spinosa*, *Capparis flexuosa* (feijão bravo), *Cróton sonderianus* (marmeleiro), *Cnidoculus urens* (cansação), *Dalbergia cearensis* (violeta), *Lantana camara* (camará), *Mimosa hostilis* (jurema-preta), *Maytenus rígida*, *Pilosocereus squamosus* (cardeiro), *Senna trachypus* e *Solanum paniculatum* (jurubeba), *Cróton sonderianuas* (marmeleiro) e/ou a *Piptadenia stipulacea* (jurema branca), sendo os dois últimos arbustos de porte baixo, não superando a altura de 2 a 3 metros.

A **vegetação de mangue (Arboreto Edáfico Marino-limoso)** ocupa a planícies flúvio-marinhas do Rio Ceará (Figura 15). Suas espécies estão adaptadas às condições ambientais de elevada salinidade do solo, inundação e encharcamento do terreno, variações de salinidade e de temperatura hídrica e edáfica, alta concentração de H_2S (sulfeto de hidrogênio), baixos teores de oxigênio para aeração no substrato, além de estarem sujeitas às oscilações diárias das marés (CEARA, 1998).

As espécies de mangue são: a *Avicennia germinans* (canoé), *Avicennia schaueriana* (canoé), *Conocarpus erecta* (mangue ratinho), *Laguncularia racemosa* (mangue manso) e *Rhizophora mangle* (mangue vermelho).



FIGURA 10 - Ocupação da área da planície flúvio-marinha do Rio Ceará – Bairro Vila Velha – Fortaleza
FONTE: PAULA(2008)

O **Apicum**, exemplificado na figura 16, refere-se às áreas de mangues degradadas onde se constata elevada concentração de sais no solo, e onde se desenvolvem espécies herbáceas tais como a *Batis maritima* (brejo-do-mangue), *Iresine portulacoides* (brejo-da-praia) e *Sesuvium portulacoides* (brejo).



FIGURA 11 - Apicum na planície flúvio-marinha do Rio Ceará – Caucaia, CE
FONTE: PAULA(2008)

A **mata ciliar (Arboreto Edáfico Fluvial)** refere-se à vegetação que se desenvolve ao longo dos médios e baixos cursos do Rio Ceará e seus afluentes (Figura 17). Suas espécies vegetais estão adaptadas à inundação dos solos e aos

períodos de estiagem. A *Copernicia prunifera* (carnaúba), é a espécie dominante desta classe, e ainda há distribuição de arbustos de forma dispersa e irregular ao longo das planícies de inundação.



FIGURA 12 - Mata ciliar no Rio Tucunduba, Serra de Maranguape - Caucaia – CE
FONTE: PAULA(2008)

A **caatinga arbórea (Arboreto Climático Estacional Caducifólio Xerofílico) degradada** possui o estrato superior a caatinga arbustiva degradada, com árvores que chegam a alcançar de 8 a 15 metros de altura, destacando-se entre elas: *Auxemma oncocalyx* (pau-branco), *Anadenathera macracarpa* (angico), *Aspidosperma pyrifolium* (pereiro) *Myracrodruon urundeuva* (aroeira), *Commiphora leptophloeos* (imburana), *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), *Shinopsis brasiliensis* (baraúna), *Tabebuia impetiginosa* (pau d'arco), *Torresea cearensis* (camarú) e *Ziziphus joazeiro* (joazeiro). Compõem seu estrato arbustivo e subarbustivo as mesmas espécies já relacionadas na classe Caatinga Arbustiva Degradada.

A **mata plúvionebular subperenifólia (Arboreto Climático Pluvial)** constitui unidade vegetacional com estrato arbóreo com altura superior a 15 metros. Localiza-se nos topos das Serras de Maranguape (Figura 18) e Aratanha onde há uma maior umidade atmosférica, freqüentes chuvas orográficas e solos mais profundos.

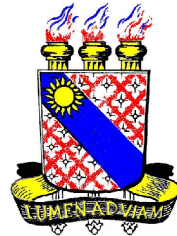
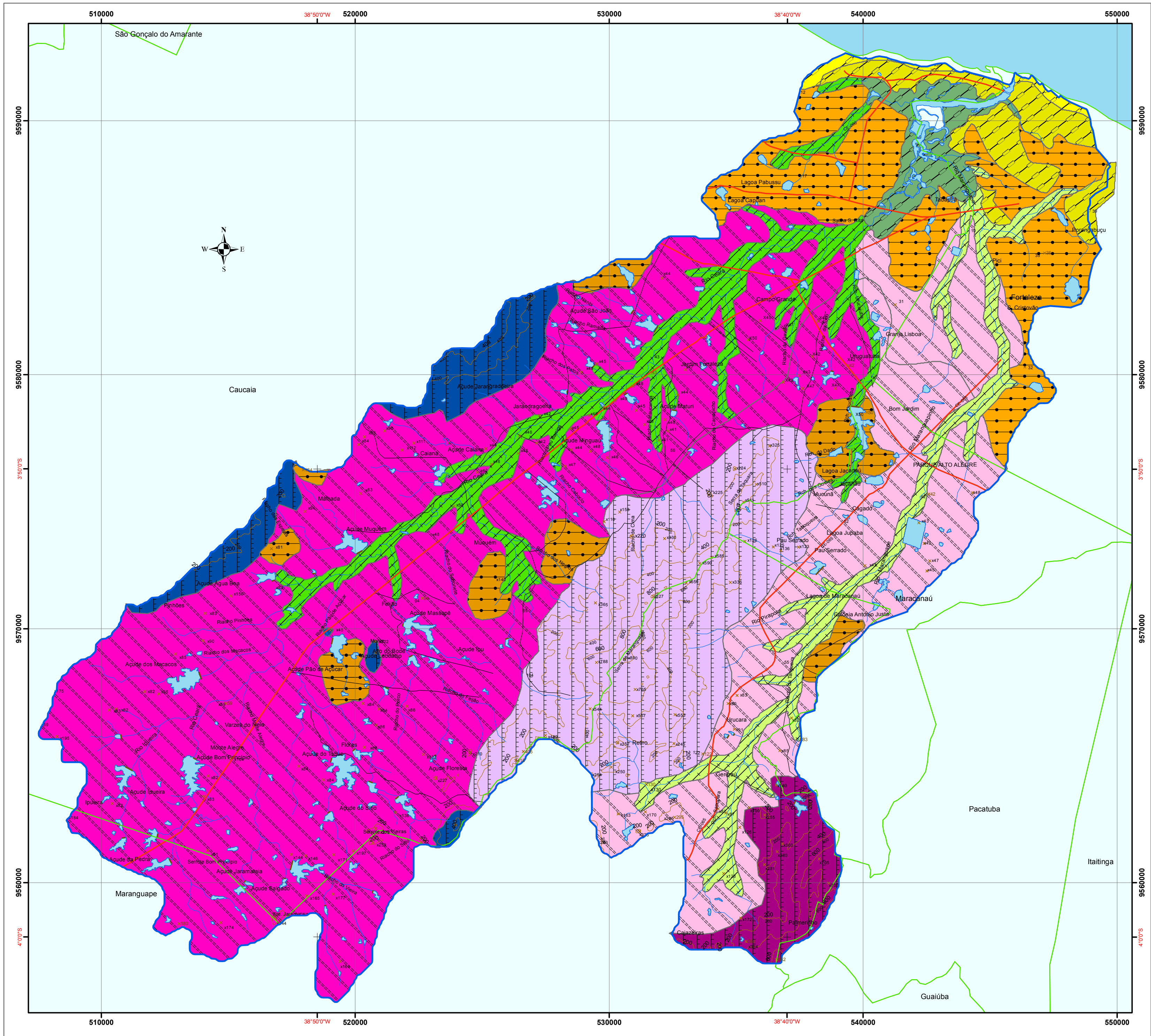


FIGURA 13 - Mata pluvionebular subperenifolia da Serra de Maranguape - Maranguape-CE
FONTE: PAULA(2008)

Em sua composição florística há remanescentes da mata atlântica. Como principais espécies de árvores e arbustos destacam-se: *Bauhinia forticata* (mororó), *Brosimum gaudiclaudii* (inharé), *Bombax cearensis* (embiratanha), *Byrsonia seicea* (muirici), *Cedrela odorata* (cedro), *Compaifera langsdorffii* (pau-d'óleo), *Chorophora tinctoria* (tatajuba), *Cordia trichotoma* (frei-jorge), *Ingá fagifolia* (ingazeira), *Jacaratia dodecaphylla* (jaracatipa), *Lonchocarpus sericeus*, *Lantana camara* (camara), *Machaerium acutifolium* (coração-de-negro), *Orbignya phalerata* (babaçu), *Pitteclobium trapezifolium* (canafistala-da-serra), *Pourouma aspera*, *Roupala cearensis*, dentre outras

3.2.4 Capacidade de Suporte dos Sistemas Ambientais e Condições de Vulnerabilidade

A bacia do Rio Ceará foi compartimentada em unidades de paisagem: geossistema e geofácia. Foram identificados os geossistemas Planície Litorânea, Planície Fluvial, Glacís de Acumulação, Maciços Residuais e Depressão Sertaneja, e 12 geofácies, as quais podem ser observadas no mapa de sistemas ambientais da bacia do Rio Ceará (Mapa 6).



