Tombo
002650

CPRM
BIBLIOTECA
REL
2883
S

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

PROGRAMA INFORMAÇÕES PARA GESTÃO TERRITORIAL – GATE

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE IRAUÇUBA – CE

Texto Explicativo
Carta Geoambiental

Execução
Geól. Ricardo de Lima Brandão – CPRM

Coordenação
Geól. Jaime Quintas dos Santos Colares – CPRM

Colaboração
Geól. Francisco Edson Mendonça Gomes – CPRM

Consultoria Técnica
Prof. Marcos José Nogueira de Souza - UECE

Agosto/2003

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

Ministro de Estado	**Dilma Vana Rousseff**
Secretário Executivo	**Maurício Tiomno Tolmasquim**
Secretário de Minas e Metalurgia	**Giles Carriconde Azevedo**

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

Diretor-Presidente	**Agamenon Sérgio Lucas Dantas**
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial – DHT	**José Ribeiro Mendes**
Diretor de Geologia e Recursos Minerais – DGM	**Manoel Barretto da Rocha Neto**
Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento – DRI	**Fernando Pereira de Carvalho**
Diretor de Admistração e Finanças – DAF	**Álvaro Rogério Alencar Silva**
Chefe do Departamento de Gestão Territorial – DEGET	**Cássio Roberto da Silva**
Chefe da Divisão de Gestão Territorial	**Regina Célia Gimenez Armesto**
Chefe da Residência de Fortaleza	**Darlan Filgueira Maciel**
Coordenador Executivo	**José Roberto de Carvalho Gomes**
Assistente de Produção – Área DHT	**Oderson Antonio de Souza Filho**
Assistente de Produção – Área DRI	**Francisco Edson Mendonça Gomes**
Assistente de Produção – Área DGM	**Antônio Maurílio Vasconcelos**

Brandão, R. de L.
Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba - CE . Texto explicativo. Carta geoambiental. Fortaleza: CPRM, 2003.
67p. il.
1.Zoneamento. 2.Carta geoambiental. 3.Meio ambiente. 4.Irauçuba. 5.Ceará. 6.Brasil
I. CPRM – Serviço Geológico do Brasil.
II. Título.

SUMÁRIO

I - Introdução 1

II - Metodologia 5
II.1 – Referencial Teórico e Objetivos 5
II.2 – Procedimentos Técnicos 7
II.2.1 – Banco de Dados e SIG 8
II.2.2 – Sensoriamento Remoto e Tratamento Digital de Imagens 9

III – Os Componentes Geoambientais 13
III.1 - Geologia 13
III.2 - Geomorfologia 16
III.2.1 – Unidades Geomorfológicas 16
III.2.2 - Declividade 19
III.3 - Clima 20
III.3.1 – Condições Regionais 20
III.3.2 – Condições Locais 21
III.4 – Recursos Hídricos 23
III.4.1 – Águas Superficiais 24
III.4.2 – Águas Subterrâneas 25
III.5 - Solos 27
III.6 – Cobertura Vegetal e Uso do Solo 31

IV – Vulnerabilidade à Erosão 35
IV.1 – Análises Temáticas 35
IV.2 – Cálculo da Vulnerabilidade à Erosão 41

V – As Unidades Geoambientais 45

VI – Bibliografia Consultada 61

ANEXOS
Documentação Fotográfica
Carta Geoambiental

Capítulo I

Introdução

O presente estudo, concebido e executado através do Programa de Informações para Gestão Territorial – GATE, desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, tem como finalidade básica elaborar o zoneamento geoambiental de uma área, inserida no contexto climático do Semiárido, que, por suas peculiariedades, caracteriza-se como uma região de carências socioeconômicas acentuadas. Os fatores climáticos adversos, associados a práticas agropecuárias rudimentares, geram elevados níveis de degradação dos recursos naturais e, conseqüentemente, baixos níveis de produtividade, abandono das terras, incrementação dos índices de pobreza e miséria, dentre outras condições que levam a uma degradação ambiental mais intensa, produzindo um ciclo de causa-efeito cada vez mais danoso ao meio ambiente e à qualidade de vida das populações que lá residem. Outro reflexo deste processo é sentido nos maiores centros urbanos, em decorrência do êxodo rural que ocorre com mais intensidade a cada período de seca, fazendo com que grandes contingentes da população de baixa renda se estabeleçam desordenadamente, ocupando áreas de risco e produzindo um crescente processo de favelização nas cidades.

Além dessas considerações, outros dois fatores motivaram a escolha da área da Folha Irauçuba (SA.24-Y-D-V) para o desenvolvimento deste trabalho:

- A existência de dois importantes domínios geoambientais do estado do Ceará: o primeiro é representado pelos sertões semi-áridos, com abrangência geográfica dominante, apresentando preocupantes níveis de degradação do potencial produtivo de seus recursos naturais, com áreas onde os processos de desertificação já se encontram instalados (núcleo de desertificação de Irauçuba). O segundo é constituído pelas serras úmidas e sub-úmidas, que representam áreas de exceção no contexto semi-árido, com condições edafo-climáticas favoráveis, mas que também se mostram fortemente degradadas, principalmente pelas atividades agrícolas desordenadas.

- A execução, pela CPRM, do projeto "Otimização de Metodologias para Prospecção de Águas Subterrâneas em Rochas Cristalinas", através de um programa de cooperação técnica entre o Brasil e o Canadá, com a finalidade de estabelecer modelos de ocorrência de água em aqüíferos fissurados, estudar os mecanismos de salinização da água em terrenos cristalinos, bem como desenvolver metodologias de prospecção que aumentem o índice de acertos na locação de poços produtivos. Este projeto está sendo realizado em três áreas-piloto, localizadas nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. No Ceará, a área-piloto escolhida foi a Folha Irauçuba (SA.24-Y-D-V). Com o desenvolvimento das atividades, foi gerado um banco de dados

contendo importantes informações sobre os meios físico, biótico e antrópico da área, que justificavam um trabalho integrativo voltado para as questões ambientais, nos moldes do zoneamento aqui apresentado.

O zoneamento geoambiental constitui uma ferramenta fundamental para o ordenamento territorial de uma região, uma vez que elabora o diagnóstico das potencialidades e limitações de seus recursos naturais, identifica os impactos ambientais que ocorrem nas unidades individualizadas, e possibilita o estabelecimento de orientações e diretrizes para um melhor uso e ocupação do solo, contribuindo para promover o desenvolvimento sustentável da região estudada.

A utilização de geotecnologias (geoprocessamento e sensoriamento remoto) mostrou-se altamente eficiente neste tipo de estudo, permitindo a análise, a integração e o modelamento dos atributos do meio físico-biótico, de forma rápida, precisa e com baixos volumes de recursos financeiros envolvidos.

Localizada a 160 km de Fortaleza, a área de trabalho é delimitada pelos meridianos 39°30' e 40°00'W e paralelos 3°30' e 4°00'S (Figura I.1). Engloba, parcialmente, os municípios de Irauçuba, Itapagé, Itapipoca, Miraíma, Sobral, Tejuçuoca e Uruburetama, com área de 3.025 km^2. O acesso é feito a partir de Fortaleza através da rodovia federal BR-222, cruzando toda a área na direção aproximadamente leste-oeste. Em seu extremo noroeste é servida pela Rede Ferroviária Federal (RFFSA) no trecho que liga as cidades de Itapipoca e Miraíma.

Caracteriza-se por um quadro socioeconômico empobrecido e castigado pelos fatores climáticos adversos, consubstanciados na escassez e má distribuição de chuvas. Grande parte da população da área distribui-se pela zona rural, destacando-se, como maiores centros, as cidades de Itapagé, Itapipoca, Irauçuba e Uruburetama, que funcionam como principais entrepostos comerciais da região, além de Miraíma e Tejuçuoca.

As sedes municipais citadas dispõem de abastecimento de água, fornecimento regular de energia elétrica, serviço telefônico interurbano e agências de correios e telégrafos. Notadamente nas cidades de Itapagé e Itapipoca, observa-se uma regular assistência no tocante aos setores bancário, hoteleiro e de saúde.

À semelhança do que ocorre em quase toda a região do sertão nordestino do Brasil, as principais atividades econômicas da área se enquadram no setor primário, através da pecuária extensiva, agro-extrativismo e agricultura de subsistência, todas com níveis tecnológicos deficientes e baixos rendimentos. As culturas sazonais de milho, feijão, algodão e mandioca são as mais praticadas. Na Serra de Uruburetama destaca-se a cultura comercial da banana, bastante praticada na sua vertente úmida. Secundariamente, pratica-se a lavoura comercial com cana de açúcar e castanha de cajú.

Figura I.1 – Localização da área.

No tocante à pecuária são criados, extensivamente, caprinos e bovinos, também utilizando-se de sistemas tecnológicos muito rudimentares. O extrativismo vegetal destaca-se com produtos como carnaúba, oiticica, carvão vegetal, lenha e madeira em tora.

Ocorre uma incipiente atividade relacionada ao setor de mineração, onde se destacam algumas pedreiras em rochas graníticas no maciço de Uruburetama. A maior parte está abandonada ou opera intermitentemente. Registra-se também uma exploração de mármore, utilizado em pequena escala na fabricação de cal, e várias olarias rudimentares que fabricam tijolos e telhas para os próprios moradores da região.

Vale ainda ressaltar, como atividade econômica de grande interesse, especialmente nos municípios de Itapagé e Irauçuba, o crescimento recente do artesanato, principalmente de redes e de bordados.

Capítulo II

Metodologia

O roteiro metodológico, apresentado na forma de fluxograma (Figura II.1), sintetiza os procedimentos adotados para a concretização do presente trabalho.

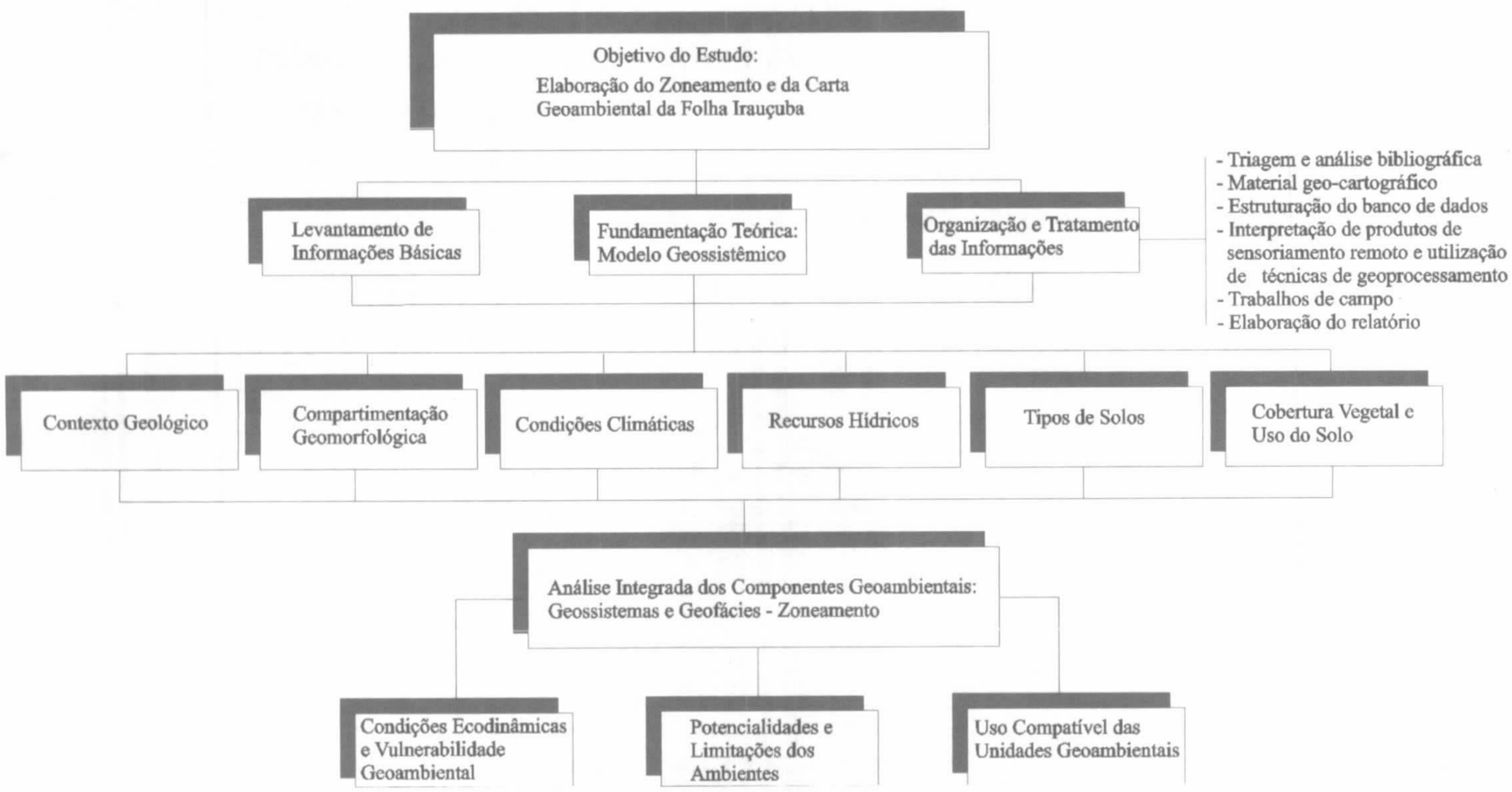


Figura II.1 - Fluxograma da metodologia.

II.1 - Referencial Teórico e Objetivos

O zoneamento geoambiental, ora proposto, teve como base a Teoria Geossistêmica, de acordo com as concepções metodológicas contidas em BERTRAND (1972), SOTCHAVA (1976), BEROUTCHACHIVILI & BERTRAND (1977), bem como a abordagem morfodinâmica, ou Princípios da Ecodinâmica de TRICART (1977). Consideraram-se, também, alguns trabalhos desenvolvidos por SOUZA (1988, 2000) e SOUZA *et al* (1994), aplicando a metodologia geossistêmica no estado do Ceará.

Segundo BERTRAND (*op.cit.*), a paisagem é o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, bióticos e antrópicos. Estes elementos interrelacionam-se dialeticamente, fazendo da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução. A

compreensão desta relação dialética entre os componentes da paisagem, implica na investigação conjunta dos mesmos, isto é, devem-se nortear os estudos através de uma dimensão integrada, identificando os processos decorrentes da interconexão dos elementos, que dão o caráter dinâmico à paisagem. BERTRAND (*op.cit.*), propôs um sistema taxonômico de classificação da paisagem, que comporta seis níveis espaciais: Zona, Domínio e Região Natural (Unidades Superiores) e Geossistemas, Geofácies e Geótopos (Unidades Inferiores).

O conceito de Ecodinâmica de TRICART (*op.cit.*) indica um modelo de avaliação das unidades territoriais, com base no balanço pedogênese/morfogênese, propiciando sua classificação quanto aos graus de estabilidade e vulnerabilidade ambiental. As áreas onde predominam os processos pedogenéticos são classificadas como ecodinâmicamente estáveis, enquanto, por outro lado, áreas onde prevalecem os processos morfogenéticos são consideradas como instáveis/vulneráveis. Quando existe um equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, caracterizam-se as áreas de estabilidade intermediária ou de transição.

O quadro abaixo, segundo SOUZA *et al* (*op. cit*), sintetiza as características das categorias dos ambientes, quanto às condições de balanço entre morfogênese e pedogênese e vulnerabilidade ambiental.

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

Quadro II.1 - Classificação ecodinâmica do ambiente.

O Programa Zoneamento Ecológico-Econômico, cuja metodologia foi proposta pelo MMA & SAE (1997), inicialmente para os estados da Amazônia Legal, também adota uma abordagem

sistêmica. Mais recentemente, com a criação do consórcio ZEE-BRASIL, formado pelo INPE, IBGE, EMBRAPA, CPRM e IBAMA, promoveram-se vários encontros regionais onde foram discutidos e avaliados pontos mais polêmicos da metodologia, resultando na sua reformulação e consolidação (MMA, 2001). Os dados do meio natural (geologia, geomorfologia, solos, clima e vegetação) são analisados de forma integrada e ponderados segundo uma escala de valores que leva em consideração o balanço pedogênese/morfogênese, de TRICART (*op.cit.*), permitindo a classificação das unidades de paisagem quanto à vulnerabilidade e estabilidade ambiental, no que diz respeito à perda ou formação de solos. Esse estudo do meio físico-biótico é integrado com os dados sócioeconômicos, possibilitando uma avaliação das condições favoráveis e restritivas quanto aos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Isso permite delinear a situação atual da área estudada, elaborar prognósticos, identificar as tendências e propor as diretrizes e soluções mais adequadas. Uma característica marcante da metodologia implementada pelo ZEE, é a utilização de modernas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, que são detalhadamente descritas por CREPANI *et al* (1996, 2000).

Considerando os pressupostos teórico-metodológicos acima, os estudos realizados tiveram como objetivos principais:

- elaborar a Carta Geoambiental da Folha Irauçuba, na escala 1:100.000, com base em proposta metodológica geossistêmica, considerando as principais variáveis relativas aos meios físico (condições geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas), biótico (cobertura vegetal) e antrópico (uso e ocupação do solo);

- considerar a compartimentação geomorfológica como elemento de importância fundamental, pela maior facilidade de se identificar, delimitar e interpretar os compartimentos topográficos e as feições de modelados neles contidos. Além disso, deve-se reconhecer que a compartimentação geomorfológica deriva da herança da evolução geoambiental desde, pelo menos, o Tércio-Quaternário e, por isso, de acordo com SOUZA (2000), cada compartimento tem padrões próprios de drenagem, arranjos típicos de solos, características singulares quanto aos aspectos fitofisionômicos e, por conseqüência, os modelos de ocupação também são influenciados;

- avaliar as condições morfodinâmicas, com base no balanço pedogênese/morfogênese, classificando o grau de estabilidade e a vulnerabilidade à erosão dos solos, frente aos processos naturais e de antropização da área.

II.2 - Procedimentos Técnicos

A identificação e a caracterização das unidades geoambientais da área em estudo, resultaram da análise integrada dos levantamentos temáticos existentes, que foram reavaliados e atualizados sobre as imagens ETM^+ do satélite LANDSAT-7, da geração de novas informações

obtidas pela interpretação destes produtos de sensoriamento remoto, da utilização de recursos de análise espacial, contidos em sistemas de informações geográficas (SIGs), e da execução de trabalhos de campo.

II.2.1 – Banco de Dados e SIG

A primeira etapa da metodologia foi a criação e estruturação do banco de dados, em ambiente SIG. Utilizando-se o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versão 3.6 para Windows, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais), foi criado o banco de dados e definido o projeto, cujo retângulo envolvente possui as coordenadas da Folha SA.24-Y-D-V (Irauçuba). A estruturação dos dados foi feita segundo o modelo do SPRING, onde os arquivos digitais são organizados e armazenados segundo Categorias (com classes, se forem temáticas) e Planos de Informação – PIs (que representam os diversos tipos de mapas e imagens). Em um projeto cada PI deve estar associado a uma categoria e, conseqüentemente, a um único modelo de dados (temático, numérico, imagem, cadastral ou rede).

As representações de um PI podem ser diferenciadas em função do modelo de dados ao qual pertence. Um PI pertencente a uma categoria de modelo numérico, por exemplo, pode ter representações distintas como amostras (pontos e linhas), grade regular, grade triangular (TIN) e isolinhas. Para um PI pertencente ao modelo temático, suas representações comprendem: pontos, linhas, polígonos, matrizes, classes e textos.

De acordo com esta metodologia, foram criadas as seguintes categorias: Imagens Orbitais, Litologia, Estrutural, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso, Precipitações, Hidrografia, Rede Viária, Altimetria, MDT, Declividade, Erosão e Geoambiental, com seus respectivos PIs (mapas e imagens).

Posteriormente, esses dados foram reproduzidos no *software* ARCVIEW 3.x, que possui recursos complementares ao SPRING, principalmente no tocante à editoração de mapas.

As operações de consulta, manipulação e análise espacial de dados geográficos constituem a essência de um SIG. Tais funções utilizam os atributos das entidades gráficas armazenadas na base de dados, buscando fazer simulações (modelos) sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos e parâmetros. A partir do estudo integrado das informações setorizadas, contidas no banco de dados, são realizadas análises, diagnósticos e prognósticos ambientais que servem de base para o zoneamento e fornecem os subsídios para a gestão territorial. O modelamento dos dados foi feito por Análise Multicritério, em que, primeiramente, cada tema é analisado individualmente e suas variáveis classificadas (hierarquizadas) segundo suas influências nos processos que determinam a vulnerabilidade ou a estabilidade ambiental. Os

dados são, então, processados e integrados por combinação numérica, através da técnica de Álgebra de Mapas, aplicando-se operadores de soma ponderada para os temas envolvidos.

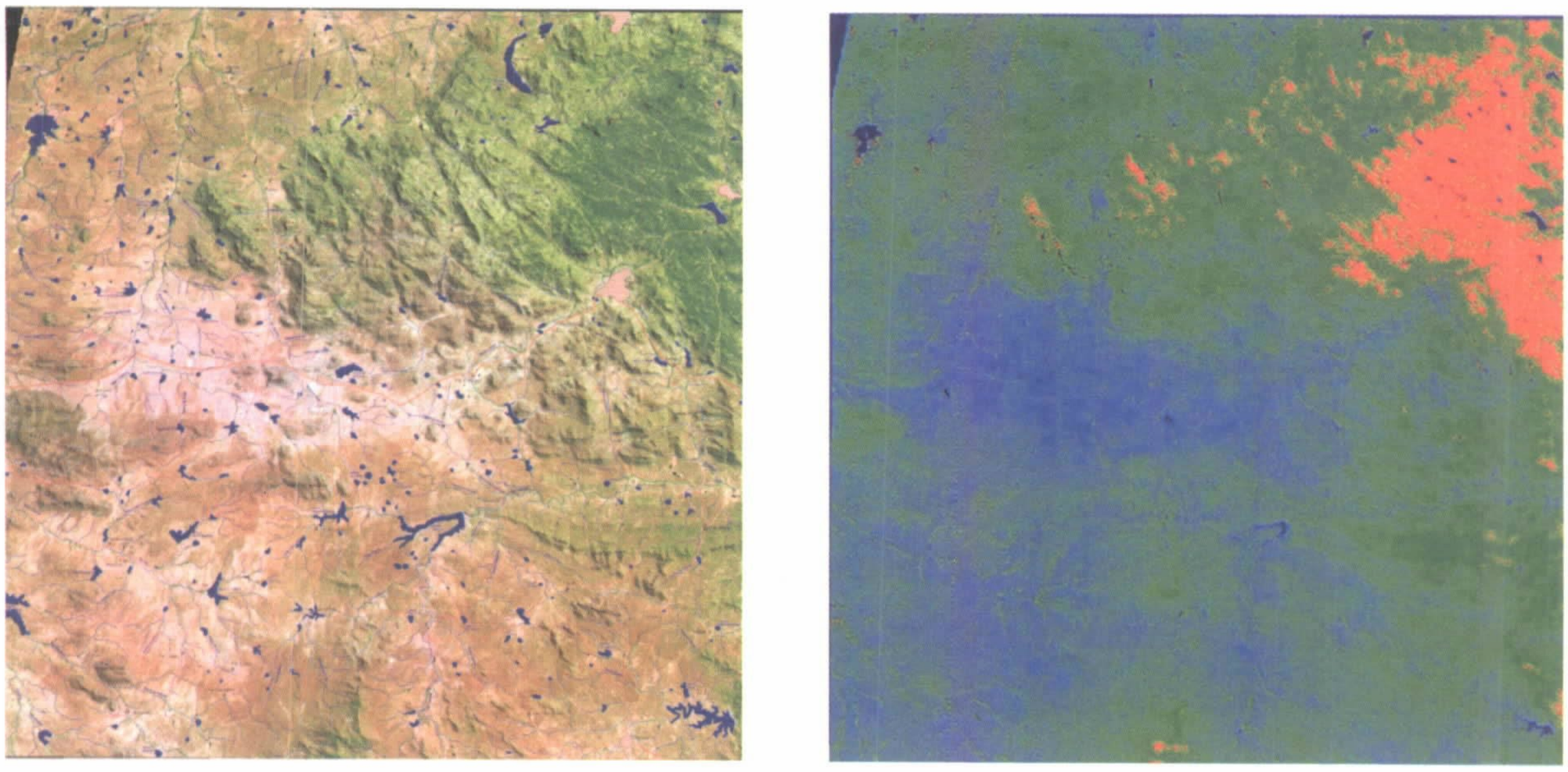
II.2.2 – Sensoriamento Remoto e Tratamento Digital de Imagens

Foram incorporadas ao banco de dados, as imagens obtidas pelos sensores TM e ETM^+ dos satélites LANDSAT-5 e LANDSAT-7, respectivamente, correspondentes à cena 217-063, cortadas segundo as coordenadas da Folha Irauçuba. Do LANDSAT-5 constam as seis bandas espectrais, com resolução espacial de 30 metros. Os produtos do LANDSAT-7, além das seis bandas espectrais de 30 metros, incluem uma banda pancromática com resolução espacial de 15 metros e uma banda termal com resolução de 60 metros.

As imagens do TM-5 foram tomadas em junho/97 (logo após o término da quadra chuvosa) e as do ETM-7 em outubro/99 (época de seca na região). Esse aspecto de multitemporalidade das imagens é importante, pois permite a comparação da resposta espectral das feições do terreno em condições de umidade diferentes, bem como o monitoramento da evolução das modificações ocorridas no meio ambiente, durante esse período.

O tratamento das imagens orbitais foi executado através do *software* ENVI (*Environment for Visualing Images*), versão 3.5, e pelo módulo de sensoriamento remoto do SPRING, versão 3.6 para Windows. Inicialmente, as imagens do TM-5 foram corrigidas geometricamente, através de pontos de controle extraídos da carta planialtimétrica da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico do Exército), na escala 1:100.000, e de alguns pontos obtidos em campo com auxílio de GPS. O resultado alcançado foi considerado apenas satisfatório, uma vez que o erro residual do georreferenciamento situou-se em torno de 3 *pixels* (± 100 metros). Com a aquisição dos produtos do ETM-7, verificou-se, através de pontos de GPS e sobreposição de arquivos vetoriais, que o nível de correção apresentado pela empresa distribuidora das imagens, garantia uma precisão de cerca de 1 *pixel*, ou seja 30 metros, perfeitamente aceitável para a elaboração dos trabalhos. Sendo assim, optou-se por georreferenciar as imagens mais antigas (TM-5) tendo como base as mais recentes (ETM-7).

Com a aplicação de técnicas de realces e transformações de imagens, consegue-se obter melhorias significativas na qualidade visual dos produtos de sensoriamento remoto, permitindo a utilização dos mesmos no desenvolvimento de vários temas como, por exemplo, extração de drenagens, atualização da rede viária, reinterpretação dos mapas e delimitação das unidades geoambientais. Esses procedimentos foram, sistematicamente, implementados em várias etapas do projeto, envolvendo: aplicações de contrastes, composições coloridas, transformação do espaço de cores (RGB – IHS), filtragens, correlação de bandas, análise por principais componentes, entre outros (Figura II.1).



A B

Figura II.1: A - Composição colorida nas bandas 5(R), 4(G), 3(B), com planimetria sobreposta. B – Razão entre as bandas 4 e 3 (índice de biomassa), classificada.

Utilizou-se, também, técnicas de classificação de imagens, visando a composição da carta de uso do solo e cobertura vegetal. Para a elaboração deste tema executou-se a técnica de segmentação de imagens, por crescimento de regiões, das bandas 3, 4 e 5 do ETM-7. O processo de segmentação de imagens tem por objetivo fragmentar uma região em unidades homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como o nível de cinza dos *pixels*, textura e contraste. O algoritmo de segmentação por crescimento de regiões, disponível no SPRING, depende da definição de duas variáveis: grau de similaridade e tamanho mínimo para o estabelecimento de uma região. Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada *pixel* como sendo uma região distinta. A partir daí, são agrupados os *pixels* com valores de similaridade inferiores ao limiar definido pelo usuário, baseado em um teste de hipótese estatístico realizado com as médias entre as regiões. Com isto, a imagem é fragmentada em sub-imagens, que são reagrupadas a seguir, segundo um limiar de agregação (tamanho mínimo aceitável para uma sub-região), definido também pelo usuário (INPE, 2002).

Foram testados diversos índices de similaridade e dimensões de áreas (em *pixels*). Os valores considerados mais satisfatórios foram, respectivamente, 15 e 400, obtendo-se um nível de fragmentação compatível com os objetivos do trabalho (Figura II.2-A).

Em seguida, foi feita a classificação sobre a imagem rotulada (segmentada), utilizando-se o classificador *Isoseg* e aplicando-se um limiar de aceitação de 90% (Figura II.2-B). Obteve-se, assim, seis classes digitais, que foram mapeadas para classes temáticas (correspondentes às unidades de cobertura vegetal e uso do solo), com o auxílio de informações bibliográficas e interpretação das próprias imagens. O próximo passo foi a análise e a compatibilização da

imagem classificada, com o índice de biomassa ou de vegetação (gerado pela razão entre os canais do infravermelho próximo e do vermelho), com as imagens transformadas RGB-IHS, com as principais componentes, e com as informações bibliográficas sobre o tema na área. Com isso, foi possível elaborar a carta de cobertura vegetal e uso do solo (Capítulo III.6), contendo as seguintes classes: caatinga arbustiva com agricultura de subsistência e pecuária semi-intensiva, caatinga arbórea aberta com agricultura de subsistência, caatinga arbórea fechada, mata ciliar, mata úmida com fruticultura comercial, mata úmida fechada, pastagem/pecuária extensiva, espelho d'água, e área urbana.

No banco de dados, as imagens foram armazenadas em PIs (Planos de Informações), representados pelas bandas espectrais e pancromática, por imagens geradas pela aplicação de técnicas de filtragens, por imagens segmentadas e classificadas, e por imagens sintéticas. Estas últimas são resultantes da fusão de 3 bandas selecionadas do ETM-7 com a imagem pancromática, o que gera uma composição colorida com resolução espectral correspondente às bandas ETM e resolução espacial da banda pancromática -15 metros.

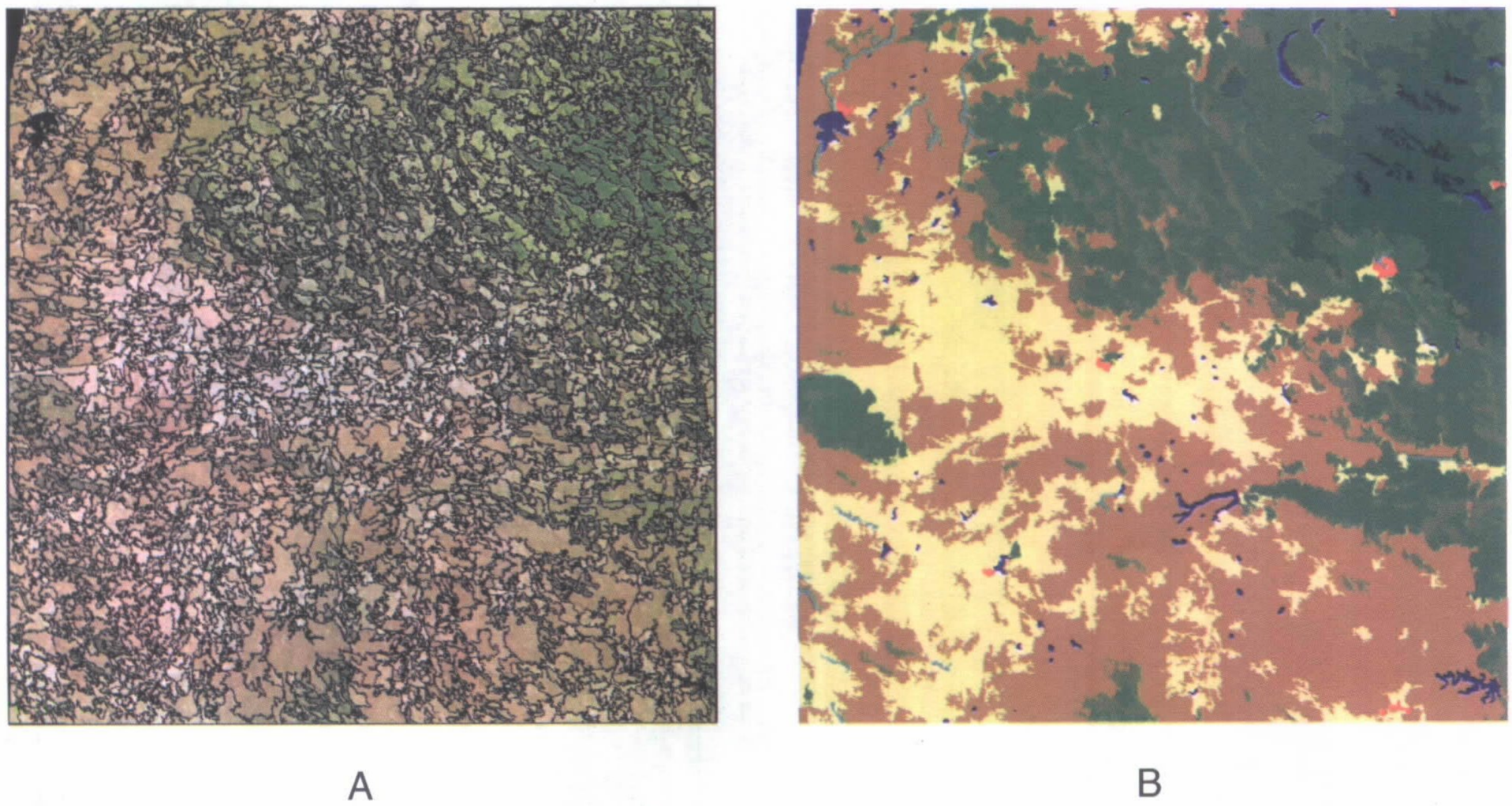


Figura II.2: A - Imagem segmentada por crescimento de regiões. B - Imagem classificada após a segmentação e mapeada para classes temáticas.

Em todos os temas tratados, a análise e o processamento das imagens de satélite tiveram importância fundamental. Sobrepondo-se a elas as informações temáticas, foi possível desenvolver, diretamente na tela do computador, por meio de edição vetorial, reinterpretações, ajustes e refinamentos dos mapas pré-existentes, bem como traçar os limites das unidades geoambientais. Isso é feito através de critérios de fotointerpretação, que levam em consideração seus elementos fundamentais: textura de relevo e drenagem (que se dispõem na superfície da

imagem definindo estruturas e formas) e matizes de cores (relacionados ao padrão de resposta espectral dos principais alvos da superfície terrestre).

Capítulo III

Os Componentes Geoambientais

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

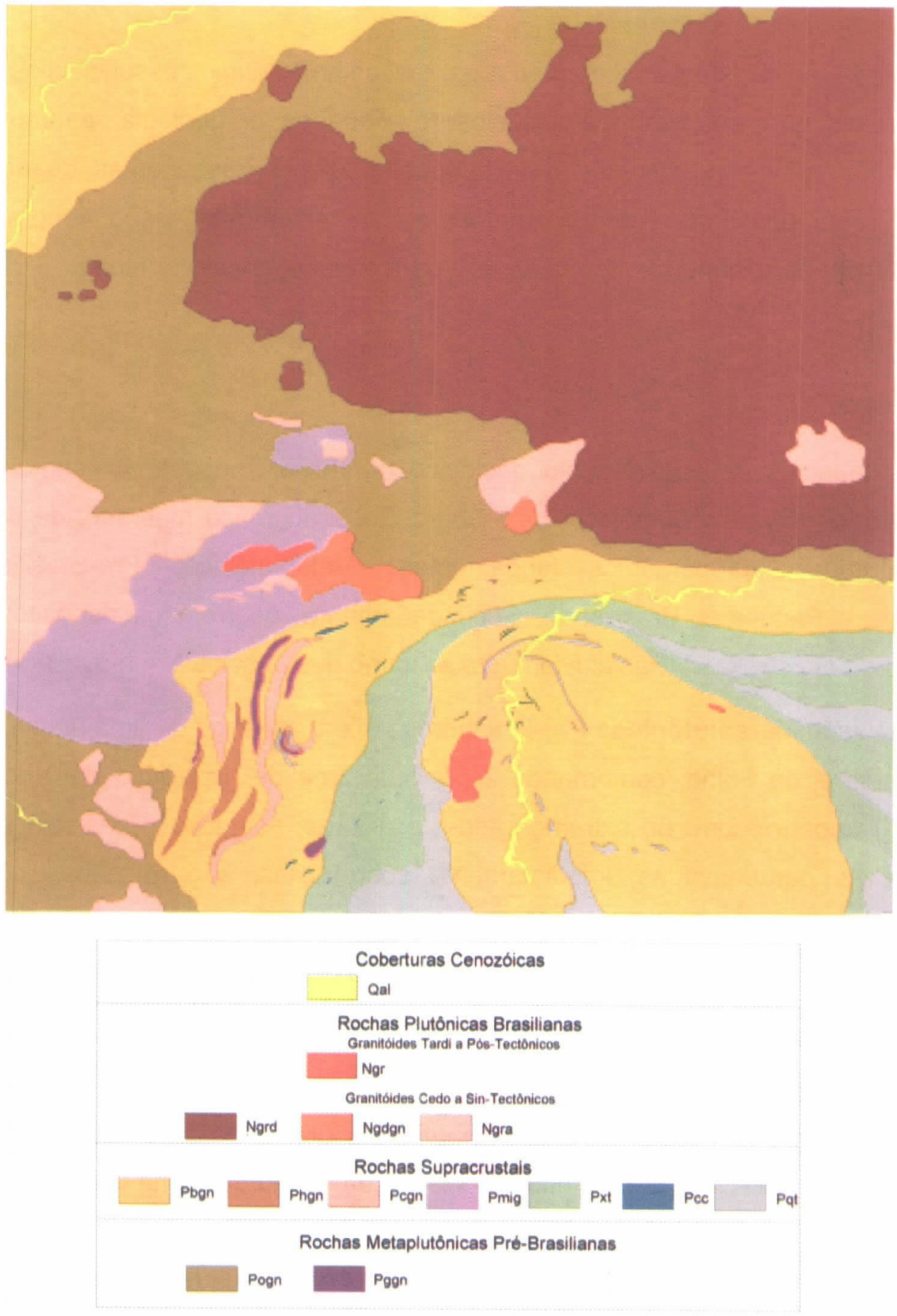
III.1 - Geologia

Os trabalhos de mapeamento geológico na Folha Irauçuba, executados por SOUZA FILHO (2000), permitiram estabelecer um quadro litoestratigráfico marcado, de um modo geral, por três grandes agrupamentos fundamentais: Metaplutônicas Pré-Brasilianas, Rochas Supracrustais e Plutônicas Brasilianas. Secundariamente, ocorrem os depósitos quaternários, representados por estreitas faixas aluvionares, ao longo dos principais cursos d'água (Figura III.1).

A unidade **Metaplutônicas Pré-Brasilianas** aflora ao longo de uma ampla faixa contínua, na porção central da Folha, contornando a principal área de exposição das rochas plutônicas brasilianas. Também ocorre no extremo sudoeste da área estudada. Suas relações de contato com as rochas paraderivadas, imediatamente sobrepostas, são marcadas por extensas e contínuas zonas de cisalhamento dúcteis de baixo ângulo. Com as rochas plutônicas brasilianas,os contatos são, nitidamente, discordantes e de caráter intrusivo.

Seus litotipos constituintes, foram englobados em dois conjuntos principais (SOUZA FILHO, *op.cit.*): o primeiro, mais abrangente, ocupando mais de 90% da área de exposição da unidade, é formado por ortognaisses granodioríticos a graníticos, raramente tonalíticos (**Pogn**). Constituem um conjunto, praticamente indissociável, que congrega uma complexa associação de rochas gnáissicas migmatizadas, de alto grau metamórfico e caráter essencialmente ortoderivado. Predominam ortognaisses migmatizados, com estruturas variando desde estromáticas dobradas a pitgmáticas e nebulíticas. Composicionalmente, o domínio é de tipos granodioríticos a graníticos, localmente englobando restos de metamáficas/metaultramáficas. A porção leucossomática desses migmatitos apresenta-se bastante variável, tanto em composição quanto em freqüência, ora como níveis quartzo-feldspáticos, ora como venulações graníticas. A porção melanossomática é composta, principalmente, por hornblenda, biotita, piroxênio, plagioclásio e quartzo, mostrando formas irregulares e difusas.

O segundo conjunto litológico, pertencente às rochas metaplutônicas de idade pré-brasiliana, ocorre de forma mais restrita, na porção sul da Folha, representado por corpos tabulares de composição granítica (**Pggn**), tectonicamente associados com os litotipos supracrustais.



Fonte: SOUZA FILHO (2000), com modificações.

Figura III.1 - Mapa geológico simplificado.

As **Rochas Supracrustais** ocorrem, principalmente, nas porções centro-sul e noroeste da Folha Irauçuba. Constituem uma seqüência essencialmente paraderivada, correlacionável, com base nos seus litocomponentes, ao Complexo Ceará (CRANDALL, 1910, *in* BRAGA, 1977), de provável idade paleoproterozóica. Destacam-se duas associações litológicas principais: uma

essencialmente pelito-carbonática e a outra de caráter mais psamítico (SOUZA FILHO, *op.cit.*). A primeira é formada por biotita gnaisses diversos, com granada e sillimanita (**Pbgn**), horizontes descontínuos de hornblenda-biotita gnaisses (**Phgn**), intercalações de metacalcários (**Pcc**), rochas calcissilicáticas (**Pcgn**) e migmatitos com paleossoma gnáissico paraderivado (**Pmig**).

Os biotita gnaisses diversos (Pbgn), constituem os litotipos predominantes. Exibem coloração cinza, granulação fina a média e bandamento gnáissico, acentuado pela alternância de finos leitos quartzo-feldspáticos e micáceos. Localmente, podem se apresentar mais enriquecidos em hornblenda, exibindo uma coloração cinza esverdeada (Phgn), constituindo corpos lenticulares descontínuos. Os calcários cristalinos (Pcc) ocorrem, geralmente, sob a forma de lentes intercaladas nos biotita gnaisses descritos anteriormente. Apresentam coloração esbranquiçada, foliação acentuada, boa cristalização, granulação média e textura sacaroidal. As rochas calcissilicáticas (Pcgn), normalmente, encontram-se associadas aos horizontes carbonáticos, constituindo níveis mais impuros. Exibem coloração esverdeada, granulação fina a média, estrutura ligeiramente gnáissica, com bandamento acentuado pela alternância de leitos esbranquiçados formados por quartzo e feldspato, e leitos cinza esverdeados constituídos por tremolita, hornblenda, diopsídio e epidoto.