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 6 - SISTEMAS AMBIENTAIS DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

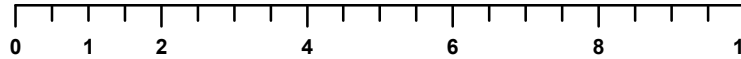
Convenções Cartográficas

- Rodovias
- Estradas
- Pontos Cotados
- Curvas de Nível Mestras
- Lagoas e Reservatórios
- Açudes
- Rios e riachos
- Limite das Bacias Hidrográficas
- Limite Municipal

Legenda

- Campo de Dunas e Faixa de Praia**
São litologicamente constituídas de areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados e eventualmente exibindo uma maior compactação. De clima Quente Semi-Úmido e semi-árido Brando, com 5 e 6 meses secos, e precipitações entre 1400mm e 600mm anuais, possuem alto potencial hidrogeológico, porém com grande susceptibilidade a poluição. Seus solos do tipo Neossolos quartzarênicos possuem drenagem excessiva, baixa a muito baixa fertilidade natural, saturação de bases inferior a 30% no horizonte C e reação do solo fortemente ácida, sendo, assim, considerados inaptos para a atividade agrícola. Foi desordenadamente urbanizado, descaracterizando as feições de dunas e comprometendo a movimentação dos sedimentos das dunas móveis.
- Planície Litorânea**
As paleodunas representam uma geração de dunas mais antigas, que sobrepõem os tabuleiros pré-litorâneos com litologias compostas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosas, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelos, alaranjados ou acinzentados. Possui de 5 a 6 meses secos, caracterizando clima Quente Semi-Úmido e Se mi Brando, e suas precipitações variam entre 1400mm e 1600mm anuais. Assim como o campo de dunas possuem alto potencial hidrogeológico e alta susceptibilidade a poluição. Possuem Neossolos quartzarênicos, porém mais desenvolvidos que os encontrados nos campos de dunas, que proporciona aporte para uma cobertura vegetal mais densa e de porte arbóreo, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica. Encontra-se praticamente toda urbanizada.
- Planície Fluvio-marinha**
São litologicamente representados por areias, cascalhos, siltes e argilas, com matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, estuários recentes. É originada por processos combinados de agentes fluviais e marinhos. Anualmente precipita em média 1400mm a 1600mm, e possui de 5 a 6 meses secos, classificando a geófacie de clima Quente Semi-Úmido e Se mi Brando. Os Gleissolos Sálcos Sódicos, que a compõem, são continuamente afetados pela preamar, e foram formados em virtude de acumulações fluvio-marinhas, constituídos por sedimentos argilo-siltosos e até arenosos e outros em mistura com detritos orgânicos oriundos da decomposição da vegetação e da atividade biológica. A vegetação de mangue (Arboreto Edáfico Marino-limoso) possui espécies adaptadas a elevada salinidade do solo, inundação e encharcamento do terreno, variações de salinidade e de temperatura hídrica e edáfica, alta concentração de H2S(sulfeto de hidrogênio), baixos teores de oxigênio para aeração no substrato, além de estarem sujeitas às oscilações diárias das marés. A dificuldade de manejo, os elevados teores de sais solúveis e excesso de água tornam a geófacie inapta para o uso agrícola. Em algumas áreas de apicun onde as oscilações da maré não estão tão presentes, percebe-se processo de urbanização.
- Planície Fluvial do Rio Ceará**
Derivadas da ação fluvial são litologicamente constituídas por areias, cascalhos, siltes e argilas. Anualmente precipita em média 1100mm a 1600mm, e possui de 5 a 6 meses secos, classificando a geófacie de clima Quente Semi-Úmido e Se mi Brando. Baixo potencial hidrogeológico. Com Neossolos Flúvicos, que representa a classe de solos com grande potencial natural, mesmo possuindo características físicas com fortes limitações ao uso, é parcialmente capeado por mata ciliar (Arboreto Edáfico Fluvial), com espécies vegetais adaptadas à inundação dos solos e aos períodos de estiagem. Possui algumas áreas urbanizadas no baixo curso, se diferenciado do médio e alto curso ocupados por atividades agrícolas.
- Planície Fluvial do Rio Maranguapinho**
Principal afluente do rio Ceará possui litologia formada por areias, cascalhos, siltes e argilas. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1600mm, de clima Quente Semi-Úmido e Se mi Brando com 5 a 6 meses secos. Baixo potencial hidrogeológico. Seus Neossolos Flúvicos apresentam grande potencial natural, mesmo possuindo características físicas com fortes limitações ao uso. A urbanização desordenada comprometeu suas características ambientais, sendo mata ciliar encontrada em forma de remanescente. O alto curso é também ocupado por atividades agrícolas.
- Tabuleiros Pré-litorâneos**
Distribuindo-se de forma irregular na área da bacia a unidade é caracterizada por material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base em muitas vezes, conservando resquícios de estruturas gnáissicas e fragmentos de veios de quartzo. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1400mm, de clima Se mi Brando com 6 meses secos. São discriminados os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que possuem baixa fertilidade natural, deficiência de água e susceptibilidade à erosão como limitações ao uso agrícola. Capeado por caatinga arbustiva (Fruiteceto Estacional Caducifólio Xeromórfico) onde as condições ambientais são desfavoráveis para o surgimento de uma vegetação de maior porte, e por vegetação de tabuleiro (Fruiteceto Estacional Semi-caducifólio Escloero-mesomórfico), quando o contrário. Sua terras são usadas para atividades agrícolas.
- Tabuleiros Interiores**
Constituída por sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, com granulação variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos. Com precipitações anuais médias de 1300mm a 1600mm, de clima Quente Semi-Úmido e Semi Brando com 5 a 6 meses secos. Os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos possuem baixa fertilidade natural, deficiência de água e susceptibilidade à erosão como limitações ao uso agrícola. A urbanização de Caucaia e Fortaleza degradou grande parte da vegetação de tabuleiros (Fruiteceto Estacional Semi-caducifólio Escloero-mesomórfico), exibindo-se a vegetação na do Parque Botânico do Ceará e em seu entorno e em manchas dispersas.
- Cristas Residuais**
O corpo ultrabásico do serrote Manoel Gonçalves trata-se de um proeminente de coloração preto-esverdeada, maciço, e de granulação média. Na porção sudoeste da bacia encontra-se litótipos classificados como fonólitos e traquitos, de coloração cinza-esverdeada, com pórfiros milimétricos de feldspato envoltos por uma matriz afanítica. As serras do complexo juá-conceição são sequência dominante de paraderivadas, constituída de gnáisses aluminosos, e em parte migmatizados e por vezes intercalados por níveis carbonáticos. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1600mm, de clima Se mi Brando com 6 meses secos. Neossolos Litólicos considerados inaptos com limitações dependentes ainda da pedregosidade, presença de afloramentos rochosos, pouca profundidade e relevo acidentado. Esse solos são capeados por caatinga arbustiva degradada (Fruiteceto Estacional Caducifólio Xeromórfico) caatinga arbórea degradada (Arboreto Climático Estacional Caducifólio Xerofílico).
- Maciços Residuais**
São litologicamente constituídas por rochas foliadas desde gnáisses migmatizados até migmatitos metatexiticos e núcleos granitídeos. Compreende a vertente a sotavento com precipitações anuais médias de 1100mm a 1300mm, clima Se mi Brando com 6 meses secos. Possui argissolos vermelho-amarelo eutróficos caracterizados como de média a alta fertilidade natural com aptidão restrita a agricultura em função do declive acentuado. A mata pluvionebular subperenifolia (Arboreto Climático Pluvial) constitui unidade vegetacional que a capea na vertente barlavento e no topo da serra, e os menores valores altimétricos são dominados pela caatinga arbórea.
- Serra de Aratanha**
Litologicamente constituídas por rochas foliadas desde gnáisses migmatizados até migmatitos metatexiticos e núcleos granitídeos. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1300mm, clima Se mi Brando com 6 meses secos. Possui argissolos vermelho-amarelo eutróficos caracterizados como de média a alta fertilidade natural com restrição à agricultura em função da declividade acentuada. A mata pluvionebular subperenifolia (Arboreto Climático Pluvial) constitui unidade vegetacional que a capea na vertente barlavento e no topo da serra, e no sotavento pela caatinga arbórea. No sopé a barlavento está situada a sede de Maranguape.
- Serra de Maranguape**
Litologicamente constituídas por sequência dominante de paraderivadas, constituída de gnáisses aluminosos, e em parte migmatizados e por vezes intercalados por níveis carbonáticos. Precipitações anuais médias de 1200mm a 1300mm, clima Se mi Brando com 6 meses secos. Potencial hidrogeológico limitado as zonas de fraturas. Grande parte da unidade é constituída por Planossolos Hálicos Eutróficos, porém apresenta manchas de Luvisolos Crômicos, Vertissolos e Neossolos Litólicos. Constituem o domínio da caatinga arbustiva degradada (Fruiteceto Estacional Caducifólio Xeromórfico), com grandes áreas, em geral próximas a açudes, destinadas a atividades agrícolas, como a pecuária extensiva, extrativismo e outras.
- Depressão Sertaneja do Rio Ceará**
Litologicamente constituídas por rochas foliadas desde gnáisses migmatizados até migmatitos metatexiticos e núcleos granitídeos. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1300mm, clima Se mi Brando com 6 meses secos. Potencial hidrogeológico limitado as zonas de fraturas. Grande parte da unidade é constituída por Planossolos Hálicos Eutróficos com uso limitado para atividades agrícolas. Capeada em geral pela da caatinga arbustiva degradada com áreas destinadas a atividade agrícola, e atividades urbanas de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape.
- Depressão Sertaneja do Rio Maranguapinho**

Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Interpretação de Imagens do Satélite CBERS-INPE

Apoio:



No quadro 4 caracterizaram-se os componentes da paisagem indicando o estado dinâmico de cada geossistema e geofácia da bacia do Rio Ceará.