A associação de caráter mais psamítico, caracteriza-se por variações gradacionais entre muscovita-biotita xistos, com sillimanita e granada (**Pxt**) e muscovita quartzitos, com sillimanita (**Pqt**). Ocorre ao longo de uma faixa, relativamente contínua, intercalada nos litotipos da associação anteriormente descrita, nas porções sudeste e centro-sul da Folha Irauçuba. Os micaxistos (Pxt), principais constituintes desta seqüência, apresentam coloração cinza, com xistosidade bem desenvolvida e granulação média a grossa. Sua paragênese mineral, quartzo-biotita-granada-sillimanita, sugere condições metamórficas da fácies anfibolito de médio a alto grau. Os quartzitos (Pqt) são responsáveis pela preservação de importantes alinhamentos de cristas, que se destacam no relevo aplainado, notadamente nas porções sudeste e centro-sul da área. São rochas de coloração amarelada a ligeiramente rósea, bem foliadas, de granulação fina a média, formadas por quartzo e muscovita, podendo conter, ainda, sillimanita e turmalina.

As **Rochas Plutônicas Brasilianas** são representantes do importante magmatismo neoproterozóico, que desempenhou papel de destaque na evolução geológica regional. SOUZA FILHO (*op.cit.*), classificou os corpos plutônicos com base nas suas relações com a principal fase deformacional registrada na região, considerada de idade neoproterozóica (Evento Brasiliano). Assim, foram identificados dois agrupamentos: granitóides cedo a sin-tectônicos e granitóides tardi a pós-tectônicos.

O primeiro agrupamento, foi subdividido em três tipos principais: granodioritos e granitos porfiríticos (**Ngrd**), ocasionalmente gnaissificados (**Ngdgn**) e granitos róseos a duas micas (**Ngra**). Os granodioritos e granitos porfiríticos (Ngrd) constituem os principais representantes desse magmatismo brasiliano e ocupam boa parte das porções nordeste e centro-leste da Folha

Irauçuba, ocorrendo em toda a região da serra de Uruburetama. São rochas de coloração cinza, com tons esverdeados, textura porfiróide, onde se destacam pórfiros de k-feldspato e plagioclásio de dimensões variadas. Podem exibir, principalmente nas bordas dos corpos maiores, deformação milonítica, onde os cristais de feldspato mostram-se bastante estirados, às vezes com formas sigmoidais, chegando mesmo a desenvolver uma certa foliação na rocha, sendo, então, diferenciadas pela sigla Ngdgn. Os quartzodioritos e granitos róseos (Ngra) ocorrem como corpos menores e isolados, principalmente no quadrante sudoeste da Folha. Exibem coloração variando de cinza a rósea, granulação grossa a porfiróide, orientação incipiente, formados, basicamente, por feldspatos (plagioclásio e k-feldspato), quartzo, biotita e anfibólio.

Os granitóides tardi a pós-tectônicos (**Ngr**) têm pouca representatividade na área e ocorrem intrusivos nas rochas supracrustais. Exibem textura mais ou menos equigranular, granulação média a grossa, coloração cinza clara a rósea e não apresentam deformação, embora, localmente, possam mostrar uma certa orientação preferencial dos seus constituintes minerais.

As aluviões (**Qal**) constituem as únicas coberturas cenozóicas mapeadas na área. Ocorrem em estreitas faixas, bordejando as principais calhas fluviais. Compreendem depósitos inconsolidados, formados por areias, cascalhos, siltes e argilas que, embora de pequena monta, desempenham importante função como acumuladores de água subterrânea. No mapa geológico, foram individualizadas somente duas faixas de coberturas aluvionares – ao longo dos rios Caxitoré e Aracatiaçu.

III.2 - Geomorfologia

A compartimentação do relevo da área é representada, basicamente, pelas seguintes unidades geomorfológicas: Depressão Sertaneja, Maciços Residuais, Cristas e *Inselbergs*, Áreas de Acumulação Inundáveis, Planícies Fluviais e Planícies Alveolares (Figura III.2). Como citado na descrição da metodologia, considerou-se a compartimentação geomorfológica como critério fundamental na elaboração do zoneamento geoambiental, tendo em vista que as unidades de relevo e as feições do modelado são mais precisamente identificadas, delimitadas e interpretadas. Outro aspecto importante da geomorfologia, a ser considerado na análise geoambiental, são os índices morfométricos, principalmente a declividade do terreno.

III.2.1 – Unidades Geomorfológicas

A **Depressão Sertaneja** é a unidade de maior dimensão espacial, posicionada em níveis altimétricos inferiores a 200 metros. Corresponde a uma superfície de aplainamento, desenvolvida sobre as rochas do embasamento cristalino, onde o trabalho erosivo truncou indistintamente variados litotipos. A morfologia da Depressão Sertaneja é representada por extensas rampas

pedimentadas que se iniciam na base dos relevos residuais e se inclinam suavemente em direção aos fundos de vales. Predominam topografias planas ou levemente onduladas, classificadas como **superfícies de pedimentação conservadas e dissecadas**, respectivamente.

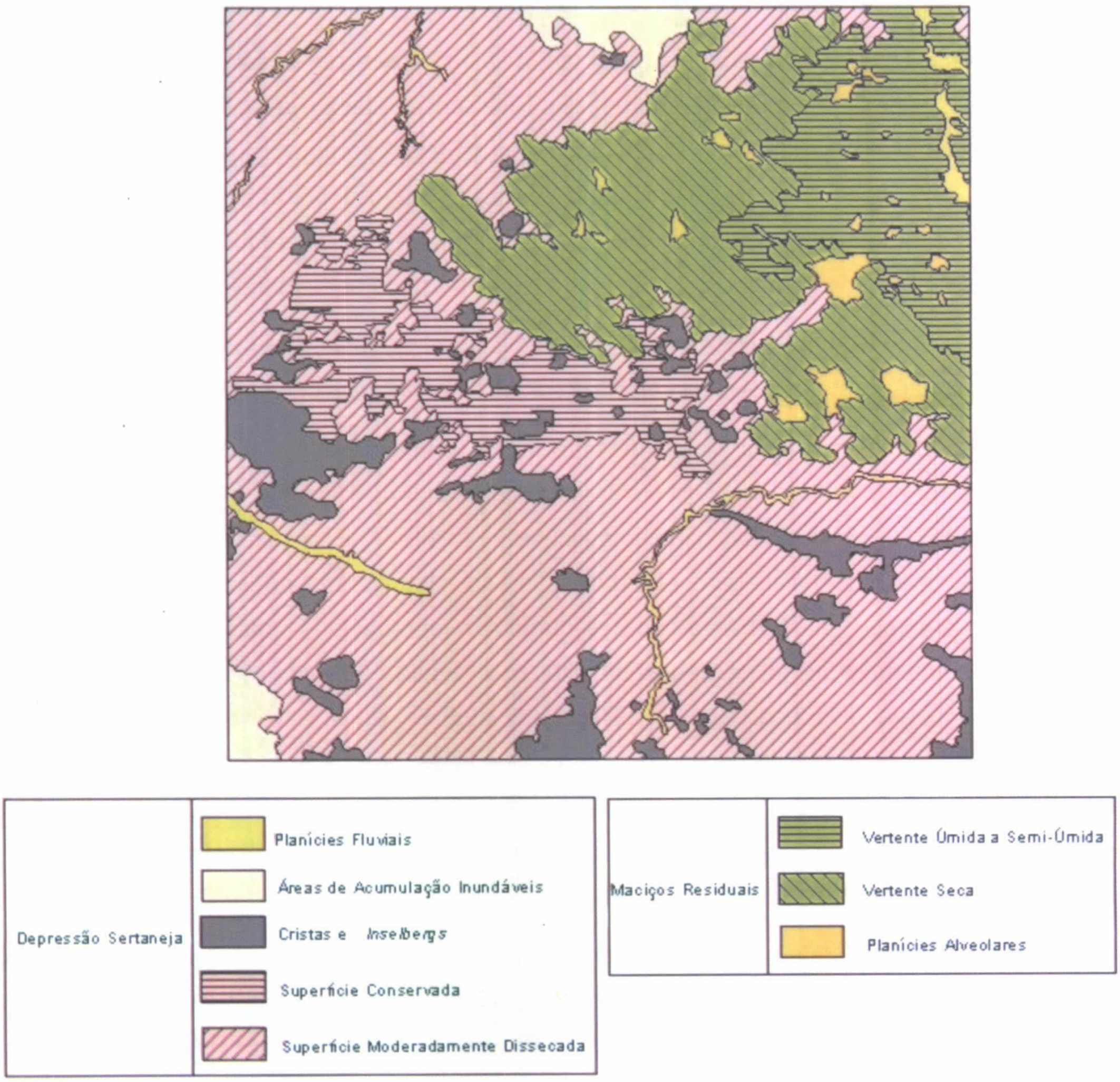


Figura III.2 - Compartimentação do relevo.

Segundo SOUZA (1994), a extensão das depressões sertanejas, verdadeira superfície de piso regional, sugere que prolongados períodos de resistasia perduraram durante grande parte do Cenozóico Superior. A extensão desta superfície ocorreu às custas do desmantelamento de uma superfície, que se acha presentemente dissecada e em nível imediatamente abaixo do topo das superfícies de cimeira das chapadas e dos planaltos residuais cristalinos de maiores altitudes. Este fato, de acordo com o autor, sugere que é possível a observação de, pelo menos, dois eventos propícios ao desenvolvimento da pediplanação: o primeiro, a partir do final do Plioceno, é referido, na caracterização geomorfológica do Ceará, como responsável pelo desenvolvimento de setores de pedimentos dissecados em forma de colinas rasas, denominado de Superfície

Sertaneja Velha. O segundo evento, referido ao Meso a Neo-Pleistoceno, compreende o desenvolvimento de pedimentos conservados (topografia plana), gerados pelo desmonte da superfície anterior e cuja coalescência possibilitou a elaboração da Superfície Sertaneja Nova, em processo de dissecação pela rede de drenagem atual.

Em meio à Depressão Sertaneja, formaram-se as **Áreas de Acumulação Inundáveis**, compreendendo porções deprimidas do terreno que possibilitam, na estação chuvosa, em decorrência da impermeabilidade de seus solos, a acumulação de uma delgada lâmina de água em superfície e o desenvolvimento de um tapete herbáceo composto por gramíneas. Esta unidade encontra-se cartografada em duas áreas (nos extremos norte e sudoeste da Folha), porém ocorre de forma freqüente em áreas menores, não mapeáveis na escala do trabalho.

As **Planícies Fluviais** ocorrem de forma dispersa na superfície aplainada, formando depósitos aluvionares estreitos que bordejam as calhas dos principais cursos d'água.

A monotonia das formas planas e suavemente onduladas da Depressão Sertaneja, é interrompida pela forte ruptura de declive com as serras e morros residuais, que são constituídos, dominantemente, por rochas granítico-migmatíticas e quartzíticas. Esses relevos foram formados a partir da erosão diferencial, que rebaixou as áreas circundantes de constituição litológica (gnáissica) menos resistente. Os **Maciços Residuais** são representados, na Folha Irauçuba, pela Serra de Uruburetama, que constitui um batólito, com quase 1000 Km^2 de área, formado por rochas graníticas/granodioríticas. Sua amplitude altimétrica é significativa, com cotas máximas atingindo 1000 metros. Mostra-se intensamente dissecada em colinas e cristas, com vales superimpostos, em forma de V, segundo uma disposição paralela e orientada a NW-SE. Em alguns locais, esses vales se alargam e possibilitam a formação de **Planícies Alveolares**, constituídas por sedimentos colúvio-aluvionares.

A Serra de Uruburetama foi sub-compartimentada em duas unidades: **Vertente Úmida a Sub-Úmida** e **Vertente Seca.** As porções da serra voltadas para o litoral (barlavento), apresentam condições de umidade elevadas, favorecendo o desenvolvimento de solos mais profundos e, conseqüentemente, uma vegetação mais densa e de maior porte. Nos setores a sotavento, as condições climáticas são mais agressivas (secas), sendo o intemperismo físico o principal agente modelador da paisagem. Nessas vertentes, predominam os solos rasos, com freqüentes afloramentos rochosos, condicionando a presença de uma vegetação mais seca e menos densa.

Outros relevos residuais, de menor altitude, são as **Cristas e *Inselbergs***, que se formam nos setores de maior resistência litológica e se destacam no contexto aplainado das superfícies de pedimentação. Distribuem-se, principalmente, na porção centro-sul da Folha Irauçuba. As cristas apresentam-se de forma alongada e estreita, quase sempre isoladas e sustentadas por quartzitos. As de maior expressão na área, são os serrotes Boqueirão, da Cruz, Santa Lúcia e Mandacaru. Os *inselbergs* apresentam uma forma de dissecação em topos mais convexos, constituindo

morros e pequenas serras isoladas ou agrupadas, formadas em litotipos graníticos e migmatíticos. Em ambas as feições, os solos mostram-se bastante rasos e revestidos por vegetação de caatinga ou por vegetação rupestre.

III.2.2 – Declividade

As cartas de declividade, quando associadas a outros elementos do meio físico, constituem importantes informações a serem utilizadas nos estudos ambientais. A declividade, ou gradiente do terreno, tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais, em energia cinética. Quanto maior a declividade, maior será o escoamento superficial (*runoff*), responsável pelos processos erosivos que esculpem as formas de relevo (morfogênese). Portanto, vulnerabilidade à erosão dos solos, movimentos de massa, assoreamentos, inundações, recarga de aqüíferos, aptidão agrícola, ocupação urbana, etc, são questões relacionadas direta ou indiretamente com a declividade.

A carta de declividade da área em estudo foi gerada por método digital, a partir do arquivo de curvas de nível da carta planialtimétrica da Follha SA.24-Y-D-V, escala 1:100.000, elaborada pela DSG. Primeiramente, esses dados foram tratados segundo os procedimentos requeridos para a geração de modelos digitais de terreno – MDT (Figura III.3), aplicando-se a triangulação de *Delaunay* e os principais cursos d'água como linhas de quebra. Este método possibilita uma melhor modelagem da superfície do terreno, pois considera feições morfológicas importantes como cristas e vales. A partir do MDT gerou-se a grade de declividade que, em seguida, foi fatiada segundo os intervalos 0-3%, 3-8%, 8-20%, 20-45% e >45% (Figura III.4). Estes intervalos caracterizam, segundo alguns autores, os relevos plano, suavemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso/escarpado, respectivamente.

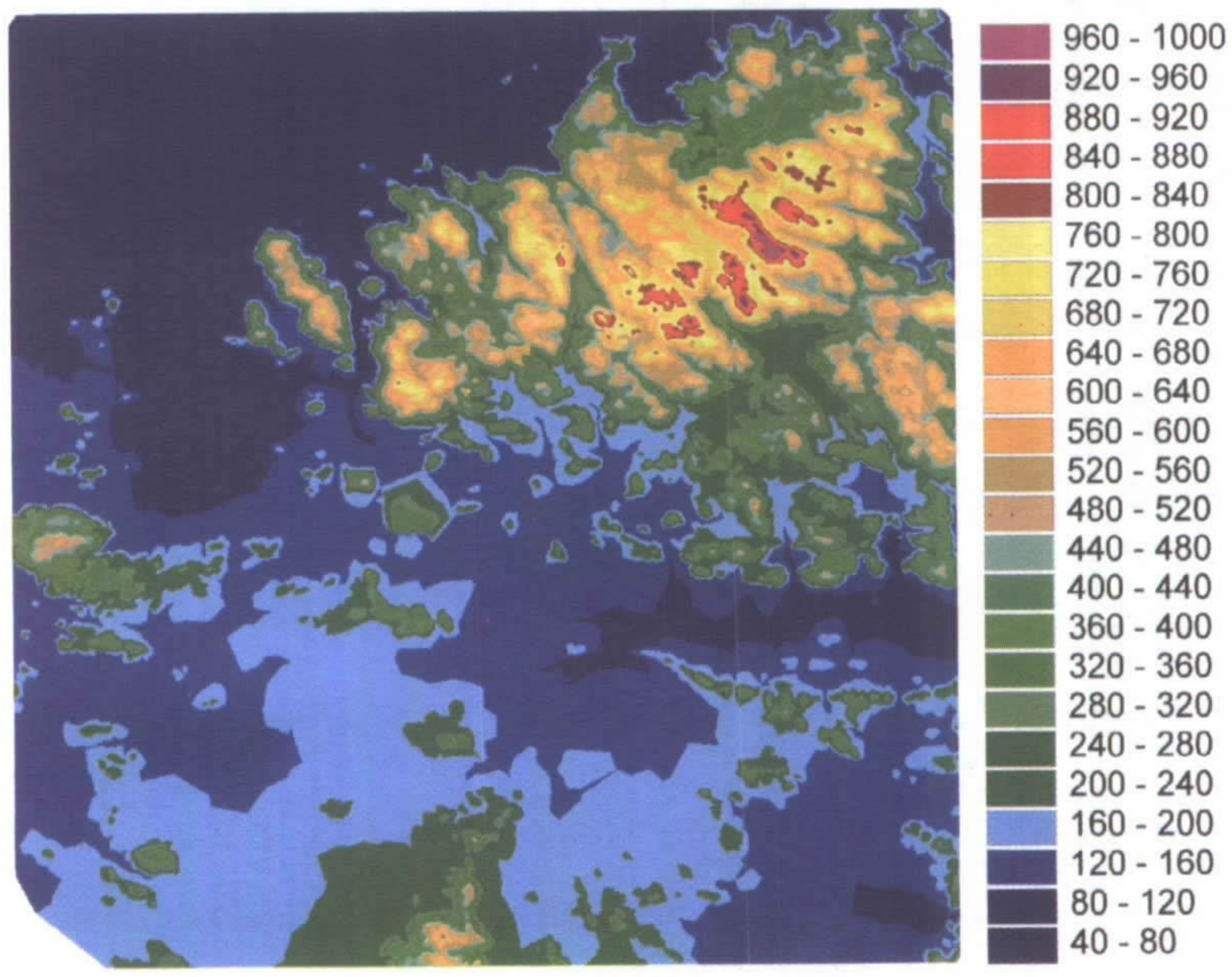


Figura III.3 – Modelo Digital de Terreno, classificado para intervalos fixos de altimetria.

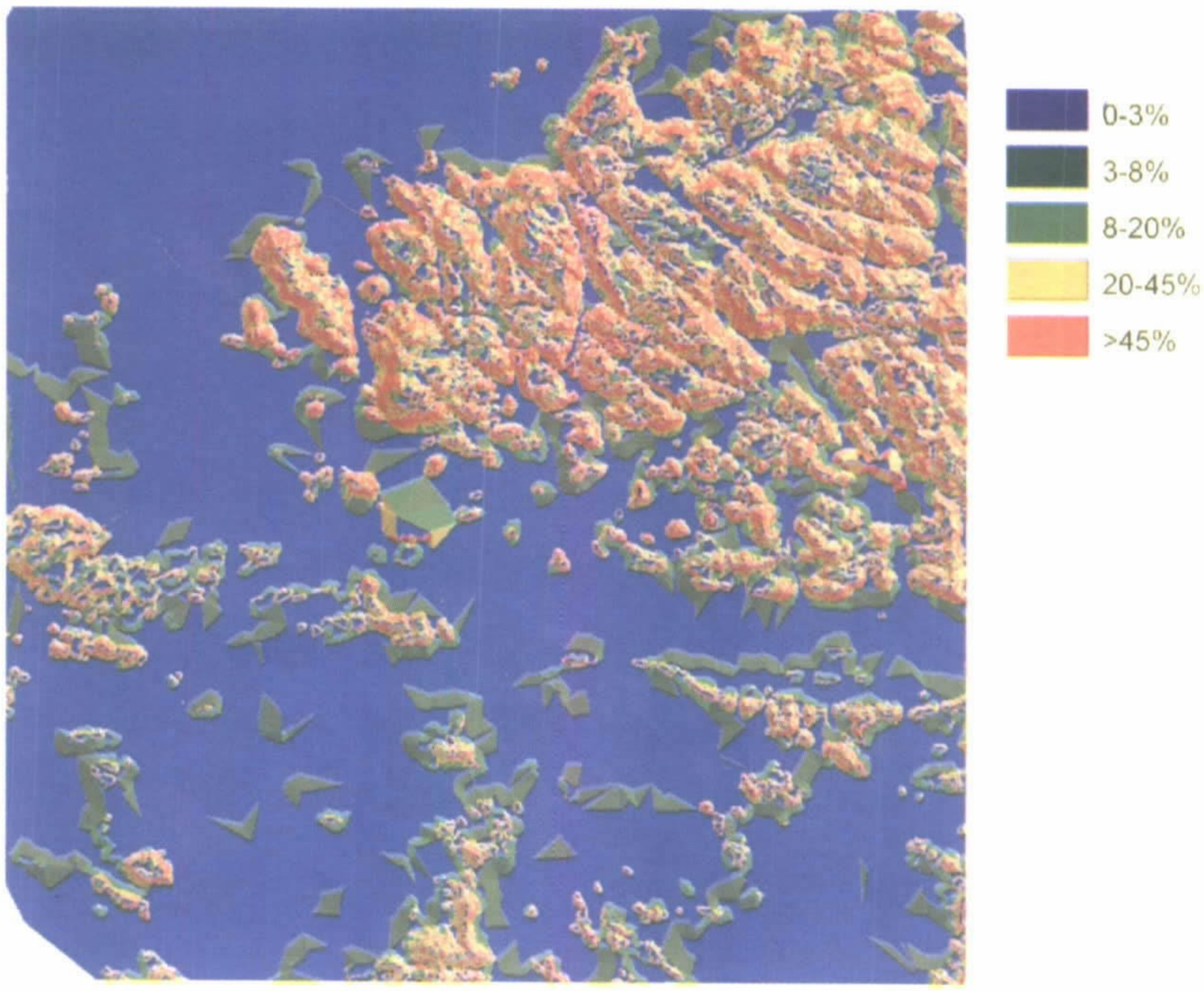


Figura III.4 - Carta de Declividade.