Com base na síntese das características ambientais estabeleceram-se os valores de contribuição de cada classe dos componentes ambientais – relevo, geologia, clima, solos, cobertura vegetal e uso da terra -, e a importância destes componentes para a intensificação da morfogênese no ambiente. A identificação desses valores, aliados à técnica de álgebra de mapas, permitiu a elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental da bacia do Rio Ceará, mapa 7.

Os sistemas ambientais da bacia foram cruzados com os valores de vulnerabilidade ambiental, e estabeleceu-se a quantidade percentual dos níveis de vulnerabilidade baixa, moderada e alta de cada geofácia. Detalhou-se esse quantitativo no quadro 5, e fizeram-se proposições de alternativas de uso dos recursos naturais.

QUADRO 4 - Características, Dinâmica e Vulnerabilidade dos Sistemas Ambientais da Bacia do Rio Ceará.

Geossistema	Geofácia	Características dos Componentes da Paisagem	Ecodinâmica da Paisagem
Planície Litorânea	Campo de Dunas	São litologicamente constituídas de areias esbranquiçadas, bem selecionadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscos e arredondados e, eventualmente, exibindo uma maior compactação. De clima Quente Semi-Úmido e semi-árido Brando, com 5 e 6 meses secos, e precipitações entre 1400mm e 1600mm anuais, possuem alto potencial Hidrogeológico; porém, com grande susceptibilidade à poluição. Seus solos do tipo Neossolos quartzarênicos possuem drenagem excessiva, baixa a muito baixa fertilidade natural, saturação de bases inferior a 30% no horizonte C e reação do solo fortemente ácida, sendo, assim, considerados inaptos para a atividade agrícola. Foi desordenadamente urbanizado, descaracterizando as feições de dunas e comprometendo a movimentação dos sedimentos das dunas móveis.	Ambiente Instável
	Paleodunas	As paleodunas representam uma geração de dunas mais antigas, que sobrepõem os tabuleiros pré-litorâneos com litologias compostas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosas, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelos, alaranjados ou acizentados. Possui de 5 a 6 meses secos, caracterizando clima Quente Semi-Úmido e Semi-Brando, e suas precipitações variam entre 1400mm e 1600mm anuais. Assim, como o campo de dunas possui alto potencial Hidrogeológico e alta susceptibilidade à poluição. Possuem Neossolos quartzarênicos, porém mais desenvolvidos que os encontrados nos campos de dunas, que proporciona aporte para uma cobertura vegetal mais densa e de porte arbóreo, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica. Encontra-se praticamente toda urbanizada.	Ambiente de Transição de Instável para Estável
	Planície Flúvio-Marinha	São litologicamente representados por areias, cascalhos, siltes e argilas, com matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais, estuarinos recentes. É originada por processos combinados de agentes fluviais e marinhos. Anualmente precipita em média 1400mm a 1600mm, e possui de 5 a 6 meses secos, classificando a geofácia de clima Quente Semi-Úmido e Semi-Brando. Os <i>Gleissolos Sálcos Sódicos</i> , que a compõem, são continuamente afetados pela preamar, e foram formados em virtude de acumulações flúvio-marinhas, constituídos por sedimentos argilo-siltosos e até arenosos e outros em mistura com detritos orgânicos oriundos da decomposição da vegetação e da atividade biológica. A vegetação de mangue (Arboreto Edáfico Marino-limoso) possui espécies adaptadas à elevada salinidade do solo, inundação e encharcamento do terreno, variações de salinidade e de temperatura hídrica e edáfica, alta concentração de H ₂ S(sulfeto de hidrogênio), baixos teores de oxigênio para aeração no substrato, além de estarem sujeitas às oscilações diárias das marés. A dificuldade de manejo, os elevados teores de sais solúveis e excesso de água tornam a geofácia inapta para o uso agrícola. Em algumas áreas de apicun onde as oscilações da maré não estão tão presentes, percebe-se processo de urbanização.	Ambiente Instável

(Continuação)

Geossistema	Geofácia	Características dos Componentes da Paisagem	Ecodinâmica da Paisagem
Planície Fluvial	Planície Fluvial do Rio Ceará	Derivadas da ação fluvial são litologicamente constituídas por areias, cascalhos, siltes e argilas. Anualmente precipita em média 1100mm a 1600mm, e possui de 5 a 6 meses secos, classificando a geofácia de clima Quente Semi-Úmido e Semi-Brando. Baixo potencial hidrogeológico. Com Neossolos Flúvicos, que representam a classe de solos com grande potencial natural, mesmo possuindo características físicas com fortes limitações ao uso, é parcialmente capeado por mata ciliar (Arboreto Edáfico Fluvial), com espécies vegetais adaptadas à inundação dos solos e aos períodos de estiagem. Possui algumas áreas urbanizadas no baixo curso, diferenciado-se do médio e alto curso ocupados por atividades agrícolas.	Ambiente instável
	Planície Fluvial do Rio Maranguapinho	Principal afluente do Rio Ceará, possui litologia formada por areias, cascalhos, siltes e argilas. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1600mm, de clima Quente Semi-Úmido e Semi-Brando com 5 a 6 meses secos. Baixo potencial hidrogeológico. Seus Neossolos Flúvicos apresentam grande potencial natural, mesmo possuindo características físicas com fortes limitações ao uso. A urbanização desordenada comprometeu suas características ambientais, sendo mata ciliar encontrada em forma de remanescente. O alto curso é também ocupado por atividades agrícolas.	Ambiente instável
Glacís de Acumulação	Tabuleiros Interiores	Distribuindo-se de forma irregular na área da bacia, a unidade é caracterizada por material areno-argiloso, alaranjado e/ou avermelhado, de granulção fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base em muitas vezes, conservando resquícios de estruturas gnáissicas e fragmentos de veios de quartzo. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1400mm, de clima Semi-Brando com 6 meses secos. São discriminados os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que possuem baixa fertilidade natural, deficiência de água e susceptibilidade à erosão como limitações ao uso agrícola. Capeado por caatinga arbustiva (Fruticeto Estacional Caducifólio Xeromórfico) onde as condições ambientais são desfavoráveis para o surgimento de uma vegetação de maior porte, e por vegetação de tabuleiro (Fruticeto Estacional Semi-caducifólio Esclero-mesomórfico)., quando o contrário. Sua terras são usadas para atividades agrícolas.	Ambiente Estável
	Tabuleiros Pré-litorâneo	Constituída por sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, muitas vezes de aspecto mosqueado, com granulção variando de fina a média e contendo intercalações de níveis conglomeráticos. Com precipitações anuais médias de 1300mm a 1600mm, de clima Quente Semi-Úmido e Semi-Brando com 5 a 6 meses secos. Os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos possuem baixa fertilidade natural, deficiência de água e susceptibilidade à erosão como limitações ao uso agrícola. A urbanização de Caucaia e Fortaleza degradou grande parte da vegetação de tabuleiros (Fruticeto Estacional Semi-caducifólio Esclero-mesomórfico), exibindo-se a vegetação na do Parque Botânico do Ceará e em seu entorno e em manchas dispersas.	Ambiente Estável

(Continua)

(Continuação)