III.3 – Clima

A maior parte dos processos naturais é influenciada pelo clima. Relevo, solo, vegetação, recursos hídricos e, principalmente, a vida humana, são ajustados às condições atmosféricas e climáticas. O conhecimento do regime pluviométrico e suas implicações, oferece uma contribuição indispensável para regiões marcadas pela deficiência de recursos hídricos, como é o caso da área em estudo, contribuindo para a implementação de medidas que contemplem o binômio homem-meio ambiente.

As regiões semi-áridas, como os sertões do Nordeste brasileiro, são submetidas a condições anômalas com períodos prolongados de seca, em que as atividades socioeconômicas são profundamente modificadas, através da queda da produção, êxodo rural, crescimento da miséria etc. Como exemplo, pode-se citar áreas no interior do Ceará, como em parte da Folha Irauçuba, intensamente degradadas, em que o processo de desertificação já se encontra instalado. Estes casos são produzidos pelas características agressivas do clima semi-árido que, associado a técnicas inadequadas de manejo do solo, ocasionam o abandono das áreas agricolas e o conseqüente aumento dos cinturões de pobreza nos centros urbanos.

III.3.1 – Condições Regionais

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

sistemas de menor escala atuam na região, como as linhas de instabilidade formadas ao longo da costa e as brisas marítima e terrestre que incidem com freqüência na zona litorânea (CEARÁ, 1992).

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

As condições climáticas regionais, resultantes da combinação desses sistemas, são expressas por: elevadas temperaturas, baixas amplitudes térmicas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e acentuada irregularidade das chuvas no tempo e no espaço.

A intensidade pluviométrica (definida pela razão entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso, em meses) é considerada como o principal índice, relacionado às chuvas, a ser considerado na avaliação da vulnerabilidade à erosão dos solos (CREPANI *et al*, 2000). A maior importância da intensidade pluviométrica, pode ser constatada quando se observa que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição regular ao longo de todo período, tem poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida, que ocorre de forma concentrada num período determinado do ano. Esta é uma característica das regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro, onde também a cobertura vegetal é incapaz de atenuar os efeitos erosivos das chuvas torrenciais.

III.3.2 – Condições Locais

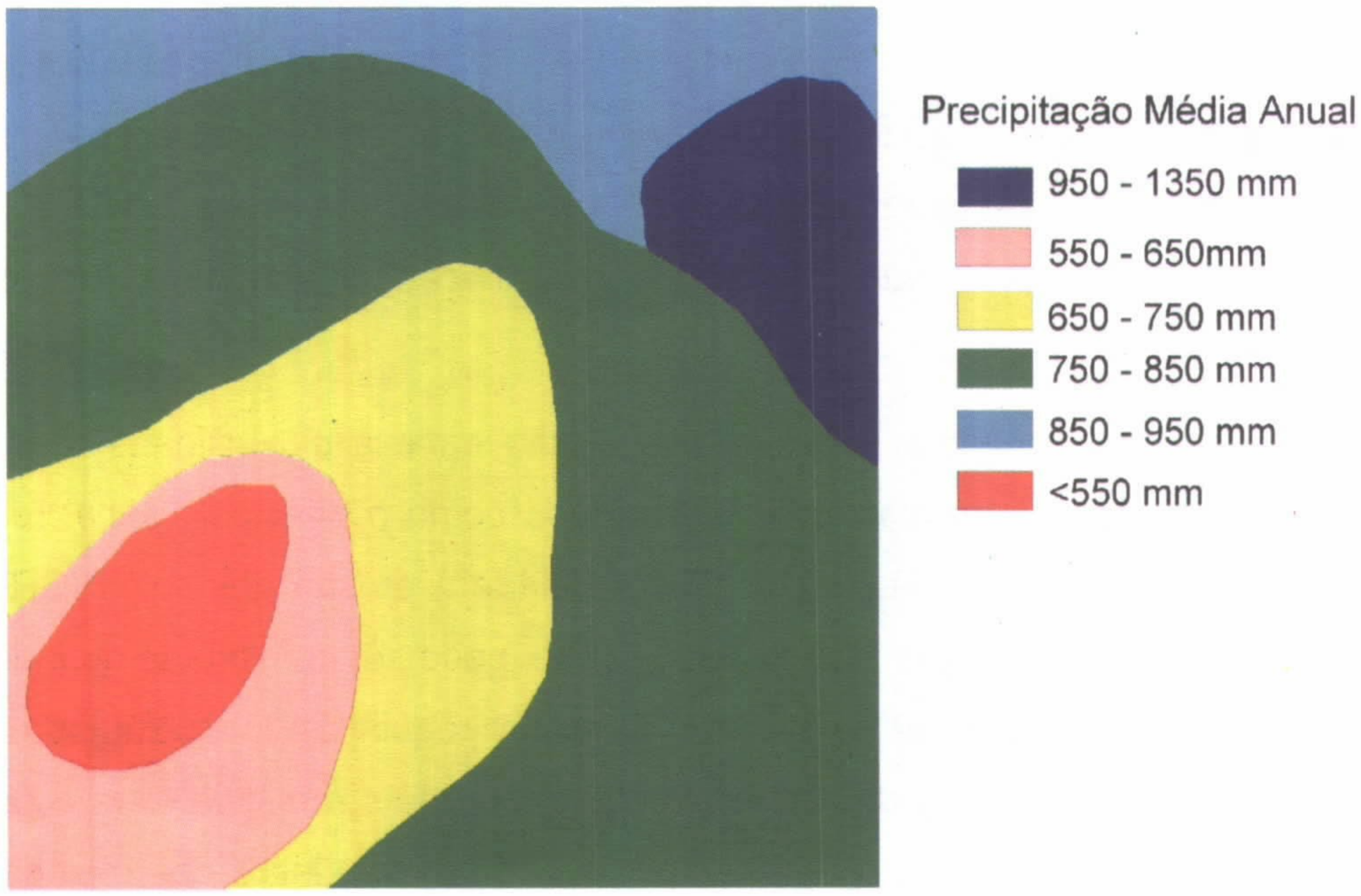
Na área da Folha Irauçuba, o clima é razoavelmente homogêneo, estando as pequenas variações diretamente ligadas ao regime pluviométrico. Com base nos índices de precipitação média anual, pode-se esboçar a seguinte distribuição das chuvas (Figura III.5):

- Climas localizados, definidos em áreas de altitudes elevadas (vertente úmida de barlavento da serra de Uruburetama), onde a incidência de chuvas orográficas determina um aumento significativo da pluviometria média anual, situando-se numa faixa da ordem de 950-1350 mm. Esses setores caracterizam-se também, pela ocorrência de temperaturas mais amenas.

- Uma estreita faixa na porção norte da área, caracterizada por uma maior proximidade com a zona litorânea, em que os índices de precipitação média anual situam-se no intervalo de 850-950 mm;

- Todo o restante da Folha Irauçuba, compreendendo a zona de sombra (sotavento) da serra de Uruburetama, caracterizada por um clima semi-árido, com precipitações anuais geralmente inferiores a 850 mm e deficiência hídrica elevada durante, pelo menos, nove meses do

ano. Vale, ainda, ressaltar a ocorrência de zonas de transição entre os índices pluviométricos, com uma zona predominante situada no patamar de 750-850 mm, gradando para condições mais secas até atingir valores inferiores a 550 mm anuais, na porção sudoeste da área. De um modo geral, condições de semi-aridez mais expressivas são denotadas através da presença de caatinga arbustiva e da agricultura praticada temporariamente, apenas nas vazantes dos rios (planícies aluviais).



Fonte: BEZERRA *et al* (1997), com modificações.

Figura III.5 - Distribuição das precipitações.

O regime pluviométrico é bastante variável, podendo ocorrer anos de chuvas excessivas e de precipitações escassas, com freqüentes períodos de estiagem prolongada. No decorrer do ano a distribuição também é muito irregular. Normalmente cerca de 90% das precipitações ocorrem no primeiro semestre, sendo os meses de março a maio, os mais chuvosos, concentrando aproximadamente dois terços do total. Os meses mais secos correspondem ao período de setembro a novembro.

A temperatura média anual na área em estudo, com exceção do microclima serrano, é de 28° C, enquanto a média das máximas fica em torno de 33 a 34° C. A média anual, na zona de clima serrano, torna-se mais amena e decai para 25° C, atingindo valores em torno de 22° C.

Outras características predominantes no panorama climático da área, com exceção dos setores topograficamente mais elevados, são: baixos índices de nebulosidade e forte insolação que, juntamente com os outros parâmetros comentados (baixos índices de precipitação e temperaturas elevadas), provocam altas taxas de evaporação, com perdas hídricas consideráveis que comprometem a capacidade de armazenamento d'água dos reservatórios em superfície. O trimestre mais úmido (março a maio) é o de menor índice de evaporação, correspondendo, em média, a 15% da evaporação anual. Por outro lado, o período de setembro a novembro concentra

quase um terço do total. A taxa média de evaporação situa-se em torno de 2.800 mm anuais. Quando ocorrem anos muito secos, os índices de evaporação são ainda mais elevados, podendo superar 3.300 mm (CEARÁ, 1992). Nesses casos, acontece uma acentuada redução na diferença entre as taxas do primeiro e do segundo semestres.

A disponibilidade de água no solo é essencial para a demanda das plantas e, conseqüentemente, para a utilização agrícola do solo. O balanço hídrico consiste do confronto entre as necessidades das plantas e a quantidade de chuvas que ocorre numa determinada região. Em outras palavras, representa a contabilidade da entrada e saída de água no solo. O balanço hídrico consiste dos seguintes fatores (BEZERRA,1997):

- Precipitação (P): quantidade de água adicionada ao solo por processos naturais (chuvas) ou artificiais (irrigação);
- Evapotranspiração potencial (EP): quantidade anual de água, teoricamente necessária para a manutenção da planta verde;
- Evapotranspiração real (ER): quantidade de água que retorna à atmosfera por transpiração vegetal;
- Excesso hídrico: quantidade de água precipitada, não absorvida pelo solo e não evapotranspirada, incorporando-se à rede de drenagem superficial e/ou subterrânea;
- Deficiência hídrica: quantidade de água que falta ao pleno desenvolvimento e crescimento da planta.

Segundo RIBEIRO & GONÇALVES (1981) e BEZERRA (*op. cit.*), quando a razão P/EP é maior que um, significa que existe um potencial hídrico disponível às plantas, ao escoamento superficial e à recarga dos aquíferos. Esses valores são encontrados nas serras úmidas e sub-úmidas (maciços residuais) do Ceará, incluindo a vertente de barlavento da serra de Uruburetama, enquanto valores menores que um são freqüentes no sertão, principalmente a sotavento das citadas elevações. Obviamente, o período de maior excedente hídrico é concomitante à estação chuvosa, enquanto que a deficiência hídrica acentua-se nos meses de estiagem, ou seja, no segundo semestre, com ênfase nos meses de setembro a novembro.

III.4 – Recursos Hídricos

Na área estudada, onde a demanda de água supera em muito a oferta, o abastecimento à população agrava-se durante os períodos de seca, quando a falta de precipitação provoca uma drástica diminuição na capacidade de armazenamento dos reservatórios superficiais existentes. Para aumentar a oferta hídrica, principalmente nos períodos críticos de estiagem, a captação das águas subterrâneas torna-se uma alternativa estratégica, apesar da reduzida vocação

hidrogeológica da área – totalmente inserida em terrenos cristalinos. Construções de açudes e adutoras, pesquisas para melhorar o conhecimento dos parâmetros hidrogeológicos, que controlam a acumulação de água subterrânea nos terrenos cristalinos do semi-árido, bem como o bom gerenciamento das fontes de abastecimento existentes, são investimentos que se fazem necessários para amenizar os graves problemas sociais e econômicos, decorrentes da escassez de recursos hídricos na região.

III.4.1 – Águas Superficiais

A área é drenada pelas sub-bacias hidrográficas dos rios Aracatiaçu, Caxitoré e Tejuçuoca. A primeira pertence à bacia do Litoral, enquanto as outras duas integram a bacia do rio Curu. A rede hidrográfica reflete diretamente as condições climáticas da região. Em sua totalidade, apresenta um caráter intermitente, sujeito ao sazonalismo climático, ou seja, durante o período de estiagem os cursos d'àgua são praticamente interrompidos e os leitos dos rios e riachos secam por completo. O padrão de drenagem dominante varia de dendrítico a subdendrítico, em alguns locais mostrando-se fortemente controlado por fatores estruturais, notadamente nas porções central e nordeste da área (serra de Uruburetama), onde é evidente o efeito do fraturamento de direção NW-SE controlando a drenagem.

O rio Aracatiaçu tem suas nascentes nas proximidades das serras de Santa Luzia e Tamanduá, a sul da área trabalhada, possuindo uma extensão total de cerca de 180 km. Adentra na Folha Irauçuba, em sua porção sudoeste, com um curso orientado a sudeste-noroeste, até o açude Aracatiaçu, a partir de onde sai dos limites da área, voltando a adentrá-la no seu extremo noroeste, percorrendo um pequeno trecho, após sofrer uma inflexão para nordeste em seu curso. Seus principais afluentes, pela margem direita, são os rios Missi, Riachão, Gabriel, Juá e Garrote. Pela margem esquerda não apresenta afluentes relevantes, dentro da área.

O rio Caxitoré, como o Aracatiaçu, também nasce na serra de Santa Luzia. Exibe um curso de traçado meandrante, com direção geral norte-sul, na porção meridional da Folha, e em seguida inflete para leste, em função de condicionamentos lito-estruturais. Seus principais afluentes, pela margem esquerda, são os rios Itapagé, Livramento e Mandacarú, bem como os riachos São Joaquim, do Oratório, da Cachoeirinha e da Consulta. Pela margem direita, destacam-se os riachos do Sangue, Trapiá, Salgadinho e Patrona.

A sub-bacia do Tejuçuoca, a menor das três, insere-se quase que totalmente nos limites da Folha Irauçuba, drenando uma reduzida área na sua porção sudeste. O rio Tejuçuoca tem suas nascentes na serra Catarina, a sul da Folha. Seus principais afluentes, pela margem esquerda, são os riachos Barbada, do Poldrinho, Niquim e do Paulo. Pela margem direita, apenas o riacho Fechado possui algum destaque como afluente.

Dentre os inúmeros açudes, públicos e particulares, construídos na área, os principais são: Jerimum (no rio Caxitoré), São Pedro da Timbaúba (no rio Aracatiaçu) e Tejuçuoca (no rio homônimo), com capacidades de armazenamento de 20, 19 e 28 milhões de m^3, respectivamente.

III.4.2 – Águas Subterrâneas

Cerca de 95% da área é constituída de rochas ígneas e metamórficas, genericamente denominadas de cristalinas, onde a percolação e o armazenamento de água subterrânea estão condicionados à presença de sistemas de fraturas que, quando interconectadas, favorecem sua ocorrência. Deve-se considerar, também, outros fatores que podem contribuir para o potencial hidrogeológico desses terrenos, como as taxas pluviométricas, a existência de solos mais espessos, presença de uma cobertura vegetal densa, relevo favorável e padrões de uso e ocupação do solo. Verifica-se, então, que a área em tela, bem como grande parte da região do Polígono das Secas (que tem cerca de 70% do seu subssolo constituído por rochas cristalinas), apresenta um panorama hidrogeológico pouco favorável, tanto no que diz respeito à quantidade, quanto à qualidade das águas subterrâneas.

Nesse cenário, os depósitos aluvionares (que ocupam apenas cerca de 5% da área), assumem grande importância no contexto hídrico da região. Esta importância cresce, quando se verifica que é ao longo dos vales que ocorrem as maiores densidades demográficas, aumentando a demanda por água. Nas aluviões, os elevados índices de permeabilidade dos sedimentos arenosos permitem, freqüentemente, a obtenção de vazões expressivas através de captações rasas e de baixo custo, quando adequadamente construidas, servindo para o abastecimento de pequenas comunidades e pequenos projetos de irrigação.

Com o objetivo de incorporar novas abordagens ao conhecimento acumulado ao longo de décadas de estudos de hidrogeologia em rochas cristalinas, a CPRM – Serviço Geológico do Brasil está executando o projeto institucional "Otimização de Metodologias para Prospecção de Águas Subterrâneas em Rochas Cristalinas", visando estabelecer modelos de ocorrência de água subterrânea, estudar os mecanismos de salinização e, ao mesmo tempo, otimizar as metodologias de prospecção em meios fraturados.. Está sendo desenvolvido em três áreas-piloto, localizadas nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. No Ceará, a área selecionada foi a da Folha Irauçuba. Firmou-se um convênio de cooperação técnica entre Brasil e Canadá, que tem como objetivo básico a transferência de tecnologia canadense para auxiliar na execução dos trabalhos, uma vez que esse país possui excelência em algumas técnicas de prospecção de água subterrânea no cristalino, muitas delas ainda não disponíveis no Brasil. Através desses estudos espera-se, apesar da baixa vocação hidrogeológica da área, desenvolver metodologias de prospecção que aumentem os índices de sucesso dos poços perfurados e permitam ampliar a oferta de água.

VERÍSSIMO & FEITOSA (2002), realizaram um cadastramento dos poços tubulares existentes na Folha Irauçuba. Com base nos dados disponíveis, foram feitas análises estatísticas objetivando verificar a forma de distribuição de alguns parâmetros (profundidade, nível estático, vazão e capacidade específica) e a existência de correlações entre eles (Tabela III.1).

	Profundidade	**NE**	**ND**	**s**	**Q**	**Q/s**
	(m)				**(m^3/h)**	**[(m^3/h)/m]**
Média	60,30	7,21	34,53	28,16	2,50	0,291
Mediana	60,00	5,30	36,50	29,40	1,30	0,062
Desvio padrão	13,15	5,44	17,74	16,16	2,95	0,357
Máximo	100,00	26,00	87,00	84,70	15,00	1,486
Mínimo	7,00	1,18	6,00	3,70	0,10	0,002
No. de poços.	175	113	44	41	101	39

Prof. = Profundidade, NE = Nível estático, ND = Nível dinâmico, S = Rebaixamento,
Q = vazão, Q/S = capacidade específica.

Tabela III.1 - Parâmetros estatísticos dos poços da área de estudo

Com relação ao parâmetro vazão, observou-se uma variação entre 0,10 e 15,00 m^3/h, apresentando uma distribuição tipo lognormal e mediana de 1,30 m^3/h (Figura III.6). As vazões mais freqüentes ocorrem entre 0,10 e 4,00 m^3/h, identificando uma produtividade muito fraca (85,5% dos poços), seguindo os tipos fraca a média (10,5%) e elevada (4%).

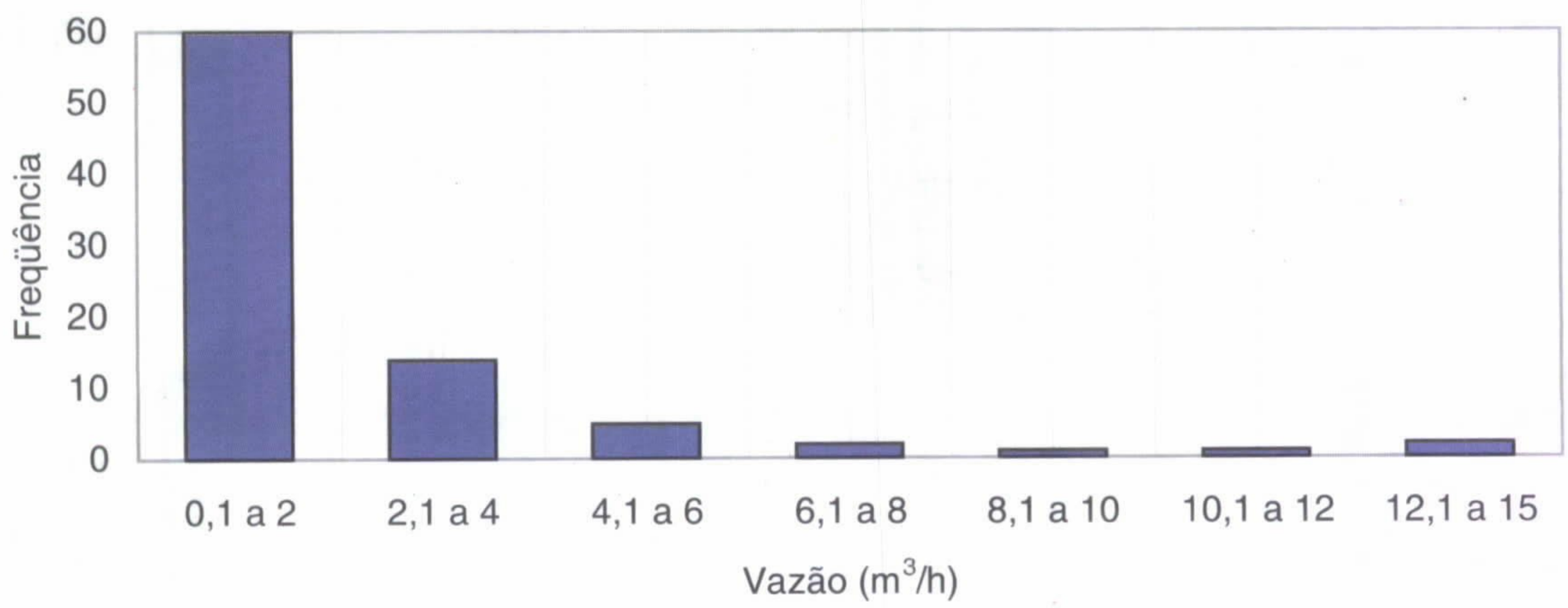


Figura III.6 - Histograma de freqüência da vazão dos poços.