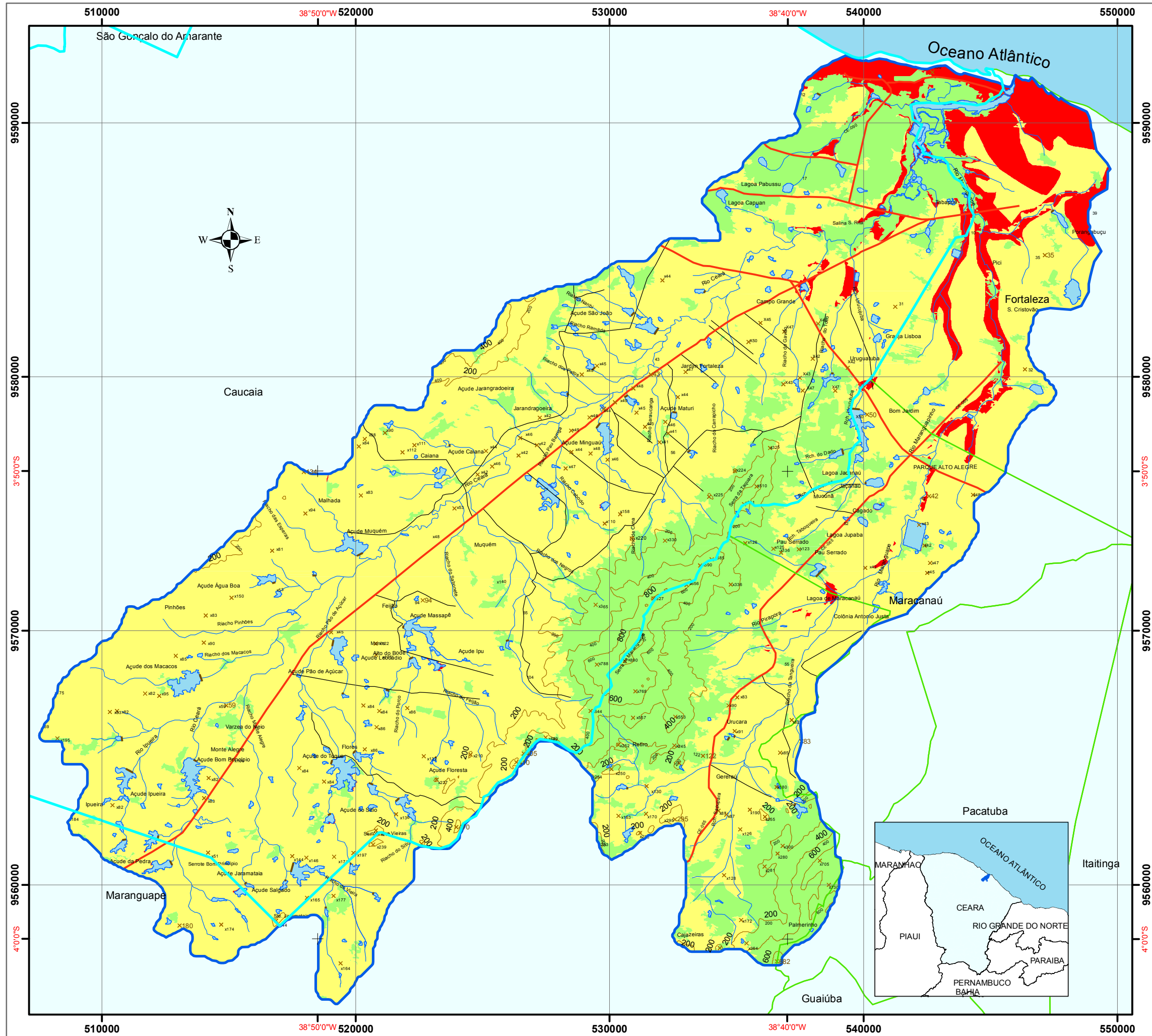
Geossistema	Geofácia	Características dos Componentes da Paisagem	Ecodinâmica da Paisagem
Maciços Residuais	Cristas Residuais	O corpo ultrabásico do serrote Manoel Gonçalves trata-se de um piroxenito de coloração preto-esverdeada, maciço, e de granulação média. Na porção sudoeste da bacia encontram-se litotipos classificados como fonólitos e traquitos, de coloração cinza-esverdeada, com pórfiros milimétricos de feldspato envoltos por uma matriz afanítica. As serras do complexo juá-conceição são seqüência dominante de paraderivadas, constituídas de gnaisses aluminosos, e em parte, migmatizados e, por vezes, intercalados por níveis carbonáticos. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1600mm, de clima Semi-Brando com 6 meses secos. Neossolos Litólicos considerados inaptos com limitações dependentes ainda da pedregosidade, presença de afloramentos rochosos, pouca profundidade e relevo acidentado. Este solos são capeados por caatinga arbustiva degradada (Frutíceto Estacional Caducifólio Xeromórfico), caatinga arbórea degradada (Arboreto Climático Estacional Caducifólio Xerofílico).	Ambiente Estável
	Serra de Aratanha	É litologicamente constituída por rochas foliadas desde gnaisses migmatizados até migmatitos metatexíticos e núcleos granitóides. Compreende a vertente a sotavento com precipitações anuais médias de 1100mm a 1300mm, clima Semi-Brando com 6 meses secos. Possui argissolos vermelho-amarelo eutróficos caracterizados como de média a alta fertilidade natural com aptidão restrita à agricultura em função do declive acentuado. A mata plúvio-nebular subperenifolia (Arboreto Climático Pluvial) constitui unidade vegetacional que a capea no topo da serra, e os menores valores altimétricos são dominados pela caatinga arbórea.	Ambiente Estável
	Serra de Maranguape	Litologicamente constituída por rochas foliadas desde gnaisses migmatizados até migmatitos metatexíticos e núcleos granitóides. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1300mm, clima Semi-Brando com 6 meses secos. Possui argissolos vermelho-amarelo eutróficos caracterizados como de média a alta fertilidade natural com restrição à agricultura em função da declividade acentuada. A mata plúvionebular subperenifolia (Arboreto Climático Pluvial) constitui unidade vegetacional que a capea na vertente barlavento e no topo da serra, e no sotavento pela caatinga arbórea. No sopé a barlavento está situada a sede de Maranguape.	Ambiente Estável
Depressão Sertaneja	Depressão Sertaneja do Rio Ceará	Litologicamente constituída por seqüência dominante de paraderivadas, constituída de gnaisses aluminosos e, em parte, migmatizados, e por vezes, intercalados por níveis carbonáticos. Precipitações anuais médias de 1200mm a 1300mm, clima Semi-Brando com 6 meses secos. Potencial hidrogeológico limitado as zonas de fraturas. Grande parte da unidade é constituída por Planossolos Háplicos Eutróficos, porém, apresenta manchas de Luvissolos Crômicos, Vertissolos e Neossolos Litólicos. Constituem o domínio da caatinga arbustiva degradada (Frutíceto Estacional Caducifólio Xeromórfico), com grandes áreas, em geral próximas a açudes, destinadas à atividades agrícolas, como a pecuária extensiva, extrativismo e outras.	Ambiente Estável

(Continua)
86

(Conclusão)

Geossistema	GeofÁCie	Características dos Componentes da Paisagem	Ecodinâmica da Paisagem
Depressão Sertaneja	Depressão Sertaneja do Rio Maranguapinho	Litologicamente constituída por rochas foliadas desde gnaisses migmatizados até migmatitos metatexíticos e núcleos granitóides. Com precipitações anuais médias de 1200mm a 1300mm, clima Semi-Brando com 6 meses secos. Potencial hidrogeológico limitado às zonas de fraturas. Grande parte da unidade é constituída por Planossolos Háplicos Eutróficos com uso limitado para atividades agrícolas. Capeada em geral pela da caatinga arbustiva degradada com áreas destinadas à atividade agrícola, e atividades urbanas de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape.	Ambiente Estável

Fonte: SOUZA(1990, 1998 e 2000); BRANDÃO(1995); e PAULA(2008)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ-UECE
Centro de Ciência e Tecnologia - CCT
Mestrado Acadêmico de Geografia - MAG
Laboratório de Geografia Física e
Estudos Ambientais - LAGEO
Laboratório de Geoprocessamento - LABGEO

MAPA 7 - VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO CEARÁ - 2006.

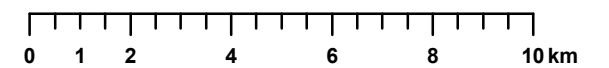
Convenções Cartográficas

- | | | | |
|--|-------------------------|--|---------------------------------|
| | Rodovias | | Lagoas e Reservatórios |
| | Estradas | | Açudes |
| | Pontos Cotados | | Rios e riachos |
| | Curvas de Nível Mestras | | Limite das Bacias Hidrográficas |
| | | | Limite Municipal |

Legenda

- | | |
|--|--------------------------|
| | Vulnerabilidade Baixa |
| | Vulnerabilidade Moderada |
| | Vulnerabilidade Alta |

Sistema de Projeção UTM - Universal de Transversa de Mercator
Zona 24M, Datum SAD69 - South American 1969.



Fonte: Álgebra de Mapas (Lógica Fuzzy e AHP)

Apoio:



QUADRO 5 - Vulnerabilidade Ambiental e proposição de uso compatível dos sistemas ambientais da bacia do Rio Ceará.