A classificação química das águas dos poços tubulares, revelou um predomínio das águas cloretadas, que representam 88% das amostras analisadas. Nesta classe predominam as sódicas, seguidas pelas mistas e magnesianas, tendo uma concentração maior nos municípios de Irauçuba e Tejuçuoca. As águas bicarbonatadas representam 6%, com predominância do tipo sódica, seguido da mista. As águas mistas constituem 6%, com representatividade para o tipo mista.

Classe	Municípios							Nº de Amostras	Freqüência Relativa (%)
	Irauçuba	Itapagé	Tejuçuoca	Miraíma	Sobral	Itapi-poca	Urubu-retama		
Águas cloretadas								**45**	**88,0**
Sódica	14	03	07	05	-	-	-	29	(64,4)
Mista	09	01	04	-	-	-	-	14	(31,2)
Magnesiana	-	-	-	01	-	-	-	01	(2,2)
Cálcica	01	-	-	-	-	-	-	01	(2,2)
Águas bicarbonatadas								**03**	**6,0**
Sódica	-	-	01	-	-	-	01	02	(66,5)
Mista	01	-	-	-	-	-	-	01	(33,5)
Águas mistas								**03**	**6,0**
Mista	01	-	-	-	01	01	-	03	(100)
Total	**26**	**04**	**12**	**06**	**01**	**01**	**01**	**51**	**100**

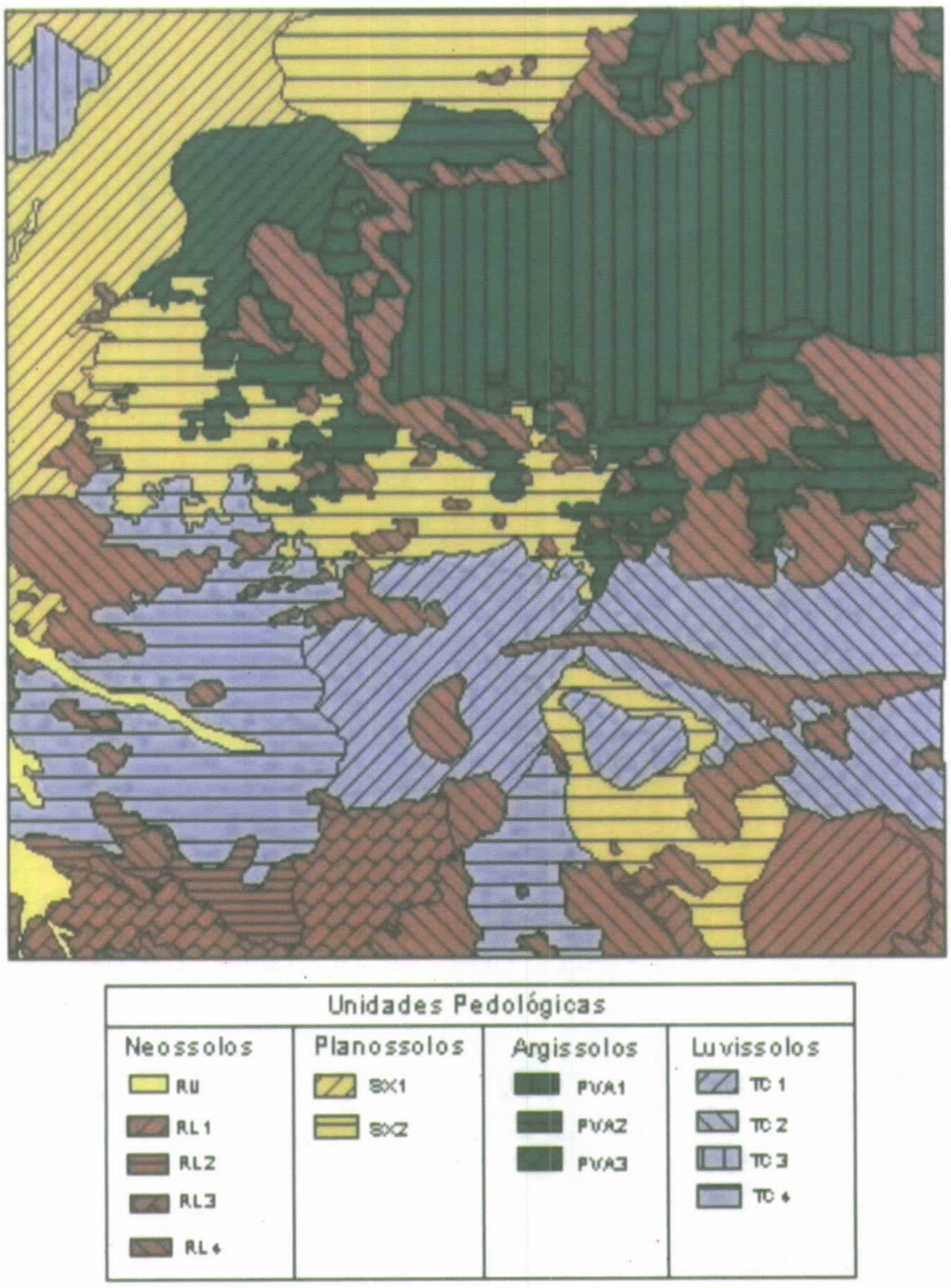
Tabela III.2 - Classificação iônica das águas dos poços tubulares

Quanto à qualidade das águas, no que diz respeito aos índices de STD – Sólidos Totais Dissolvidos, VERÍSSIMO & FEITOSA (*op.cit.*) verificaram que os valores oscilam entre 200 e 15.200 mg/L, com média de 3.361 mg/L. Cerca de 87% das águas têm STD acima do valor máximo permitido (1.000 mg/L - Ministério da Saúde, Portaria nº 1.469/00), não sendo indicada para consumo humano, porém utilizável sob circunstâncias especiais.

III.5 – Solos

Este tema foi tratado com base no Mapa de Solos do Ceará, em escala 1:600.000, do Zoneamento Agrícola do Estado do Ceará (1988), que foi adaptado, neste trabalho, ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA,1999). A exemplo de outros temas, procurou-se compatibilizar o mapa pré-existente com as imagens de satélite, ajustando melhor o traçado das unidades. Após uma rotina de edição vetorial/topológica, os polígonos criados foram associados com as classes temáticas, definidas no modelo de dados, que correspondem às unidades pedológicas (Figura III.7).

Na Folha Irauçuba ocorrem, basicamente, os seguintes tipos de solos: Luvissolos, Argissolos, Planossolos, Neossolos Litólicos e Neossolos Flúvicos, cujas principais características são apresentadas a seguir, segundo as informações extraídas de STANGE & NEVES FILHO (1981) e LEITE & MARQUES (1997), com algumas adaptações introduzidas. Devido ao caráter regional do levantamento, as unidades de solo mapeadas correspondem, freqüentemente, a associações de tipos de solo, com um máximo de três componentes. Os números acrescidos às letras, na legenda, indicam diferentes associações de tipos de solo dentro da mesma unidade. O nome da unidade corresponde ao do primeiro componente da associação, que é o solo dominante, ocupando a maior parte da área da unidade.



Fonte: CEARÁ (1988), com modificações.

Figura III.7 - Mapa de solos.

• **Luvissolos** (TC)

Ocupam extensas áreas de relevo plano a suavemente ondulado, nos domínios da depressão setaneja, onde predominam rochas gnáissico-migmatíticas. Normalmente encontram-se associados com neossolos litólicos. São rasos ou pouco profundos, moderadamente drenados, ácidos a praticamente neutros, com argila de atividade alta (Ta) e com grande quantidade de minerais primários no perfil. Caracterizam-se também pela freqüente presença de pavimentos detríticos em sua superfície. Na vertente oriental da serra de Uruburetama, são medianamente profundos, de textura média ou argilosa, com argila de atividade alta (Ta), moderadamente drenados, com fertilidade natural média a alta e ocorrem associados aos argissolos.

Apresentam horizonte A fraco, de textura arenosa ou média e coloração bruna (marrom), enquanto o horizonte B possui estrutura moderada a forte, textura argilosa a média e coloração avermelhada. Dentro deste grupo, há uma variedade - vértico - que contém teores mais elevados

em minerais de argila do grupo da montmorilonita, estrutura prismática e grau de consistência extremamente duro quando seco.

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

• **Argissolos** (PVA)

Distribuem-se em boa parte da área, ocupando terrenos de relevo principalmente montanhoso (serra da Uruburetama) e ondulado. São solos profundos a moderadamente profundos, raramente rasos, com textura variando de média a argilosa, geralmente bem drenados, porosos e com cores entre vermelho-amarelo, amarelo e vermelho. Dentro desta unidade ocorrem as variações cascalhento, abrúptico, plíntico e fase pedregosa.

Possuem seqüência de horizontes A, Bt e C. O horizonte A, frequentemente moderado, possui textura arenosa a franco-argilo-arenosa e tonalidade bruna a acinzentada. A transição para o horizonte B pode ser gradual ou abrupta, sendo este textural (argiloso), apresentando uma cerosidade variável, com argila de atividade baixa (Tb) e saturação de bases de média a alta (V>50%).

De um modo geral esses solos possuem de médio a alto potencial agrícola, dependendo da disponibilidade hídrica e das condições de relevo. Na porção úmida da serra de Uruburetama, são extensamente aproveitados para a bananicultura.

• **Planossolos** (SX)

Esses solos ocupam áreas consideráveis da Folha Irauçuba, normalmente relacionados ao relevo plano da superfície pediplanada (depressão sertaneja) e foram desenvolvidos sobre os litotipos da seqüência gnáissico-migmatítica. Freqüentemente estão associados a solos halomórficos (solonetz solodizado) e neossolos litólicos eutróficos. São relativamente rasos e de baixa permeabilidade, sofrendo encharcamento durante os períodos chuvosos e fendilhamento nas épocas secas. As cores dominantes variam de bruno-claro-acinzentado a bruno-escuro, mostrando também cores de redução devido à drenagem imperfeita.

O horizonte A é predominantemente fraco, podendo às vezes ser moderado e com textura arenosa, enquanto o horizonte B é textural, com argila de alta atividade e de estrutura moderada a forte.

Os fatores limitantes à utilização agrícola são: elevada saturação em sódio, falta de aeração, excesso de água nos períodos chuvosos e ressecamento nas estações secas.

• **Neossolos Litólicos** (RL)

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

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

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

• **Neossolos Flúvicos** (RU)

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

São medianamente profundos a muito profundos, de texturas variadas, moderada a imperfeitamente drenados e com pH entre moderadamente ácido a levemente alcalino. O horizonte A ou Ap é normalmente fraco a moderado, às vezes chernozênico, com textura de arenosa a argilosa e coloração bruno-acinzentada-escura e bruno muito escura. As camadas subjacentes exibem textura variável de arenosa a siltosa e cores brunadas (marrons), sendo mosqueadas nos solos argilosos de drenagem imperfeita.

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

O conhecimento dos solos constitui uma das principais bases nos programas de zoneamento e planejamento territorial. A partir desses estudos é que se torna possível a implementação de ações voltadas para projetos de aumento da produtividade agrícola, irrigação e desenvolvimento de técnicas de manejo/conservação do solo.

Na dinâmica ambiental, os solos constituem um produto direto do balanço entre morfogênese e pedogênese. No primeiro caso prevalecem os processos erosivos, favorecendo a formação de solos jovens e pouco desenvolvidos, com o horizonte A assentado diretamente sobre a rocha, isto é, sua característica principal é a pouca evolução dos perfis pedológicos. São classificados como instáveis, representados pelos neossolos ou solos litólicos. Por outro lado, nas condições de pedogênese prevalecem os processos formadores de solo. São gerados solos estáveis, bem desenvolvidos e com grande profundidade. Estes solos, considerados maduros, são representados pelos latossolos (que não ocorrem na área). Entre um extremo e outro existem as condições morfodinâmicas de equilíbrio, em que as taxas médias de erosão e de formação dos

solos (pedogênese) são aproximadamente equivalentes. Os solos do tipo argissolo são os representantes típicos destas condições. As demais classes são tipos transicionais que, dependendo de suas características físicas, podem tender para um lado ou outro desta escala de estabilidade.

O manejo ideal dos solos é aquele em que seu uso possa ser sustentado indefinidamente, com a taxa média de perda superficial por erosão não excedendo a taxa média de formação ou renovação superficial pelos agentes de intemperização.

III.6 – Cobertura Vegetal e Uso do Solo

Os procedimentos metodológicos para a elaboração deste tema foram descritos no Capítulo II.2.2, tendo em vista que sua execução foi fundamentada, dominantemente, em técnicas de processamento digital de imagens de satélite (segmentação e classificação, NDVI, principais componentes, etc). O resultado da classificação das imagens foi, então, compatibilizado com a legenda do Mapa de Vegetação Nativa Lenhosa do Estado do Ceará - Folha Irauçuba, em escala 1:100.000, executado pelo Projeto PNUD/FAO/IBAMA/FUNCEME. Realizou-se, também, uma etapa de campo para a verificação dos resultados, gerando-se, assim, o mapa de cobertura vegetal/uso do solo (Figura III.8).

A cobertura vegetal participa da avaliação da vulnerabilidade à erosão, pela capacidade que ela exerce na proteção da camada de solo, evitando que seja removida pelos processos de erosão hídrica (escoamento superficial). Impede a compactação dos solos, pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais, aumentando a porosidade e permeabilidade dos solos. Por outro lado, as atividades antrópicas refletem-se no grau de degradação da vegetação original, causando o aparecimento de coberturas secundárias – com menor contribuição para a infiltração de água (como as pastagens, por exemplo), até áreas completamente impermeabilizadas, como os núcleos urbanos.

À semelhança do que ocorre em toda a zona semi-árida do nordeste brasileiro, a vegetação predominante, na maior parte da área investigada, é representada pela **Caatinga**. Associa-se aos domínios dos terrenos cristalinos da depressão sertaneja, onde a deficiência hídrica é a característica mais marcante, juntamente com solos de pouca profundidade, freqüentemente revestidos por pavimentos detríticos (seixos). Constitui a vegetação típica dos sertões, ostentando padrões fisionômicos e florísticos heterogêneos, incluindo faixas de transição para outras unidades fito-ecológicas. Apresenta espécies arbóreas e arbustivas, podendo ser densa ou aberta, refletindo as relações mútuas entre os componentes do meio físico, tais como: relevo, tipo de rocha, tipo de solo e grau de umidade. A vegetação, em seu conjunto, perde totalmente as folhas durante a estação seca, deixando à mostra os troncos espinhentos e emaranhados. A folhagem é recuperada rapidamente às primeiras chuvas. As espécies mais

representativas são: jurema (*Mimosa hostile*), catingueira (*Caesalpina bracteosa*), angico (*Anadenanthera* macrocarpa), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) e mandacaru (*Cereus jamacaru*).

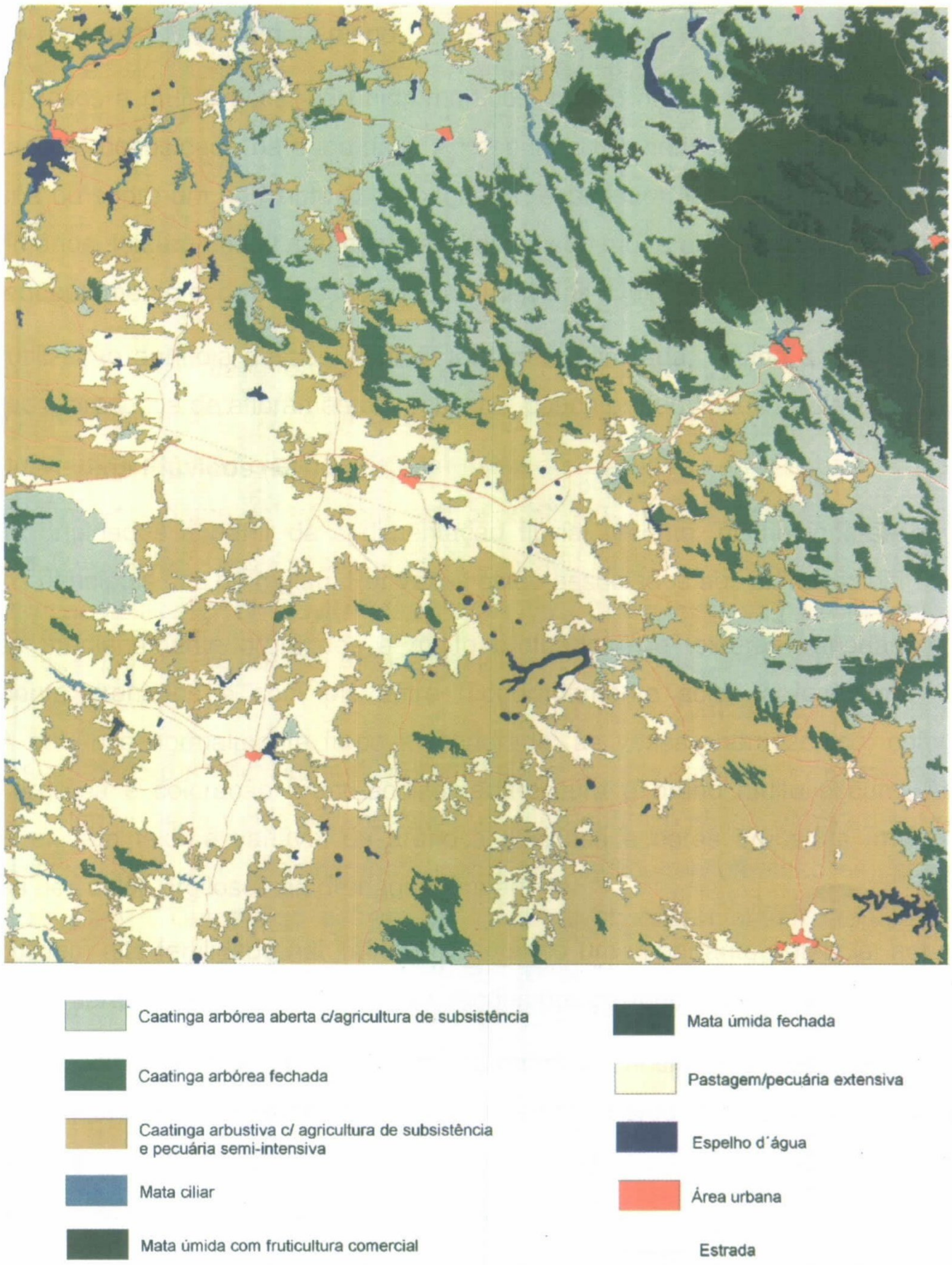


Figura III.8 - Carta de cobertura vegetal e uso do solo.

A caatinga encontra-se bastante descaracterizada, tanto pela interferência antrópica, através da agricultura (dominantemente de subsistência), da pecuária (principalmente a caprinocultura) e da retirada de lenha e carvão, como pela incidência de períodos críticos de estiagem acentuada. Algumas áreas do município de Irauçuba encontram-se em níveis críticos de degradação, configurando evidentes processos de desertificação. A degradação da caatinga arbórea determina a maior expansão das espécies arbustivas, reduzindo a diversidade da flora e modificando o equilíbrio ecológico. Tendo em vista os fatores limitantes para a atividade agrícola

(clima, profundidade do solo, pedregosidade, deficiência hídrica e erosão), tem-se praticado nesses ambientes uma agricultura de rotação de terras, em que, após dois ou três anos, a área é abandonada, favorecendo o aparecimento de uma vegetação secundária (capoeira) que não oferece nenhuma proteção ao solo e não possui nenhum valor econômico.

Nos níveis mais elevados da serra de Uruburetama, ocorre a vegetação de **Mata Úmida** (Floresta Plúvio-Nebular). A altitude e a exposição aos ventos úmidos, que favorecem as chuvas orográficas, são os principais fatores que condicionam a instalação deste revestimento vegetal. Sua composição florística caracteriza-se por árvores que alcançam até 30 metros, com espécies que conservam 75 a 100% das folhas durante o ano. Dentre as espécies dominantes nessa unidade, destacam-se: babaçu (*Orbignya martiana*), potumuju (*Centrolobium robustum*), jatobá (*Hymenaea courbarie*), tuturubá (*Lucuna grandiflora*), piroá (*Basiloxylom brasiliensis*) etc.

Esta unidade deve ser considerada de preservação permanente, nos trechos das nascentes fluviais e nos setores onde a declividade for superior a 45%. No entanto, o que se verifica é uma total inobservância desses princípios, que são previstos na legislação ambiental. A ocupação agrícola (bananicultura, principalmente) ocorre de forma extensiva e indiscriminada, abrangendo vertentes de alta declividade, com desmatamentos generalizados que degradam o solo, desencadeando processos erosivos e comprometendo a estabilidade das encostas, entre outros impactos ambientais.

As planícies fluviais são áreas que apresentam boas condições hídricas e solos férteis, favorecendo, em alguns trechos, a instalação de uma cobertura vegetal, cuja fisionomia de **Mata Galeria ou Ciliar**, dominada por carnaubais, contrasta com a vegetação caducifólia e de baixo porte dos interflúvios sertanejos. A principal espécie que habita esses ecossistemas é a carnaúba (*Copernicia cerífera*), que normalmente ocorre associada ao mulungu (*Erythrina velutina*), juazeiro (*Zizyphus joazeiro*), oiticica (*Licania rigida*) e ingá-bravo (*Lonchocarpus sericeus*), além de espécies arbustivas e trepadeiras.

Da mesma forma, as áreas de acumulação inundáveis (depressões de pequenos desníveis que acumulam água de chuva) e as áreas em torno de lagoas e reservatórios d'água artificiais, também suportam uma vegetação arbórea com palmeiras e um estrato rasteiro formado por gramíneas.

Capítulo IV

Vulnerabilidade à Erosão do Solo

A análise integrada dos atributos de litologia, declividade, solos, intensidade pluviométrica e cobertura vegetal e uso do solo, com base no balanço pedogênese/morfogênese (TRICART, 1977), foi feita segundo a metodologia utilizada no Zoneamento Ecológico-Econômico – ZEE, desenvolvida pelo INPE (CREPANI *et al*, 2000), com adaptações no presente trabalho. Cada tema foi avaliado separadamente e cada classe temática (unidade litológica, intervalo de declividade, tipo de solo, índice de intensidade pluviométrica e tipo de vegetação/uso do solo) foi ponderada (hierarquizada) através de notas, que variaram dentro de uma escala de 1 a 10, conforme a menor ou maior influência na ocorrência de processos erosivos. Com isso, as classes temáticas foram distribuídas entre as situações de predomínio dos processos de pedogênese (valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (valores em torno de 5,0) e situações onde predominam os processos de morfogênese (valores próximos de 10). Estabeleceram-se as seguintes classes referentes ao grau de vulnerabilidade à erosão (perda de solo):

- Muito Alta: 9-10
- Alta: 7-8
- Moderada: 5-6
- Baixa: 3-4
- Muito Baixa: 1-2

Os dados foram, então, processados por combinação numérica, através da técnica de Álgebra de Mapas, sendo aplicados operadores de soma ponderada para os temas envolvidos.

IV.1 – Análises Temáticas

Para o tema Litologia, considerou-se o grau de coesão como o atributo intrínseco da rocha, que mais contribui para determinar a maior ou menor vulnerabilidade da unidade de paisagem à erosão. Em rochas pouco coesas podem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto nas rochas bastante coesas deve prevalecer a pedogênese, através dos processos de intemperismo e formação de solos (CREPANI *et al*, *op.cit*). Sendo assim, de uma forma relativa e empírica, atribuiram-se valores próximos à estabilidade (1,0) para as rochas que apresentam maior grau de coesão, valores intermediários (próximos de 5,0) para rochas que apresentam valores intermediários no seu grau

de coesão, e valores próximos à vulnerabilidade (10) para as rochas consideradas com menor grau de coesão (Tabela IV.1).

CLASSE	NOTA
Qal – aluviões	10
Ngr - granitóides não deformados, de granulometria média a grossa	3
Ngra – quartzo-dioritos e granitos róseos a duas micas	3
Ngrd – granodioritos e granitos porfiríticos	3
Ngdgn – granodioritos e granitos porfiríticos gnaissificados	4
Pbgn – biotita-gnaisses e gnaisses quartzo-feldspáticos c/ granada e sillimanita	6
Pcc – metacalcários	6
Pcgn – calcissilicáticas	5
Phgn – hornblenda-biotita-gnaisses e paranfibolitos	6
Pmig – migmatitos paraderivados	5
Pqt – quartzitos	1
Pxt – xistos	6
Pogn – ortognaisses porfirobásticos, granodioríticos/graníticos, fortemente bandados	5
Pggn – corpos tabulares de granito	3

Tabela IV.1 – Notas atribuídas às classes litológicas.

O passo seguinte foi a conversão do plano de informação vetorial para o formato *raster*, a fim de possibilitar as combinações matemáticas do modelamento. Gerou-se, então, um *grid* numérico que foi reclassificado para os valores constantes da tabela acima (Figura IV.1).

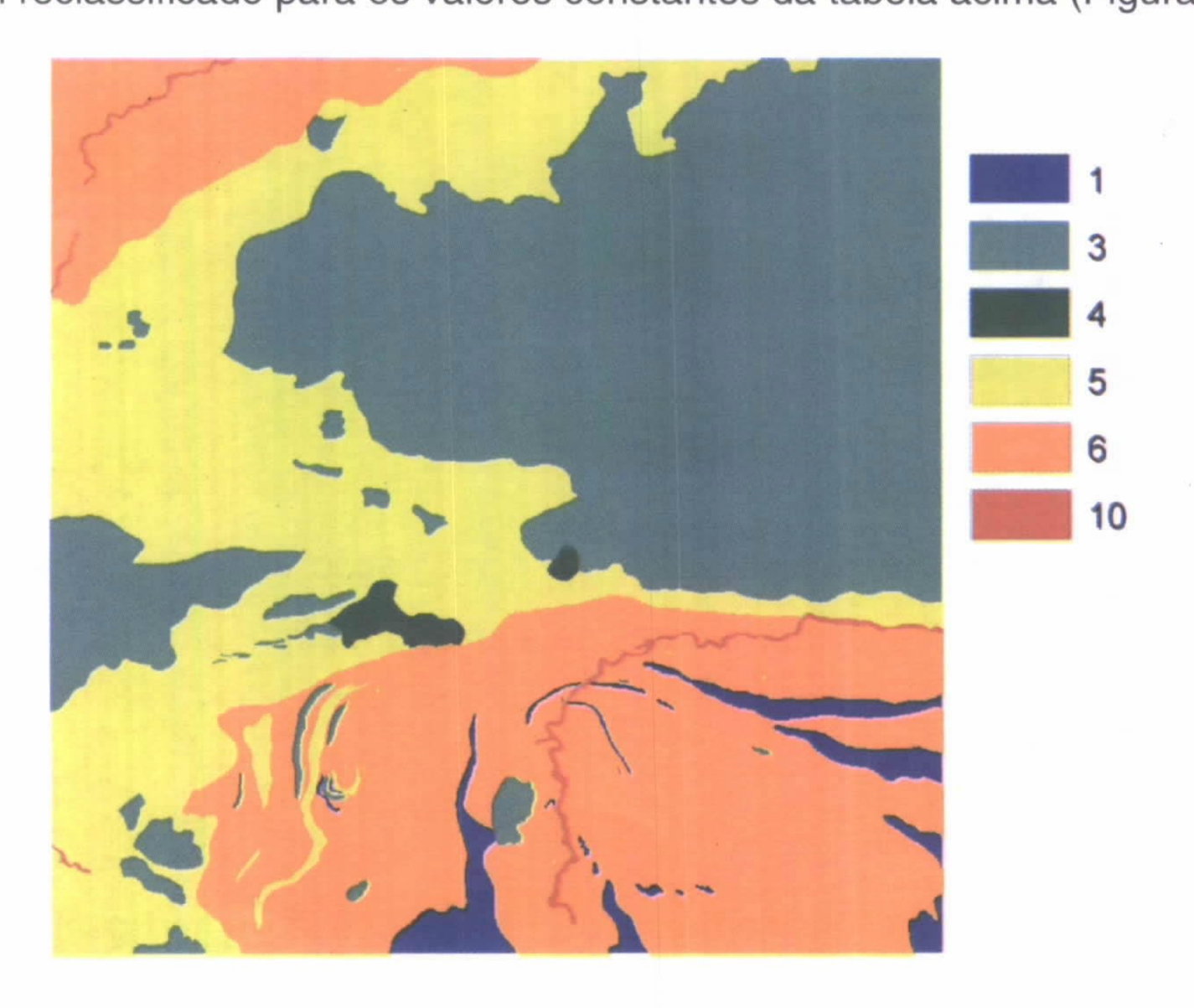


Figura IV.1 - Litologia reclassificada.

Com relação à declividade, quanto maior o gradiente do terreno, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética, favorecendo o escoamento superficial (*runoff*), responsável pelos processos erosivos que esculpem as formas de relevo. Sendo assim, as áreas de relevo plano são consideradas as mais estáveis (valores próximos de 1,0), enquanto as de relevo montanhoso e escarpado apresentam maior vulnerabilidade à erosão (valores próximos de 10). Entre esses valores distribuem-se as áreas de

relevo intermediário - suavemente ondulado, ondulado e fortemente ondulado (Tabela IV.2 e Figura IV.2).

CLASSE (%)	NOTA
0-3	1
3-8	2
8-20	5
20-45	7
>45	10

Tabela IV.2 – Notas atribuídas às classes de declividade.

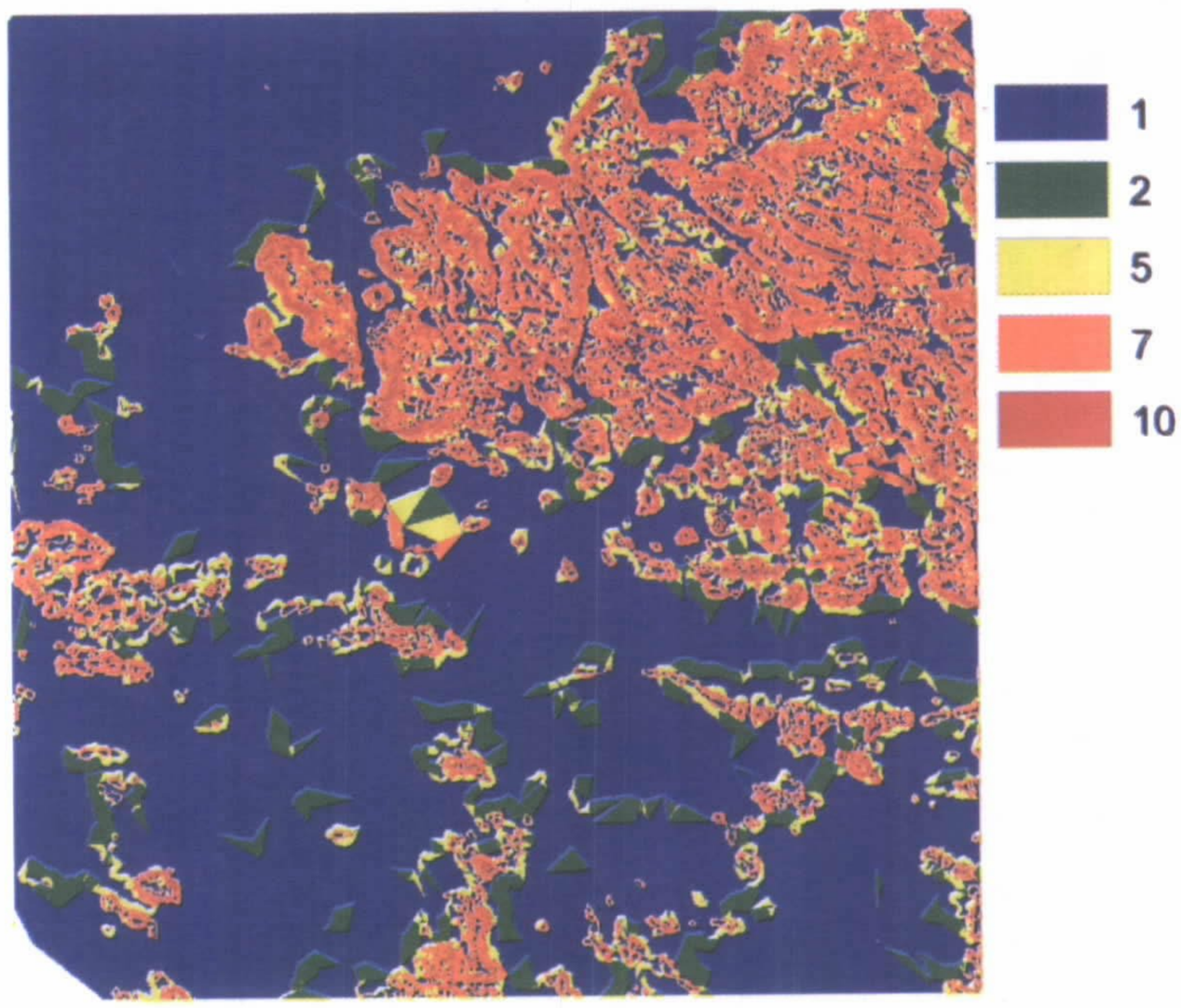


Figura IV.2 – Declividade reclassificada.

Na dinâmica ambiental, os solos constituem um produto direto do balanço entre morfogênese e pedogênese. A característica principal dos solos, a ser considerada para estabelecer as classes de vulnerabilidade, é a sua maturidade. Quando prevalecem as condições de pedogênese, são formados solos bem desenvolvidos, profundos e porosos, considerados como estáveis. Por outro lado, a prevalecer os processos erosivos (morfogênese), são criadas as condições para a formação de solos jovens e pouco desenvolvidos, com o horizonte A assentado diretamente sobre a rocha, isto é, sua característica principal é a pouca evolução dos perfis pedológicos. Entre um extremo e outro existem as condições morfodinâmicas de equilíbrio, em que as taxas médias de erosão e de formação dos solos são aproximadamente equivalentes.

A avaliação feita, dentro da escala de 1 a 10, dos tipos de solos que ocorrem na área, encontra-se na tabela abaixo.

CLASSE	NOTA
Neossolos Flúvicos (RU)	10
Neossolos Litólicos (RL)	10
Planossolos (SX)	7
Luvissolos (TC)	6
Argissolos (PVA)	5

Tabela IV.3 – Notas atribuídas às classes de solos.

Considerando que, como mencionado no Capítulo III.5, as unidades mapeadas são, com grande freqüência, associações de classes de solos, fez-se a ponderação das unidades em função das classes que ocorrem em primeiro, segundo e terceiro lugares. As proporções de ocorrência aplicadas foram:

Unidade A = Classe1 (70%) + Classe2 (30%)

Unidade B = Classe1 (60%) + Classe2 (30%) + Classe3 (10%)

Sendo assim, estabelecemos os seguintes valores referentes aos graus de contribuição/influência das unidades de solos, que ocorrem na área, para a vulnerabilidade à erosão:

UNIDADE	ASSOCIAÇÃO	PONDERAÇÃO	NOTA
RU	RU		10
RL1	RL		10
RL2	RL + AFLOR	(10x0,7) + (10x0,3)* = 10	10
RL3	RL + SX	(10x0,7) + (7x0,3) = 9,1	9
RL4	RL + TC	(10x0,7) + (6x0,3) = 8,8	9
SX1	SX		7
SX2	SX + RL	(7x0,7) + (10x0,3) = 7,9	8
PVA1	PVA		5
PVA2	PVA + AFLOR	(5x0,7) + (10x0,3)* = 6,5	7
PVA3	PVA + RL	(5x0,7) + (10x0,3)= 6,5	7
TC1	TC		6
TC2	TC + RL	(6x0,7) + (10x0,3) = 7,2	7
TC3	TC + SX+ RL	(6x0,6) + (7x0,3) + (10x0,1) = 6,7	7
TC4	TC + SX	(6x0,7) + (7x0,3) = 6,3	6

* Foi atribuído o valor 10 para afloramentos rochosos (AFLOR), quando têm ocorrência expressiva e representam um componente da unidade

Tabela IV.4 – Notas atribuídas às unidades de solo.

Com isso, gerou-se um *grid* (Figura IV.3), reclassificado para os valores contidos na tabela acima, que será utilizado para o cálculo da vulnerabilidade à erosão.

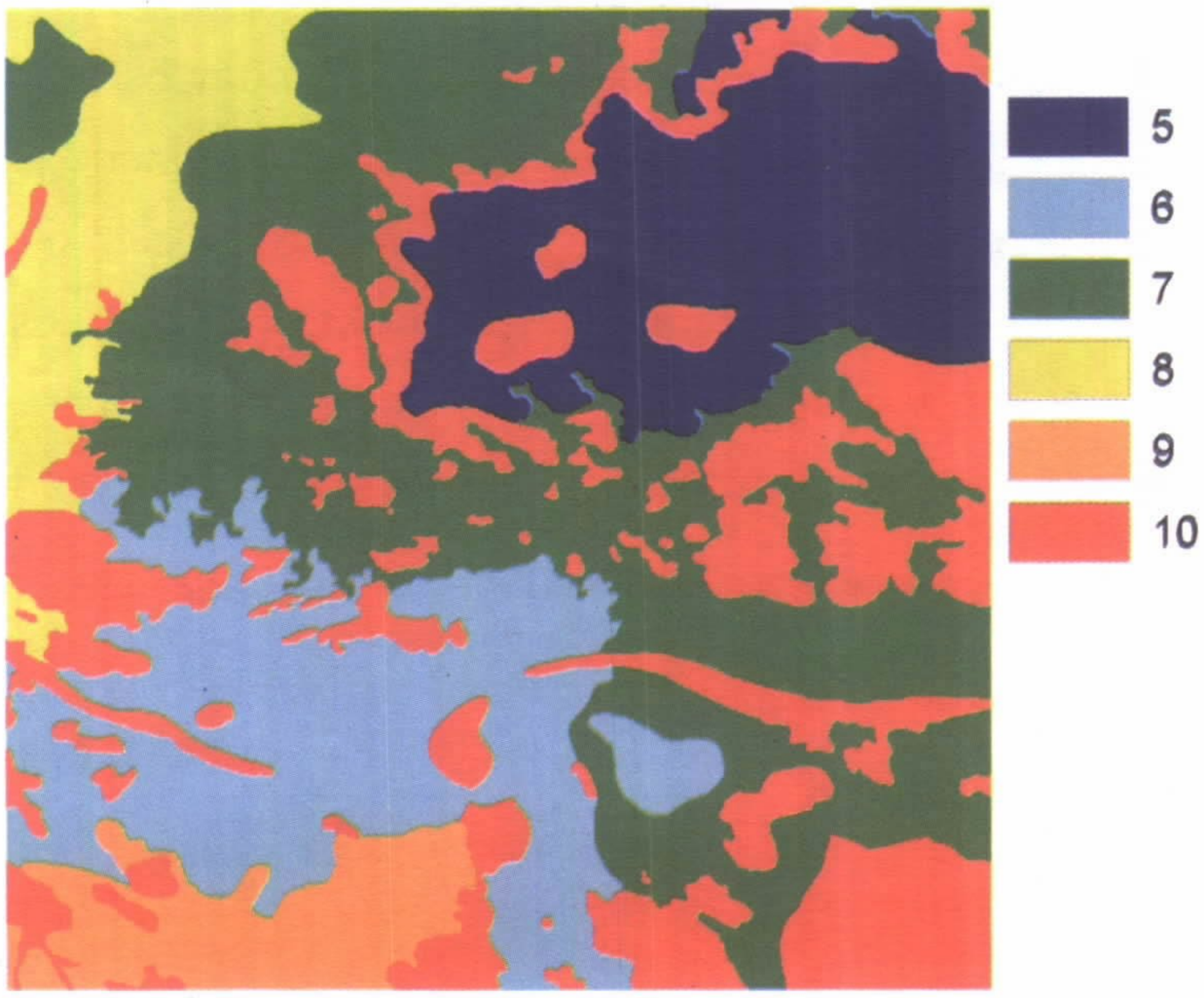


Figura IV.3 – Solos reclassificados.

O impacto direto das gotas de chuva e o escoamento superficial do excesso de água precipitada (*runoff*), são os agentes ativos da erosão hídrica, enquanto o solo é o agente passivo. Para compor o modelo de avaliação da vulnerabilidade à erosão do solo, considerou-se a intensidade pluviométrica, que é obtida pela razão entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso em meses (CREPANI *et al*, *op.cit.*).