Geossistema	Geofácia	Vulnerabilidade		Alternativas de Uso
		Classe	%	
Planície Litorânea	Campo de Dunas	Alta	68,71	Urbano-turístico controlado; com restrições para a mineração, agricultura, loteamento e estradas; uso restrito e controlado das faixas de praias e dos corpos d'água; necessidade de monitoramento da qualidade ambiental.
		Moderada	1,72	
		Baixa	29,58	
	Paleodunas	Alta	92,53	Urbano controlado; com restrições para a mineração, agricultura, loteamento e estradas.
		Moderada	0,92	
		Baixa	6,55	
	Planície Flúvio-Marinha	Alta	35,68	Reservas biológicas; áreas de uso e acesso restrito por imposições legais; ecossistema sujeito à preservação compulsória e permanente de sua biodiversidade.
		Moderada	0,18	
		Baixa	64,14	
Planície Fluvial	Planície Fluvial do Rio Ceará	Alta	4,84	Áreas favoráveis às atividades agrícolas e à implantação de cerâmicas e olarias; Extrativismo vegetal nos carnaubais
		Moderada	84,57	
		Baixa	10,60	
	Planície Fluvial do Rio Maranguapinho	Alta	30,03	Requalificação ambiental; Áreas favoráveis às atividades agrícolas e a implantação de cerâmicas e olarias.
		Moderada	65,49	
		Baixa	4,48	
Glacís de Acumulação	Tabuleiros Interiores	Alta	0,03	Áreas de uso e acesso livres; próprias à expansão urbana, atividades agrícolas e à implantação da rede viária.
		Moderada	74,56	
		Baixa	25,41	
	Tabuleiros Pré-litorâneo	Alta	0,03	Áreas de uso e acesso livres; próprias à expansão urbana, atividades agrícolas, como o extrativismo e à implantação da rede viária.
		Moderada	63,80	
		Baixa	36,18	
Maciços Residuais	Cristas Residuais	Alta	0,02	Propícias à atividade agrícolas, como pecuária, extrativismo vegetal, agricultura e mineração.
		Moderada	98,95	
		Baixa	1,02	
	Serra de Aratanha	Alta	0,02	A platô-úmido são áreas parcialmente favoráveis às lavouras de ciclo longo, cafeicultura, fruticultura, silvicultura, e a vertente seca parcialmente favorável à silvicultura e às lavouras de ciclos longos
		Moderada	15,86	
		Baixa	84,12	
	Serra de Maranguape	Alta	0,16	A vertente e platô úmido são áreas parcialmente favoráveis às lavouras de ciclo longo, cafeicultura, fruticultura, silvicultura e ao uso urbano-turístico, e a vertente seca parcialmente favoráveis à silvicultura e às lavouras de ciclos longos
		Moderada	29,49	
		Baixa	70,36	
Depressão Sertaneja	Depressão Sertaneja do Rio Ceará	Alta	0,23	Propícias às atividades agrícolas, como pecuária, extrativismo vegetal, agricultura e mineração.
		Moderada	94,26	
		Baixa	5,51	

(Conclusão)

Geossistema	GeofÁCie	Vulnerabilidade		Alternativas de Uso
		Classe	%	
	Depressão Sertaneja do Rio Maranguapinho	Alta	0,29	PropÍcias às atividades agrícolas, como pecuária, extrativismo vegetal, agricultura e à mineração, e ao uso urbano, na expansão das sedes de Maranguape e Maracanaú
		Moderada	84,74	
		Baixa	14,97	

Fonte: SOUZA(1990, 1998 e 2000); BRANDÃO(1995); e PAULA(2008)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de aquisição das imagens dos sensores do Satélite CBERS-2 sem custos pela internet, possibilitou a análise atual do uso da cobertura vegetal da bacia, e estas imagens ainda podem ser utilizadas no monitoramento da degradação ambiental, mapeamento da expansão urbana, monitoramento de reservatórios, apoio a levantamentos de recursos naturais, geração de material de apoio para atividades educacionais em geografia, meio ambiente, e outras disciplinas, evidenciando a necessidade de Programas como o do CBERS para o desenvolvimento social, cultural, econômico e ambiental de um território.

O procedimento de restauração de imagem de satélite realça, consideravelmente, detalhes dos objetos representados na imagem, possibilitando melhorias na discriminação das classes e aumento da escala de trabalho.

A classificação supervisionada por região possibilita classificar as imagens analisando o *pixel* e a sua circunvizinhança, e ainda permite melhoria significativa na qualidade da classificação, mesmo tendo ocorrido equívocos. Fato que afirma a necessidade de confirmações do mapeamento em campo, através do reconhecimento da verdade terrestre.

A lógica Fuzzy e AHP se integram com êxito ao método geossistêmico, modelando a análise holística e sistêmica deste método de análise da paisagem. O AHP permite hierarquizações que são consideradas como característica do geossistema. E a lógica Fuzzy, por sua vez, possibilita avaliação das áreas *intergrades* ou de transição, contribuindo para o aumento da certeza na tomada de decisão.

O software SPRING 4.3, distribuído gratuitamente pelo INPE, não impôs limitações para aplicações de Processamento Digital de Imagem - PDI e de Álgebra de Mapa; porém, a saída gráfica do ARCGIS9 ainda é superior.

A partir da análise holística e sistêmica dos componentes da paisagem, pode-se delimitar os sistemas ambientais da bacia, destacando sua dinâmica e

vulnerabilidade ambiental, possibilitando proposições de alternativas de uso desses sistemas.

A urbanização que comprimir as atividades agrícolas, nos municípios da bacia, também degrada as características dos sistemas ambientais da bacia. O uso urbano descontrolado dos sistemas ambientais torna os ambientalmente vulneráveis, a exemplo da planície fluvial do Rio Maranguapinho, que poderia ter menor quantitativo de áreas de vulnerabilidade alta, caso não existisse a pressão urbana em suas terras.

O tipo de manejo utilizado nas atividades agrícolas deve ser disciplinado, e a necessidade de aumento de terras plantadas para elevar a quantidade colhida, deve ser substituída por aplicação de manejos mais produtivos, utilizando os recursos naturais sustentavelmente.

Estudos, como o de Compartimentação Ambiental, são imprescindíveis para o ordenamento territorial, pois visa, em essência, a convivência harmoniosa do homem com a natureza, e aliados à geotecnologia subsidiam estudos que visam a sustentabilidade ambiental, com informações mais precisas e sem demandar excesso de tempo para sua obtenção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. **O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras.** Geomorfologia, nº. 43, IGEOG-USP, São Paulo, 1974.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Brasília. SAE - Secretaria de Assuntos Estratégicos/ MMA - Ministério do Meio Ambiente. 1996.

BERTALANFFY, L.v. **Teoria Geral dos Sistemas**(Trad. Francisco M. Guimarães).

BERTRAND, G. - **Paisagem e Geografia Física Global** - Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra. n ° 13, IGEOG-USP, São Paulo, 1969.

BRANDÃO, R.L. Sistemas de informações para a Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: **Diagnostico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação da Região Metropolitana de Fortaleza:** CPRM, 1995.

BRASIL, Instituto de Pesquisas Espaciais do Brasil-INPE. **Manual do Usuário do Software SPRING 4.3**, em www.inpe.br acesso: 21/06/2007a.

BRASIL, Instituto de Pesquisas Espaciais do Brasil-INPE. **Satélite Sino Brasileiro de Recursos Naturais.** Em www.cbears.inpe.br acesso: 21/06/2007b.

BRASIL, Ministério do Planejamento e Orçamento. **Nordeste:** Uma estratégia de desenvolvimento sustentável, Projeto ARIDAS, Brasília.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA-24(Fortaleza), Volume 21, Rio de Janeiro, 1981.

BRASIL. EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste**: Diagnóstico do Quadro Natural e Agrosocioeconômico. V.2.EMBRAPA/CPATSA.Petrolina (PE), 1991.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. Tutorial. São José dos Campos. INPE. 1996.

CÂMARA, G. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CÂMARA, G. et al. **SPRING**: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". 20: (3) 395-493, May-Jun.

CEARÁ, Governo do Estado; Secretaria de Desenvolvimento Urbano - SDU. **Diagnóstico e macrozoneamento ambiental do Estado do Ceará**. Fortaleza, 1998. 3v.

CEARÁ, Governo do Estado; Secretaria de Recursos Hídricos - SRH. **Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Fortaleza, CE – 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física**. In. Revista brasileira de geografia/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- ano 1, n. 1 (1990, jan./mar.)- Rio de Janeiro: IBGE, 1939 - Trimestral.

CRUZ, M.L.B. da. **Cartografia Temática dos atributos Geoambientais da Bacia do Rio Ceará**: Uma aplicação da Técnica de Geoprocessamento. Fortaleza: UFC, 1998. 106p. Dissertação de Mestrado.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. **Imagens de Satélite para estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Texto, 2002.

FUNCEME, 2008 http://www.funceme.br/DEMETS/el_nino/Infotec/nino.htm acesso 11/3/2008

GARCIA, G. J., 1982 - **Sensoriamento Remoto** - Princípios e Interpretação de Imagens, Editora Nobel S.A.

GIOTTO, E. **Levantamento do uso atual da terra com imagem RBV do Landsat 3 no município de Tapera – RS**. 188p, 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1981.

IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. 95 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7, 2ª ed.).

JACOMINE, Paulo Klinger Tito; et al. **Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará** – Cartas Topográficas: Fortaleza (SA. 24 – Z- C.IV) e Baturité (BA.24 – X – A – I) SUDENE/DRN; Recife, 1973.

KATINSKY, M. (1994) **Fuzzy set modelling in Geographical Information Systems**. MsC Thesis, University of Wisconsin-Madison, USA.

NASCIMENTO, F.R, CARVALHO, O. **Ocupação, Uso da Terra e Economia Sustentável na Bacia Metropolitana do Pacoti – Nordeste do Brasil – Ceará.**

Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v4/5, p.1001-113, 2003.

NASCIMENTO, F.R, SAMPAIO, J.L.F. **Geografia Física, Geossistemas e Estudos Integrados da Paisagem.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v.6/7,

n.1,p.167-179, 2004/2005. 2005.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). **GeoCover** [on line].

Disponível em: <[HTTPS://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/](https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/)> Acesso em 01/03/2006, 2005

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**- Rio de Janeiro: Ibge, 1979. 422p: il. (Recursos naturais e meio ambiente; n. 4).

NOVO, E. N. L. M., 1998 - **Sensoriamento Remoto** - Princípios e Aplicações, 2ª edição. Editora Edgard Blucher.

OLIVEIRA, O.O. de. et al. **Uso de técnicas de geoprocessamento para identificar áreas susceptíveis ao escorregamento na região de Campos dos Goytacazes-RJ.** Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia-Brasil, 16-21 de abril de 2005, INPE, p.3191-3198.

PAULA, E. M. S.; SOUZA, M. J. N. **Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental.** Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Florianópolis - SC, 21-26 de abril de 2007. (2979 – 2984).

POMPEU SOBRINHO, T. **Esboço fisiográfico do Ceará.** 3ª. Ed. Imprensa Universitária do Ceará-1962.

RIBEIRO DE MELO, Dirce. **Geossistemas: sistemas territoriais naturais**. Disponível em: <http://ivare.sites.uol.com.br/dirce.htm> . Acesso em 29/03/07.

RODRIGUES, C. **A Teoria Geossitêmica e sua Contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista do Departamento de Geografia USP, 14 (2001) 69-77. São Paulo(SP) Brasil.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 5 ed., Uberlândia: EDUFU, 2003, 228p.

ROSS, J. SANCHES L. **Geografia do Brasil**. –4. Ed. - São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001. -(Didática;3)

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia**. Colaboração de Denise Elias. São Paulo: Hucitec, 1988. 124 p. (Geografia: teoria e realidade).

SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento para análise Ambiental**. Rio de Janeiro: 2001. 228p.; 23cm.

SILVA, A. de B. **Sistemas de Informação Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 2003.

SOTCHAVA, V.B.- **O estudo dos geossistemas**. Método em Questão. n ° 16, IGEOG-USP, São Paulo, 1977.

SOTCHAVA, V.B.- **Por uma teoria de classificação dos geossistemas de vida terrestre**. Biogeografia, n ° 14 , IGEOG-USP, São Paulo, 1978.

SOUZA, M.J.N. de. **Análise Geoambiental e Ecodinâmica da Paisagens do Estado do Ceará** - Tese de Professor Titular, UECE. 1998. Fortaleza. ils.

SOUZA, M.J.N. de. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará**. In. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza:FUNECE, 2000. 268p. il.; 22cm.

SOUZA, M.J.N. de. **O campo de ação da geografia física**. In. Boletim de Geografia Teorética, 15 (29-30) : 32-40, 1985 (Simpósio de Geografia Física Aplicada).

SOUZA, M.J.N. de. **Limitações geoambientais ao desenvolvimento sustentável no semi-árido brasileiro**. In: Transformaciones regionales y urbanas en Europa u América Latina. LUZON, J.L; STADEL, C. y BORGES, C. (org.).Barcelona, Ed. Universitat de Barcelona, 2003.

SOUZA, M.J.N. de. *et all*. **Relatório das Unidades Geoambientais e Identificação de Problemas Degradacionais na Bacia do Rio Ceará** – 1990.

TRICART, Jean . **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p. il. (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1)

WEBER, E. J. HASENACK, H. **O uso do geoprocessamento no suporte a projetos de assentamentos rurais: Uma proposta metodológica**. X Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias – X COBREAP- 2003.

ANEXO 1

Informações Meteorológicas da FUNCEME e InMET.

1. Temperatura Média por Mês no Período de 1976 a 2006 para Estação Meteorológica Fortaleza

Período	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
1976	30,6	28,9	29,3	29,7	30,1	29,6	29,8	30	30	30	30,3	31,1
1977	29,5	29,6	29,6	29,9	29,9	29,1	29,1	29,5	30,6	30,6	31	31,2
1978	30,7	30,5	29,9	29,7	29,8	29,4	29,2	29,8	30,1	30,6	30,6	30,3
1979	31,1	31,2	30,6	30,7	30,1	30,3	30,5	30,3	30,6	31,1	31,1	31,5
1980	30,7	29,6	29,9	31,3	31,6	30,3	30,3	30,8	30,4	30,9	30,7	30,8
1981	30,5	30,6	29,8	30,7	30,1	30,5	31,1	30,6	31	31,1	31	30,8
1982	30,9	30,4	30,3	30	30	29,4	29,6	30,3	30,4	30,4	31	31,4
1983	31,4	31	30,3	30,8	30,6	30	29,7	30,3	30,8	30,7	31,1	31,2
1984	30,8	30,3	29,2	29,7	29,3	29,4	29,3	29,4	30,3	30,5	31,3	31,4
1985	30,2	28,9	28,9	28,8	29,2	29,4	29,2	29,8	30,1	31,1	30,8	29,9
1994	30,5	30	29,7	29,4	30,1	28,9	29,1	30,7	30,7	30,9	31	31,2
1995	30,5		30,4	29,4	30	30,1	29,5	30,8	31,1	30,9	31,1	31,6
1996	30,9	30,8	29,6	29,8	30,5	30,7	31,1	31	31,4	31,2	31,4	31,8
1997	31,8	31,2	30,8	30	29,7	30,5	30,5	30,5	30,8	31,5	31,6	31,9
1998	31,3	32,1	31,3	31,8	31,5		31,2	30,9	31,4	31,8	32	31,9
1999	31,6	31,4	30,1	30	29,8	30,5	31,3	31,5	30,8	31,3	31,8	31,4
2000	30,6	31,3	30,6	30,3	30,6	30,4	30,1	30	29,8	30,6	31,1	31,1
2001	30,6	31,1	30,7	29,4	30,7	30	30,2	31	30,9	31,4	31,4	31,6
2002	30,4	31	30,6	30,1	30,3	29,9	29,8	30,7	30,6	30,9	30,9	31,7
2003	31,3	30	29,8	30,2	30,5	30,1	30,6	30,7	31,4	31,6	31,8	31,7
2004	30,4	30,3	30,7	30,8	31,1	29,8	29,9	30,7	31,2	31,3	31,7	31,6
2005	32,1	32,2	31,4	31,4	30,5	29,8	30,4	31	31,5	31,4	31,9	32,1
2006	31,8	31,2	31	30	30,6	29,8	30,4	31,2	31,5	31,6	31,6	31,7

2. Temperatura Média por Mês no Período de 1976 a 2006 para Estação Meteorológica Fortaleza

Período	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
1976	27	25,9	26	26,1	26,3	26	25,8	26,1	26,4	26,6	26,9	27,5
1977	26,5	26,5	26,4	26,3	26,1	25,3	25,1	25,8	26,6	27,1	27,5	27,8
1978	27,5	27,3	26,7	26,6	26,4	25,5	25,4	26	26,5	26,9	27,2	27
1979	27,2	27,2	26,8	26,9	26,1	25,7	25,5				27,3	27,4
1980	27,2	26,2	26,4			26,3	25,9				27,4	27,4
1981	27,3	27,6	26,7	27,2	26,9	26,6	26,6	26,6	27,1	27,6	27,8	27,8
1982	27,2	27	26,7	26,5	26	25,4	25,6	26	26,5	26,6	27,2	27,4
1983											27,5	
1984	27,1	27			25,6	25,4	25,2	25,6		26,7	27,1	27,4
1985	26,7			25,6	25,8					27,2	27,4	27,1
1990	27,1											
1995	26,9		26,6	26	26,2	26	25,3	26,1	26,5	26,8	27,2	27,7
1996	27,3	26,9	26,1	26,1	26,6	26,3	26,2	26,5	27,1	27,4	27,6	28
1997	28	27,5	27,3	26,4	26	26,1	26,3	26,4	26,7	27,4	27,6	27,9
1998	27,7	28,4	27,8	28,1	27,8		26,9	26,8	27,3	27,8	28	27,9
1999	27,6	27,5	26,6	26,5	26,2	26,2	26,4	26,6	26,9	27,3	27,9	27,7
2000	26,9	27,3	27	26,2	26,7	26,1	26	25,8	26,3	26,9	27,3	27,3
2001	26,9	27,4	26,9	25,9	26,9	26,2	26,1	26,3	26,9	27,5	27,8	28
2002	26,6	27,3	26,8	26,3	26,7	26	25,8	26,3	26,6	27,2	27,2	28
2003	27,5	26,8	26,3	26,4	26,6	26,2	26,2	26,5	27,2	27,7	27,8	28
2004	26,9	26,6	27	27,1	27,1	25,7	26	26,6	26,9	27,4	27,6	27,7
2005	28,2	28,3	27,8	27,8	26,8	26,1	26,1	26,7	27	27,5	28	28,2
2006	28	27,6	27,3	26,5	26,5	26	26,1	26,6	27,3	27,6	27,8	28