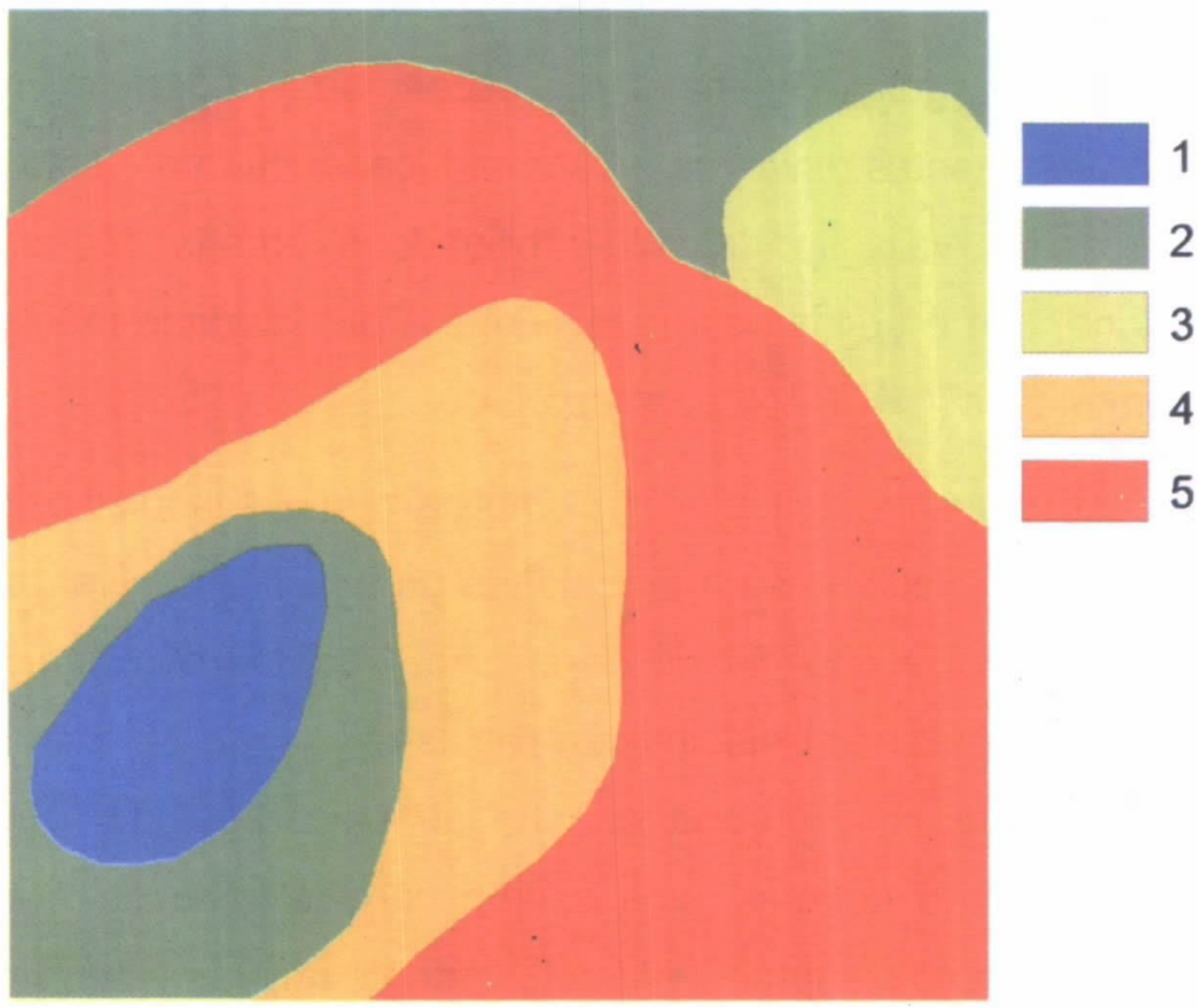
Uma intensidade pluviométrica elevada, implica numa alta pluviosidade anual e curta duração do período chuvoso. Neste caso a quantidade de água disponível para o *runoff* é muito grande, sendo, portanto, maior a capacidade de erosão. Pode-se constatar, também, que uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição regular ao longo de todo período, tem poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida, que ocorre de forma concentrada num período curto do ano (esta é uma característica da área em estudo, com exceção de uma pequena porção compreendida pela vertente úmida da serra de Uruburetama).

Tratando-se de uma área relativamente pequena, inserida no contexto climático do semi-árido, onde as condições de precipitação são, de um modo geral, homogêneas, pode-se estabelecer uma primeira aproximação para avaliação da ordem de grandeza das variações existentes, considerando as restrições impostas a cálculos dessa natureza. Sendo assim, foram ponderados os índices de intensidade pluviométrica estimados para a área, segundo a escala de vulnerabilidade (de 1 a 10), conforme a tabela abaixo e a Figura IV.4.

Precipitação média anual (mm)	Duração do períodochuvoso (meses)	Intensidade pluviométrica (mm/meses)	Nota
950-1350	7	136-193	3
850 – 950	6	142-158	2
750 – 850	4	187-212	5
650 – 750	4	162-187	4
550 – 650	4	137-162	2
<550	4	<137	1

Tabela IV.5 – Notas atribuídas às classes de intensidade pluviométrica.

A cobertura vegetal participa da avaliação da vulnerabilidade à perda de solo, pela atividade que ela exerce na proteção da camada de solo, evitando que seja removida pelos processos de erosão hídrica (escoamento superficial). Impede a compactação dos solos, pela presença de estruturas biológicas como raízes de plantas, perfurações de vermes e buracos de animais, aumentando sua porosidade e permeabilidade. A densidade de vegetação, é o parâmetro a ser considerado para a atribuição de valores das classes de vulnerabilidade. Uma cobertura vegetal bastante densa, oferece ao solo um elevado fator de proteção, assumindo, na escala de vulnerabilidade à erosão, valores próximos de 1,0. As áreas com vegetação de baixa densidade apresentam maior vulnerabilidade à erosão, assumindo, portanto, valores próximos de 10.



FiguraIV.4 – Intensidade pluviométrica reclassificada.

Por outro lado, as atividades antrópicas refletem-se no grau de degradação da vegetação original, causando o aparecimento de coberturas secundárias – com menor contribuição para a infiltração de água (como as pastagens, por exemplo), até áreas completamente impermeabilizadas, como os núcleos urbanos. As formas de uso e ocupação do solo foram, então, analisadas juntamente com a cobertura vegetal. Uma área, por exemplo, com cobertura de floresta densa, mas que se encontra ocupada por atividade agrícola extensiva, terá seu valor de vulnerabilidade, que seria baixo em função da vegetação original, significativamente aumentado devido ao tipo de uso do solo.

Considerando a densidade da vegetação e o tipo de ocupação e uso do solo, verificados na área, as classes temáticas da carta de cobertura vegetal/uso do solo foram avaliadas no que diz respeito às suas influências nos processos erosivos (Tabela IV.6). A Figura IV.5, mostra o *grid* gerado com as classes ponderadas segundo os valores da Tabela IV.6.

CLASSE	NOTA
Caatinga arbórea aberta c/ agricultura de subsistência	6
Caatinga arbórea fechada	5
Caatinga arbustiva c/ agricultura de subsistência e pecuária semi-intensiva	7
Pastagem/pecuária extensiva	8
Mata úmida c/ fruticultura comercial (bananicultura)	8
Mata úmida fechada	2
Mata ciliar	2
Área urbana	10
Espelho d'água	1

Tabela IV.6 – Notas atribuídas às classes de vegetação/uso do solo.

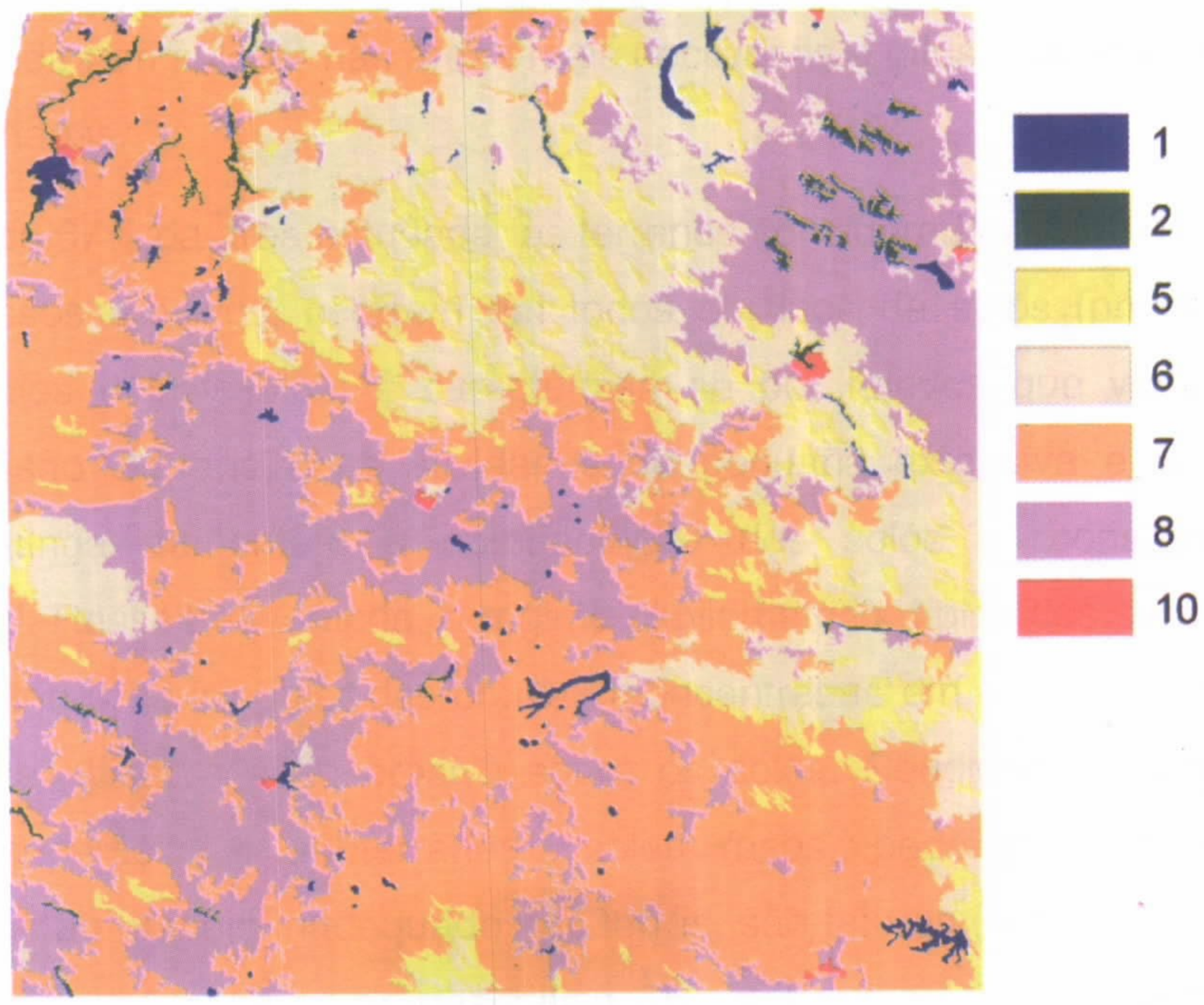


Figura IV.5 – Cobertura vegetal e uso do solo reclassificada.

IV.2 – Cálculo da Vulnerabilidade à Erosão do Solo

A integração de todos os parâmetros analisados, foi realizada através da soma ponderada dos *grids* criados (litologia, declividade, solos, intensidade pluviométrica e cobertura vegetal/uso do solo), conforme o grau de importância de cada tema para a determinação da vulnerabilidade à erosão. Obteve-se, então, a seguinte expressão usada para o cálculo final:

V.E =(Lito x Plito)+(Decl x Pdecl)+(Solo x Psolo)+(Pluv x Ppluv)+(Veg-Uso x Pveg-uso) ,

onde foram atribuídos os seguintes pesos:

Plito = 10%

Pdecl = 25%

Psolo = 25%

Ppluv = 15%

Pveg-uso = 25%

A expressão acima foi processada, através da ferramenta de Álgebra de Mapas, resultando num *grid* de vulnerabilidade à erosão, que foi reclassificado para quatro classes: baixa, moderada, alta e muito alta, conforme figura abaixo.

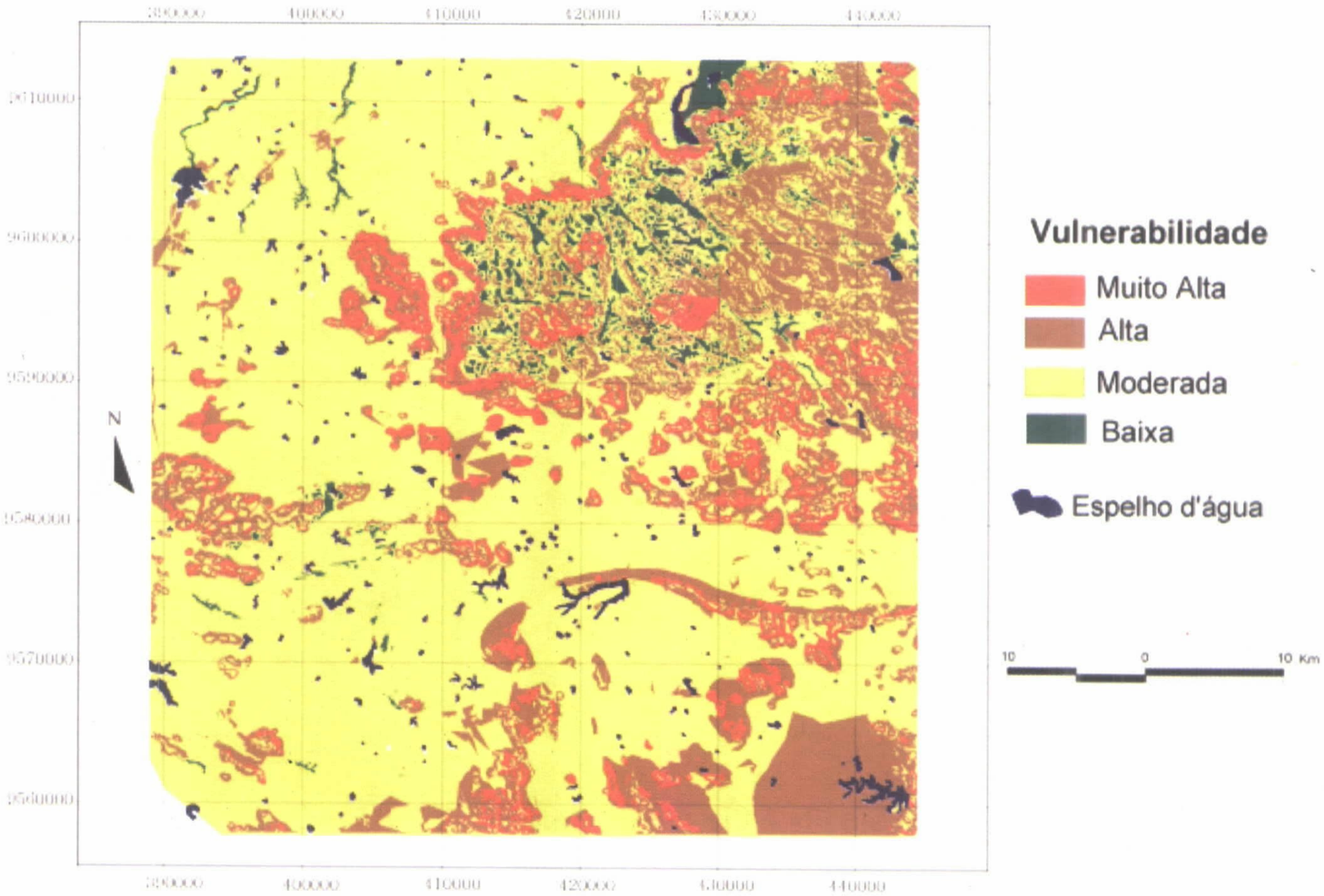


Figura IV.6 – Carta de vulnerabilidade à erosão do solo.

Os terrenos classificados como de vulnerabilidade à erosão muito alta, ocupam 4,5% da área trabalhada. Além dos solos possuirem elevado índice de erodibilidade (neossolos litólicos), o relevo é bastante movimentado, com encostas de declives muito acentuados (acima de 45%). A proteção da cobertura vegetal é deficiente e o escoamento superficial é muito forte, gerando focos de erosão e movimentos de massa (deslizamentos de solos e blocos de rocha). Esses processos ocorrem nas encostas mais íngremes da Serra de Uruburetama e nos morros e cristas residuais. A preservação da vegetação, nessas áreas, é fundamental para manter a estabilidade das encostas.

As áreas com grau de vulnerabilidade alto, ocupam 25,5% da Folha e ocorrem em todos os tipos de solos (de erodibilidade média a muito alta), principalmente em setores com declividades acima de 20%. Na vertente úmida da Serra de Uruburetama, apesar do predomínio de argissolos (média a baixa erodibilidade), a declividade acentuada e a ocupação agrícola desordenada, elevam, sobremaneira, a suscetibilidade à erosão e aos movimentos de massa. No contexto da Depressão Sertaneja esse grau de vulnerabilidade está associado, principalmente, aos *inselbergs* e cristas residuais. Em outros locais, apesar dos baixos gradientes dos terrenos, os setores onde ocorrem solos mais instáveis (neossolos litólicos e flúvicos), revestidos por vegetação de pouca densidade e/ou bastante degradada, também são classificados como de alta vulnerabilidade. O escoamento superficial é rápido e a erosão manifesta-se, preferencialmente, de

forma linear concentrada (em sulcos) nas áreas mais declivosas e difusa (laminar) nos setores de topografias mais aplainadas.

Representando 67% da área estudada, os terrenos considerados como de suscetibilidade moderada aos processos erosivos, ocorrem em todos os tipos de solos (principalmente onde predominam planossolos e luvissolos) e caracterizam-se por relevos que variam de plano a ondulado. Na Depressão Sertaneja, as atividades de pecuária extensiva e o desmatamento generalizado da caatinga aumentam a compactação dos solos e, conseqüentemente, o escoamento superficial. Ressalta-se, ainda, o regime pluviométrico, típico dos sertões semiáridos, caracterizado pela distribuição irregular das chuvas (concentradas em curtos períodos anuais), o que contribui para intensificar a ação erosiva sobre os solos. Condições climáticas adversas, deficiência hídrica (superficial e subterrânea), solos rasos, pedregosos e, muitas vezes, salinizados, associados ao manejo inadequado das terras, são fatores (naturais e antrópicos) que favorecem e intensificam os processos de desertificação, verificados principalmente nos domínios do município de Irauçuba. No contexto serrano, os terrenos de média vulnerabilidade mostram-se mais freqüentes em setores onde o relevo apresenta valores intermediários de declividade (inferiores a 20%), ou onde a vegetação mostra-se um pouco mais preservada.

As áreas classificadas segundo o modelo aplicado, como de baixa vulnerabilidade à erosão, ocorrem de forma restrita (apenas 3% da área total), correspondendo a pequenas manchas que materializam a convergência de valores baixos, na escala de vulnerabilidade, atribuídos para a maioria dos parâmetros avaliados. Estão relacionadas, principalmente, a planícies alveolares, embutidas no maciço residual da Serra de Uruburetama e, no domínio dos sertões, a alguns segmentos de planícies fluviais que ainda apresentam um revestimento de mata ciliar pouco degradada.

Capítulo V

As Unidades Geoambientais

A delimitação das unidades geoambientais partiu de uma hierarquização espacial taxonômica, segundo as concepções metodológicas contidas na Teoria Geossistêmica, descrita no Capítulo II. Considerou-se a compartimentação geomorfológica como critério fundamental, pela maior facilidade de se identificar, delimitar e interpretar os compartimentos topográficos e as feições de modelado neles contidos. Além disso, deve-se reconhecer que a compartimentação geomorfológica deriva da herança da evolução geoambiental desde, pelo menos, o Tércio-Quaternário e, por isso, cada compartimento tem padrões próprios de drenagem, arranjos típicos de solos, características singulares quanto aos aspectos fitofisionômicos e, por conseqüência, os modelos de ocupação também são influenciados (SOUZA, 2000).

Na área em estudo, distinguem-se dois macrocompartimentos, que correspondem aos maiores níveis de abrangência, ou *taxons* superiores, denominados de Domínios Naturais. São eles: os Sertões Semi-Áridos e as Serras Úmidas e Sub-Úmidas. Estes domínios, dependendo da extensão territorial da região trabalhada, podem ser compartimentados em vários sub-domínios, que constituem os Sistemas Ambientais ou Geossistemas. Na Folha Irauçuba, são identificados dois geossistemas: a Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará (correspondente ao domínio dos Sertões Semi-Áridos) e o Maciço Residual da Serra de Uruburetama (correspondente ao domínio das Serras Úmidas e Sub-Úmidas). Como terceiro nível taxonômico, da classificação geossistêmica, foram delimitadas treze unidades geoambientais menores, que constituem os Subsistemas Ambientais ou Geofácies, representando as unidades fisionômicas mais homogêneas da paisagem (Quadro V.1).

Para a elaboração da Carta Geoambiental (ANEXO 1), na escala 1:100.000, a delimitação das unidades foi feita através da interpretação visual dos padrões fotográficos identificados nas imagens de satélite, considerando as relações mútuas existentes entre os componentes temáticos contidos no banco de dados, e com apoio de trabalhos de campo, que forneceram subsídios para um melhor conhecimento sobre a constituição e as condições de sustentabilidade das unidades, bem como para uma melhor representação cartográfica das mesmas.

Domínios Naturais	Sistemas Ambientais - Geossistemas	Subsistemas Ambientais - Geofácies
Sertões Semi-Áridos	Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará	Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (1)
		Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (2)
		Superfície de Pedimentação Aplainada (1)
		Superfície de Pedimentação Aplainada (2)
		Áreas de Inundações Sazonais
		Planícies Fluviais
		Cristas Residuais e *Inselbergs*
Serras Úmidas e Sub-Úmidas	Maciço Residual da Serra de Uruburetama	Vertente Norte-Oriental
		Platô da Serra
		Vertente Ocidental
		Vertente Centro-Ocidental
		Vales em Forma de V
		Planícies Alveolares

Quadro V.1 - Unidades geoambientais da Folha Irauçuba.