3. Temperatura Mínima por Mês no Período de 1976 a 2006 para Estação Meteorológica Fortaleza

Período	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
1976	24,1	23	22,9	23,1	23,4	22,5	22,2	22,8	23,5	23,9	24,1	24,5
1977	23,8	23,4	23,5	23,3	23,2	22,4	22	22,4	23,1	24,4	25,1	25,3
1978	24,6	24,6	23,7	23,6	23,5	22,5	22,6	22,4	23,1	23,8	24,4	24,3
1979	24,3	23,7	23,8	23,9	23,4	22,1	22,3	23	23,7	23,9	24,1	24,7
1980	24,8	23,7	23,7	24,5	24,3	23,9	23,1	23,6	24	24,5	24,8	24,7
1981	24,7	24,9	24,3	24,2	24,3	23,3	23	23,4	24,1	25,1	25,5	25,6
1982	24,2	24,1	23,8	23,7	23,1	22,4	22,4	22,7	23,5	23,8	24,3	24,5
1983	25,7	25,3	25	24,6	24,7	23,9	23,5	23,9	24,9	25	25	25,3
1984	24,1	24,5	23,6	23,5	23,2	22,6	22,4	22,8	23,2	23,8	24,1	24,3
1985	24,6	22,9	23,8	23,3	23,3	22,7	22,5	22,9	23,5	24,6	24,6	24,3
1994	23,9	23,6	23,3	23,1	23,1	22,8	22,2	22,5	22,7	23,3	23,9	24
1995	24		23,6	23,3	23,3	22,8	21,9	22,1	22,7	23,5	24	24,4
1996	24	23,6	23,2	23,3	23,3	22,9	22,6	22,8	23,4	24,1	24,4	24,9
1997	25	24,1	24,1	23,5	23	22,7	22,6	22,9	23,5	24,1	24,4	24,3
1998	24,7	25	24,5	24,7	24,4	6	23,4	23,3	24,1	24,9	25	24,9
1999	24,6	24,5	23,6	23,7	23,1	22,9	22,7	22,7	23,6	24,3	25	24,8
2000	24	23,7	23,9	23,4	23,7	23	23	22,7	23,4	23,8	24,4	24,4
2001	24,1	24,2	23,9	23,3	23,9	23,3	22,8	22,3	23,8	24,3	25,1	25,6
2002	23,8	23,8	23,6	23,4	23,7	23	22,7	22,7	23,3	24,1	24,4	25,3
2003	24,3	24	23,5	23,7	23,8	23,3	22,8	23,1	23,6	24,7	24,7	25,2
2004	24,3	23,6	23,8	24,1	24,1	23	23	23,3	23,6	24,5	24,6	24,9
2005	25,5	25,5	25	24,7	24	23,2	22,9	23	23,5	24,3	25,2	25,1
2006	25,2	24,9	24,1	23,8	23,6	23	22,8	23,1	24,1	24,9	25,1	25,7

4. Precipitação Média das Estações Meteorológicas no período de 1974 a 2006 por ano, contidas e distantes até 10 km da Bacia do Rio Ceará.

Período	Estações Meteorológicas							
	38*	47*	82	83*	104	207	362	363*
1974	1824,0	2751,3	2262,3	2311,7		1790,2		
1975	1308,3	1813,3	2050,0	1499,2		1489,2		
1976	1192,6	1489,8	1518,2	1108,1		949,6		
1977	1274,6	2019,9	1616,0	1344,1		1331,7		
1978	1015,0	1557,1	1153,0	1023,4		970,0		
1979	704,7	1190,6	644,0	1018,1	970,5	762,0		
1980	1142,3	1216,0	595,8	1043,5	882,7	777,0		
1981	750,0	1086,4	987,3	748,7	744,3	456,0		
1982	925,0	1051,4	1152,7	1003,5	815,8	970,1		
1983	746,8	955,2	775,8	601,9		546,9		
1984	1562,0	2029,3	1479,4	1430,0	1413,1	889,8		
1985	2418,6	2836,0	2778,5	2122,0	1964,7	1683,6		
1986	1995,4	2456,7	2081,0	1808,2	1381,5	1232,6		
1987	1105,9	1259,7	766,0	858,1		406,0		
1988	1750,1	1862,1	1451,0	1723,0	2056,2	542,9		
1989	1511,5	1862,5	1134,0	1369,0	1618,2	801,1	1014,8	
1990	787,0	978,1	728,0	537,5	750,3	505,4	829,7	969,8
1991	1191,2	1548,7	801,0	1065,8	1181,7	696,5	1241,0	1495,3
1992	942,0	1088,8	867,0	808,6	955,2	755,2	997,2	1125,5
1993	675,5	1042,7	650,0	550,9	659,7	274,4	667,0	841,5
1994	2150,0	2379,6	1920,0	1542,4	1960,3	1691,3	2102,8	2414,6
1995	1935,8	2143,5	1443,0	1239,2	1636,6	1456,1	1978,6	2039,7
1996	1428,2	1708,2	1168,0	1258,5	1604,8	1280,0	1613,6	1660,5
1997	770,8	1143,3	595,6	687,8	804,2	801,6	1005,4	678,1
1998	745,2	1012,4	933,6	756,0	809,8	620,6	956,3	954,2
1999	976,7	1346,6	838,9	1007,9	942,4	866,6	1271,3	1031,2
2000	1749,1	1673,2	1401,6	1567,4	1689,4	1664,2		1776,5
2001	1494,4	1554,5	951,8	1163,2	1160,0	1068,8		1076,5
2002	1559,0	1742,0	1433,2	1363,2	1633,1	1699,7		1620,0
2003	2277,6	2208,4	1656,8	1539,7	1466,9	1304,4	1585,9	2170,6
2004	1558,2	1991,1	1362,4	1297,4	1449,4	1270,6	1872,8	1694,2
2005	934,2	1132,4	748,0	465,2	781,4	700,8	1129,4	1095,0
2006	1149,8	1319,7	1144,0	1023,0	1218,8	1274,2	1712,5	1423,0

* Contidas na bacia do Rio Ceará.

5. Precipitação Média das Estações Meteorológicas no período de 1974 a 2006 por mês, contidas e distantes até 10 km da Bacia do Rio Ceará.

Estação	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set	Out.	Nov.	Dez
38*	118,24	185,17	315,78	299,25	173,08	123,59	49,79	13,45	12,92	4,43	3,42	20,62
47*	130,88	192,98	357,32	357,19	214,95	170,26	85,21	27,04	24,14	13,02	11,29	35,42
82*	109,71	164,51	285,66	264,12	172,30	112,73	51,70	14,10	11,18	10,62	10,99	37,48
83	116,10	167,70	270,85	250,89	153,35	102,73	49,92	14,63	11,16	7,23	7,48	26,34
104	130,54	186,09	283,18	283,36	175,26	92,21	33,91	8,11	11,94	3,08	7,20	28,36
207	90,57	163,54	263,74	232,71	153,09	59,47	18,52	5,79	4,66	2,68	3,81	17,44
362	89,78	118,65	288,99	301,77	199,97	124,97	42,66	18,24	18,74	6,37	5,38	26,27
363*	119,54	147,39	308,19	347,98	196,20	134,34	46,39	16,48	17,46	7,73	6,86	18,98

* Contidas na bacia do Rio Ceará.

ANEXO 2

Área e Quantidade Colhida e Valor da Produção dos Principais Produtos das Lavouras.

CEARÁ e Municípios	Área Colhida(ha)		Quantidade Colhida (t)		Valor (R\$ mil)	
	1995	2006	1995	2006	1995	2006
ABACATE (3)						
Ceará	458	-	7.459	-	774	-
Maracanaú	5	-	125	-	23	-
Maranguape	95	-	2.850	-	527	-
ALGODÃO ARBÓREO (EM CAROÇO)						
Ceará	54.844	-	6.430	-	2.882	-
Caucaia	800	-	160	-	77	-
Maracanaú	110	-	16	-	9	-
Maranguape	600	-	90	-	53	-
ALGODÃO HERBÁCEO (EM CAROÇO)						
Ceará	66.697	-	30.531	-	14.066	-
Caucaia	50	-	30	-	14	-
Maracanaú	130	-	91	-	53	-
Maranguape	2.000	-	1.400	-	830	-
ARROZ (em casca) (2)						
Ceará	77.444	32.020	2.556	100.249	40.664	50.583
Caucaia	80	24	80	24	24	12
Fortaleza	5	11	5	15	1	8
Maracanaú	220	5	396	6	145	3
Maranguape	4.000	107	7.200	135	2.664	68
BANANA (1)						
Ceará	42.486	-	31.383	408.026	40.376	156.228
Caucaia	900	720	720	5.760	835	2.091
Fortaleza	42	36	1.000	240	60	96
Maracanaú	50	50	35	320	68	122
Maranguape	3.200	1.500	2.304	9.000	4.527	3.294
BATATA-DOCE						
Ceará	1.022	-	8.675	-	2.007	-
Caucaia	95	-	760	-	296	-
Fortaleza	3	-	15	-	2	-
Maracanaú	8	-	80	-	20	-
Maranguape	280	-	2.800	-	728	-
CAFÉ (EM COCO)						
Ceará	9.186	-	5.940	-	6.213	-
Maranguape	10	-	5	-	9	-
CANA-DE-AÇÚCAR (2)						
Ceará	43.456	29.067	2.029.036	1.617.003	49.532	61.712
Caucaia	780	625	32.760	32.100	1.202	1.156
Fortaleza		19		950		34
Maracanaú	560	345	33.600	16.905	1.478	609
Maranguape	1.400	269	84.000	13.505	3.696	486
CASTANHA DE CAJU (1)						
Ceará	332.882	371.032	80.896	130.544	30.284	115.862
Caucaia	3.500	3.100	1.050	1.433	312	1.361
Fortaleza	45	35	27	16	10	15
Maracanaú	10	10	3	4	2	4
Maranguape	60	66	14	20	9	19

(continuação)

CEARÁ e Municípios	Área Colhida		Quantidade Colhida (t)		Valor (R\$ mil)	
	1995	2006	1995	2006	1995	2006
COCO-DA-BAÍA (1) (3)						
Ceará	40.292	40.650	3.560	243.513	38.377	90.217
Caucaia	2.030	1.635	9.338	7.838	3.312	3.110
Fortaleza	20	25	100	135	21	50
Maracanaú	5	10	25	50	8	21
Maranguape	60	70	230	453	82	218
FAVA (EM GRÃO)						
Ceará	390	-	92	-	32	-
Maracanaú	17	-	4	-	2	-
Maranguape	100	-	25	-	14	-
FEIJÃO (EM GRÃO) (2)						
Ceará	676.959	547.178	208.826	253.258	94.007	244.316
Caucaia	3.230	2.873	715	1.076	269	1.439
Fortaleza	120	47	54	19	14	24
Maracanaú	580	100	381	30	350	38
Maranguape	8.000	1.715	4.770	441	4.388	560
GOIABA (1)						
Ceará	-	598	-	5.983	-	3.597
Maranguape	-	10	-	48	-	14
LARANJA (1)						
Ceará	1.255	1.718	75.136	16.370	4.659	7.006
Maracanaú	5	5	400	35	34	12
Maranguape	27	18	2.700	100	234	29
LIMÃO (3)						
Ceará	482	-	79.839	-	1.048	-
Maracanaú	4	-	1.400	-	28	-
Maranguape	14	-	5.600	-	112	-
MAMÃO (1)						
Ceará	544	1.498	11.280	62.856	2.970	21.381
Maracanaú	16	-	400	-	116	-
Maranguape	130	170	3.120	3.060	936	920
MANDIOCA (2)						
Ceará	129.469	88.602	1.012.348	860.780	40.385	94.356
Caucaia	2.500	785	10.800	6.852	538	658
Fortaleza	50	15	400	160	22	12
Maracanaú	50	60	350	420	15	29
Maranguape	500	80	7.600	640	342	51
MANGA (1)						
Ceará	2.367	4.890	100.589	43.240	3.516	12.858
Caucaia	125	125	5.250	1.100	232	495
Fortaleza	7	7	245	53	13	32
Maracanaú	4	4	72	36	4	22
Maranguape	50	50	900	350	61	144
MARACUJÁ (1)						
Ceará	1.771	4.919	209.206	101.035	8.875	78.241
Maracanaú	4	3	320	24	48	22
Maranguape	10	15	800	105	120	72

(continua)

(conclusão)

CEARÁ e Municípios	Área Colhida		Quantidade Colhida (t)		Valor (R\$ mil)	
	1995	2006	1995	2006	1995	2006
MELÃO (2)						
Ceará	1.779	6.629	33.178	165.633	25.190	132.704
Maracanaú	10	-	150	-	39	-
Maranguape	100	6	1.500	142	396	71
MILHO (em grão) (2)						
Ceará	650.913	639.205	469.177	760.231	70.359	268.056
Caucaia	2.500	2.550	1.250	2.295	189	878
Fortaleza	100	16	60	13	9	6
Maracanaú	320	100	240	60	34	26
Maranguape	4.500	1.860	3.375	1.341	486	561
SORGO GRANÍFERO (EM GRÃO)						
Ceará	394	-	418	-	51	-
Caucaia	10	-	10	-	1	-
Maracanaú	5	-	6	-	0	-
Maranguape	120	-	156	-	20	-
TANGERINA (3)						
Ceará	181	-	11.005	-	535	-
Maracanaú	4	-	420	-	29	-
Maranguape	22	-	2.640	-	184	-
TOMATE						
Ceará	2.391	-	91.764	-	18.965	-
Maracanaú	6	-	180	-	102	-
Maranguape	50	-	1.500	-	856	-

Fonte: CEARÁ 1997 e 2008.

1. Quantidade e valor da produção dos principais produtos extrativos 1994 e 2006.

CEARÁ e Municípios	Produção extrativa vegetal			
	Quantidade (t)		Valor (R\$ mil)	
	1994	2006	1994	2006
Babaçu (amêndoa)				
CEARÁ	1.330	354	343	414
Maracanaú	8	-	1	
Maranguape	48	3	8	2
Carnaúba (cera)				
CEARÁ	1.707	2.537	4.465	10.478
Caucaia	105	75	225	426
Maracanaú	4		10	
Maranguape	43		103	
Carnaúba (Fibra)				
CEARÁ	-	2.177	-	1.387
Caucaia	-	37	-	21
Maranguape	-	5	-	3
Carnaúba (pó)				
CEARÁ	4.525	6.932	7.566	17.777
Maranguape	-	1	-	2
Carvão vegetal				
CEARÁ	35.151	11.642	5.777	3.011
Caucaia	693	7	49	3
Fortaleza	-	1	-	0
Maracanaú	140	0	20	0
Maranguape	290	30	41	11
Castanha de Caju				
CEARÁ	451		179	-
Caucaia	6	-	3	-
Maracanaú	5	-	2	-
Maranguape	10	-	5	-
Lenha (1)				
CEARÁ	10.503.001	4.587.644	27.617	28.527
Caucaia	17.973	4.130	43	26
Fortaleza	-	197	-	1
Maracanaú	115.450	128	115	1
Maranguape	350.000	7.266	350	46
Madeira em tora (1)				
CEARÁ	715.355	50.780	14.152	1.699
Maracanaú	100	-	1	-
Maranguape	1.800	121	14	4

Fonte: CEARÁ 1997 e 2008.

(1) Quantidade produzida expressa em metros cúbicos.

2. Indústria de transformação ativa, por gênero em 1996 e 2006.

Gêneros de Atividades	Ano	ESTADO e Município				
		CEARÁ	Caucaia	Fortaleza	Maracanaú	Maranguape
Total	1996	13.998	354	6.969	344	162
	2006	12.250	410	5.735	476	174
Produtos de minerais não metálicos	1996	994	56	187	23	7
	2006	861	54	150	23	5
Metalurgia	1996	753	34	366	28	3
	2006	742	33	334	50	5
Mecânica	1996	131	5	73	13	1
	2006	209	7	103	24	8
Material elétrico, eletrônica de comunicação	1996	99	4	65	10	1
	2006	121	1	82	5	0
Material de transporte	1996	74	4	45	3	0
	2006	76	6	37	6	1
Madeira	1996	556	8	143	10	8
	2006	453	12	113	24	0
Mobiliário	1996	896	41	414	27	2
	2006	592	38	253	20	2
Papel e papelão	1996	61	3	36	5	1
	2006	85	5	37	10	1
Borracha	1996	86	3	38	1	3
	2006	74	1	23	3	0
Couros, peles e produtos similares	1996	139	3	55	9	0
	2006	183	6	104	5	2
Química	1996	285	16	153	19	6
	2006	328	27	123	22	9
Produtos farmacêuticos e veterinários	1996	54	0	47	0	0
	2006	32	2	16	1	0
Perfumaria, sabões e velas	1996	236	4	114	7	2
	2006	160	9	66	8	1
Material plástico	1996	154	8	83	14	3
	2006	182	8	91	26	2
Têxtil	1996	695	4	144	22	6
	2006	474	3	179	29	10
Vestuário, calçados, artefatos, tecidos, couros e peles	1996	4.928	65	3.313	77	79
	2006	3.932	97	2.592	99	85
Produtos alimentares	1996	2.726	75	1.051	49	31
	2006	2.662	85	877	80	37
Bebidas	1996	285	3	56	9	3
	2006	191	1	26	10	1
Editorial e gráfica	1996	513	6	377	9	4
	2006	565	8	383	7	5
Diversas	1996	328	12	209	9	2
	2006	326	7	146	24	0