Definidos os domínios naturais, geossistemas e geofácies, o próximo passo foi a organização da legenda da Carta Geoambiental. Procurou-se, com o objetivo de tornar o mapa o mais auto-explicativo possível, mostrar um diagnóstico da área, enfocando os aspectos mais relevantes das unidades mapeadas, com relação às suas características naturais dominantes, aos problemas ambientais configurados e à capacidade produtiva dos recursos naturais (suas potencialidades e limitações). As características naturais dominantes são aqueles atributos do meio físico-biótico, definidos por suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidroclimáticas e fitoecológicas, que diferenciam as unidades geoambientais entre si. Os problemas ambientais configurados, foram constatados em trabalhos de campo ou através da interpretação de produtos de sensoriamento remoto. As potencialidades são consideradas, aqui, como os atributos positivos dos recursos naturais, ou como aquelas atividades que podem ser praticadas, de forma sustentável, nas unidades cartografadas. As limitações são os atributos desfavoráveis ao uso produtivo, incluindo as restrições legais, consideradas pela avaliação da vulnerabilidade ambiental e pelas deficiências de potencial produtivo dos recursos naturais.

A legenda contém, ainda, uma análise prognóstica sucinta, onde são elaborados cenários que configuram a tendência de desencadeamento e/ou agravamento dos processos de

degradação ambiental, ocasionados por intervenções antrópicas realizadas de forma incompatível com a capacidade de suporte das unidades mapeadas.

Nos quadros a seguir são descritas, de maneira sistematizada, as informações contidas na legenda da Carta Geoambiental.

QUADRO V.2

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (1)** Área: 1215,57 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Representa a unidade de maior área de distribuição, ocorrendo nas porções centro-sul, noroeste e sudeste da Folha. Integra parte da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície moderadamente dissecada em morros e colinas baixas e suaves, com declividades variáveis entre 2 e 8%. A superfície de erosão desenvolve-se em rochas do embasamento cristalino, com predominância de gnaisses orto e paraderivados, migmatitos e xistos. A rede de drenagem tem padrão dendrítico e escoamento intermitente sazonal, regulado pela escassez e distribuição muito irregular das chuvas (inferiores a 600mm anuais). Predominam luvissolos (pouco profundos, bem drenados, textura argilosa, cascalhentos e alta fertilidade natural aparente) e neossolos litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos e média fertilidade natural), revestidos por caatinga arbóreo-arbustiva degradada, em zona de pecuária extensiva e agricultura de subsistência.	- Degradação indiscriminada da vegetação e dos solos; - Desencadeamento de processos ligados à erosão laminar; - Biodiversidade fortemente comprometida; - Sobrepastoreio; - Declínio da fertilidade dos solos e ablação dos horizontes superficiais; - Diminuição de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação); - Comprometimento das pastagens por secas prolongadas.	- Média a alta fertilidade dos solos, determinando áreas propícias ao uso agrícola; - Relevo favorável à expansão da malha urbana e viária.	- Pluviometria escassa e muito irregular, com períodos de seca prolongados; - Baixo potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; - Baixa capacidade de suporte dos solos e da vegetação; - Solos rasos.	- Desencadeamento de processos erosivos acelerados; - Empobrecimento muito significativo da biodiversidade; - Comprometimento progressivo das pastagens; - Substituição da cobertura vegetal natural; - Descaracterização da paisagem sertaneja; - Diminuição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis.

QUADRO V.3

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (2)** Área: 508,38 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Ocupa as porções noroeste e sudoeste da Folha. Integra parte da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação moderadamente dissecada em morros e colinas baixas e suaves, com declividades variáveis entre 2 e 5%. A superfície de erosão desenvolve-se em gnaisses orto/ paraderivados, migmatitos e, localmente, em rochas calcissilicáticas e metacalcários. Drenagem com padrão dendrítico e escoamento intermitente sazonal, regulado pelo clima semi-árido. Predomínio de neossolos litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos), luvissolos (pouco profundos, bem drenados, textura argilosa, cascalhentos e média a alta fertilidade natural aparente) e afloramentos rochosos, revestidos por caatinga arbustiva aberta fortemente degradada, em zona de pecuária extensiva e agricultura de subsistência.	- Degradação indiscriminada da vegetação e dos solos; - Biodiversidade fortemente comprometida; - Sobrepastoreio; - Quase inexistência de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação); - Comprometimento das pastagens por secas prolongadas.	- Pecuária extensiva; - Utilização agrícola em manchas de solos favoráveis; - Relevo favorável à expansão da malha urbana e viária;	- Pluviometria escassa e muito irregular, determinando períodos de seca prolongados; - Solos muito rasos e afloramentos rochosos; - Baixa capacidade de suporte dos solos e da vegetação; - Baixo potencial de recursos hídricos.	- Desencadeamento de processos erosivos acelerados e de desertificação; - Empobrecimento muito significativo da biodiversidade; - Comprometimento progressivo das pastagens; - Substituição da cobertura vegetal natural; - Descaracterização da paisagem sertaneja; - Diminuição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis.

QUADRO V.4

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Superfície de Pedimentação Aplainada (1)** Área: 88,49 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Ocorre no setor central da Folha, integrando parte da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação em topografias planas. Declives não superiores a 3% e caimento topográfico muito suave na direção de vales muito pouco entalhados. A superfície de erosão trunca rochas ortognáissicas e migmatíticas, com rede de drenagem dendrítica composta de pequenos canais intermitentes ou esporádicos. Há predominância de planossolos (rasos, imperfeitamente drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização) e neossolos litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos). Afloramentos rochosos, pavimentos desérticos e caos de blocos são muito freqüentes. A cobertura vegetal tem padrão fisionômico de caatinga muito aberta e degradada, em zona de pecuária extensiva.	- Degradação dos solos e do recobrimento vegetal; - Desencadeamento de processos erosivos acelerados; - Biodiversidade fortemente comprometida; - Sobrepastoreio; - Ablação dos horizontes superficiais dos solos; - Rarefação de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação).	- Relevo favorável à expansão urbana e da malha viária; - Pecuária extensiva.	- Pluviometria escassa e muito irregular, com períodos de seca prolongados; - Baixo potencial de recursos hídricos; - Baixa capacidade de suporte dos solos e da vegetação; - Solos muito rasos, freqüentes afloramentos rochosos e pavimentos desérticos; - Ambiente com alta suscetibilidade à erosão.	- Solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos; - Capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis irrecuperavelmente atingida; - Processos de desertificação desencadeados e em evidente expansão.

QUADRO V.5

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Superfície de Pedimentação Aplainada (2)** Área: 114,91 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Ocorre no setor centro-ocidental da Folha. Compõe pequena parcela da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação em topografias aplainadas, desenvolvida em rochas ortognáissicas. Declividade topográfica variando de 1 a 3%, com leve caimento para fundos de vales muito pouco entalhados e com drenagem de padrão dendrítico muito aberto. Há predominância de neossolos litólicos (muito rasos e rasos, textura arenosa, pedregosos) e planossolos (pouco profundos, imperfeitamente drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização), com grande freqüência de afloramentos rochosos e pavimentos/paleopavimentos desérticos recobrindo a superfície. Afloramentos rochosos, pavimentos desérticos e caos de blocos são muito freqüentes. A cobertura vegetal fortemente degradada, ou quase ausente, evidencia marcas de desertificação.	- Degradação praticamente irreversível dos solos e do recobrimento vegetal primário; - Desencadeamento de processos erosivos acelerados, exibindo recobrimento generalizado da superfície por pavimentos e paleopavimentos desérticos, freqüentes afloramentos e caos de blocos; - Quase ausência de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação); - Sobrepastoreio; - Paisagem com evidências nítidas de desertificação.	- Relevo favorável à expansão urbana e da malha viária; - Pecuária extensiva.	- Pluviometria escassa e muito irregular, com períodos de seca prolongados; - Baixo potencial de recursos hídricos; - Solos e recobrimento vegetal irreversivelmente degradados; - Solos muito rasos, freqüentes afloramentos rochosos e pavimentos desérticos; - Alta suscetibilidade à erosão.	- Solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos; - Capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis irrecuperavelmente atingida; - Processos de desertificação desencadeados e em evidente expansão.

QUADRO V.6

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Áreas de Inundações Sazonais** Área: 54,50 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Está representada em duas áreas nos setores centro-norte e sudoeste da Folha, embora ocorra com certa freqüência em áreas menores, não mapeáveis na escala do trabalho. Áreas baixas, embutidas na depressão sertaneja, submetidas a inundações sazonais. São mal incorporadas à rede de drenagem e têm recobrimento de clásticos finos, com predominância de sedimentos argilosos inconsolidados, eventualmente com cobertura arenosa. Topografia plana, esbatida e declividade inferior a 3%. Predominam planossolos (rasos, imperfeitamente drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização) e vertissolos (profundos, mal drenados, textura argilosa). São recobertos por campos de várzeas e campos xerófilos com gramíneas e grande freqüência de carnaubais, em zona de pecuária extensiva e agricultura de subsistência.	- Degradação da vegetação lenhosa; - Desencadeamento de processos ligados à erosão laminar.	- Paisagem de exceção, com reservas hídricas superficiais; - Extração de argila para uso na construção civil; - Relevo favorável; - Extrativismo vegetal (utilização da carnaúba); - Pastagens nativas.	- Inundações sazonais; - Pluviometria escassa e muito irregular; - Drenagem imperfeita e salinização dos solos.	- Degradação da cobertura vegetal, comprometendo a biodiversidade.

QUADRO V.7

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Planícies Fluviais** Área: 53,12 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Ocorrem dispersas nas superfícies sertanejas, bordejando calhas fluviais e formando estreitas faixas de planícies oriundas da acumulação de sedimentos aluviais. Predominância de neossolos flúvicos (profundos, mal drenados, com textura indiscriminada) e planossolos (pouco profundos, mal drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização), revestidos por matas ciliares com carnaubais e campos de várzeas.	- Degradação da mata ciliar; - Poluição hídrica; - Sobrepastoreio.	- Importante manancial hídrico da área, principalmente nos períodos de estiagem, quando a captação é feita através de cacimbas (poços amazonas); - Implantação de açudes e barragens subterrâneas; - Aproveitamento agropecuário, com manejo adequado; - Irrigação controlada; - Extração de argila e areia, de forma controlada, para uso na construção civil; - Extrativismo vegetal.	- Inundações sazonais; - Alta vulnerabilidade à poluição/contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; - Áreas inadequadas para a ocupação urbana e implantação de fontes poluidoras, como parques industriais, lixões, aterros sanitários, utilização intensa de agrotóxicos, cemitérios e tanques de armazenamento de combustíveis; - As matas ciliares são consideradas reservas ecológicas, segundo faixas determinadas pela legislação ambiental.	- Degradação das matas ciliares; - Assoreamento dos leitos fluviais; - Degradação da qualidade das águas, pelo aumento das atividades antrópicas nestes ambientes.

QUADRO V.8

Domínio Natural: **Sertões Semi-Áridos**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Cristas Residuais e *Inselbergs*** Área: 215,60 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Apresenta distribuição dispersa nas superfícies sertanejas, ocorrendo como níveis de cristas residuais, com fortes declives nas vertentes e topos aguçados, além de morros isolados oriundos de erosão diferencial (*inselbergs*), em rochas graníticas e quartzíticas. As vertentes de ambas as feições são expostas, ou cobertas por neossolos litólicos (rasos a muito rasos, textura arenosa e pedregosos) com eventual revestimento de vegetação rupestre e caatinga arbustiva. São freqüentes as ocorrências de matacões nas encostas que apresentam diaclasamento ortogonal.	- Remoção do escasso revestimento vegetal existente; - Surgimento de sulcos de erosão nas encostas e formação de caneluras.	- Áreas com bom potencial para a explotação de rochas para brita, cantaria e revestimento; - Constituem feições interessantes do ponto de vista paisagístico, contrastando com a topografia plana das depressões sertanejas.	- Ausência de sòlos produtivos e recursos hídricos; - Áreas impraticáveis para ocupação produtiva, exceto lavras de material para construção.	- Intensificação de ações erosivas nas encostas.

QUADRO V.9

Domínio Natural: **Serras Úmidas e Sub-Úmidas**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Maciço Residual da Serra de Uruburetama**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Vertente Norte-Oriental** Área: 211,17 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Vertente norte-oriental úmida a sub-úmida da Serra de Uruburetama. Exibe superfície dissecada em morros, lombas e colinas, desenvolvida em rochas graníticas e granodioríticas, intercalada por vales fechados em forma de V. Relevo fortemente ondulado a montanhoso, com declividades acima de 30%. Índices pluviométricos anuais entre 900 e 1300mm, com rede fluvial densa, de padrão dendrítico e escoamento superficial semi-perene. Maior freqüência de luvissolos (medianamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta), argissolos (profundos, textura argilosa, moderada ou imperfeitamente drenados e fertilidade natural alta) e, nos setores de maior declividade, de neossolos litólicos (rasos, textura média e bastante suscetíveis à erosão). O revestimento vegetal é dominado por mata úmida degradada e uso agrícola (principalmente bananicultura), em zona de atividade agrícola com fruticultura e lavouras de subsistência.	- Encostas desmatadas favorecendo o desencadeamento de processos erosivos; - Exploração agrícola em áreas incompatíveis com este tipo de uso; - Empobrecimento da biodiversidade; - Descaracterização da paisagem serrana; - Ressecamento de fontes e de nascentes fluviais, em decorrência de desmatamentos indiscriminados.	- Condições hidroclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de atividades produtivas; - Solos profundos e com alta fertilidade natural; - Patrimônio paisagístico, com bom potencial para aproveitamento turístico.	- Restrições a diversos tipos de uso em decorrência da forte declividade das vertentes; - Alta suscetibilidade à erosão, devido às condições topográficas e aos desmatamentos realizados indiscriminadamente e à margem de normas conservacionistas; - Áreas de risco sujeitas a movimentos de massa (deslizamentos de solos e blocos de rocha); - Áreas protegidas pela legislação ambiental pertinente.	- Erosão acelerada das vertentes em face de desmatamentos desordenados; - Empobrecimento progressivo da biodiversidade; - Degradação generalizada das nascentes fluviais; - Descaracterização da paisagem serrana; - Comprometimento da manutenção funcional do subssistema ambiental.

QUADRO V.10

Domínio Natural: **Serras Úmidas e Sub-Úmidas**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Maciço Residual da Serra de Uruburetama**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Platô da Serra** Área: 28,71 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Platô úmido da Serra de Uruburetama. Superfície descontínua e moderadamente dissecada em colinas e morros baixos, desenvolvida em rochas graníticas e granodioríticas. Índices pluviométricos anuais entre 1000 e 1300mm, em nível altimétrico médio de 750-800m, com rede fluvial densa, de padrão dendrítico e escoamento superficial semi-perene. Domínio de argissolos (profundos, textura argilosa, moderada ou imperfeitamente drenados e fertilidade natural média a alta) e luvissolos (medianamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta), recobertos por mata úmida degradada e uso agrícola (principalmente bananicultura).	- Superfície de cimeira com mata úmida degradada a fortemente degradada; - Exploração agrícola em áreas incompatíveis com este tipo de uso; - Processos erosivos ativos; - Empobrecimento da biodiversidade; - Descaracterização da paisagem serrana; - Nascentes fluviais sem o recobrimento vegetal primário e em estado de degradação.	- Condições hidroclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de atividades produtivas; - Solos profundos e com alta fertilidade natural; - Patrimônio paisagístico, com bom potencial para aproveitamento turístico.	- Alta suscetibilidade à erosão, devido às condições topográficas e aos desmatamentos realizados indiscriminadamente e à margem de normas conservacionistas; - Áreas protegidas pela legislação ambiental pertinente.	- Erosão acelerada das vertentes em face de desmatamentos desordenados; - Empobrecimento progressivo da biodiversidade; - Degradação generalizada das nascentes fluviais; - Descaracterização da paisagem serrana; - Comprometimento da manutenção funcional do subssistema ambiental.

QUADRO V.11

Domínio Natural: **Serras Úmidas e Sub-Úmidas**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Maciço Residual da Serra de Uruburetama**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Vertente Ocidental** Área: 161,78 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Vertente ocidental sub-úmida seca da Serra de Uruburetama. Superfície dissecada em cristas alinhadas e morros com vertentes rochosas (expostas) e/ou solos muito rasos, desenvolvida em rochas graníticas/granodioríticas. Relevo fortemente ondulado a montanhoso, com declividades superiores a 30%. Índices pluviométricos similares aos do sertão e inferiores a 800mm anuais. Rede fluvial densa e escoamento superficial intermitente sazonal. Maior freqüência de neossolos litólicos (rasos, textura arenosa e bastante suscetíveis à erosão), associados a uma ampla ocorrência de afloramentos rochosos e blocos expostos, recobertos parcialmente por caatinga arbustiva aberta e por vegetação rupestre.	- Encostas desnudas, acentuando o escoamento superficial; - Processos erosivos muito ativos.	- Mostra-se favorável às atividades de produção mineral (brita e rochas ornamentais); - Algumas áreas apresentam significativa beleza cênica, com interessantes formações rochosas.	- Forte declividade das vertentes; - Solos muito rasos e acentuada freqüência de afloramentos e matacões; - Alta suscetibilidade à erosão; - Desfavorável para ocupação agrícola; - Áreas de risco sujeitas a movimentos de massa (deslizamentos de solos e blocos de rocha).	- Empobrecimento progressivo da biodiversidade; - Ambiente desertificado.

QUADRO V.12

Domínio Natural: **Serras Úmidas e Sub-Úmidas**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Maciço Residual da Serra de Uruburetama**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Vertente Centro-Ocidental** Área: 326,34 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Vertente centro-ocidental sub-úmida da Serra de Uruburetama. Apresenta superfície dissecada em morros, lombas e cristas em granitos e granodioritos. Relevo fortemente ondulado a montanhoso, com declividades superiores a 30%. Índices pluviométricos decrescentes em relação ao platô da serra e à vertente norte-oriental de barlavento. Rede fluvial densa, com controle estrutural e escoamento superficial intermitente sazonal. Maior freqüência de argissolos (medianamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta) e neossolos litólicos (rasos, textura média e muito suscetíveis à erosão). Afloramentos rochosos e vertentes com matacões ocorrem de forma ampla. A cobertura vegetal é de mata seca/caatinga degradada.	- Desmatamentos desordenados; - Exploração agrícola em áreas não compatíveis com este uso; - Processos erosivos ativos; - Descaracterização da paisagem serrana.	- Boa fertilidade natural de alguns tipos de solos, potencializando áreas para uso agrícola ; - Mostra-se favorável às atividades de produção mineral (brita e rochas ornamentais).	- Forte declividade das vertentes; - Alta suscetibilidade à erosão; - Vertentes expostas e com matacões; - Áreas de risco sujeitas a movimentos de massa (escorregamentos de solos e blocos de rocha); - Impedimentos à mecanização; - Áreas protegidas pela legislação ambiental pertinente.	- Descaracterização da paisagem serrana por desmatamentos indiscriminados; - Solos erodidos e biodiversidade empobrecida; - Degradação generalizada das nascentes fluviais.

QUADRO V.13

Domínio Natural: **Serras Úmidas e Sub-Úmidas**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Maciço Residual da Serra de Uruburetama**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Vales em Forma de V** Área: 21,68 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Vales superimpostos em forma de V, confinados entre relevo movimentado, localizados no setor nordeste da área. O entalhamento da superfície, desenvolvido por drenagem que apresenta forte controle estrutural na direção NW-SE, abrange principalmente as vertentes ocidental e centro-ocidental da Serra de Uruburetama. Os vales têm uma disposição paralela entre si, para onde convergem cursos d'água de 1ª e 2ª ordens. Os fundos dos vales são muito estreitos e os gradientes fluviais favorecem o entalhamento da superfície, limitando a deposição de clásticos finos.	- Torrencialidade do escoamento superficial, decorrente de desmatamentos em áreas de nascentes.	- Aproveitamento dos recursos hídricos de superfície; - Implantação de barragens fluviais; - Potencialidade parcial para utilização agrícola.	- Forte declividade dos gradientes fluviais; - Processos de erosão linear muito ativos; - Não formam planícies de largura significativa, restringindo o aproveitamento para agricultura.	- Erosão acelerada nas vertentes íngremes dos vales.

QUADRO V.14

Domínio Natural: **Serras Úmidas e Sub-Úmidas**

Sistema Ambiental - Geossistema: **Maciço Residual da Serra de Uruburetama**

Subsistema Ambiental - Geofácies: **Planícies Alveolares** Área: 35,51 km^2

Características Naturais Dominantes	Problemas Ambientais Configurados	Capacidade Produtiva dos Recursos Naturais		Cenário Tendencial
		Potencialidades	Limitações	
Planícies alveolares embutidas entre feições dissecadas, resultantes de acumulação alúvio-coluvial e com a cobertura vegetal primária fortemente descaracterizada pelo uso agrícola. Superfícies planas, com declividades inferiores a 2%, constituindo seções alargadas de vales intermontanos na Serra de Uruburetama.	- Degradação do recobrimento vegetal primário;	- Condições topográficas e hidroclimáticas favoráveis; - Solos profundos e com alta fertilidade natural; - Bom potencial para captação de água subterrânea.	- Drenagem imperfeita dos solos, ocasionando inundações periódicas;	- Ocupação generalizada por agropecuária e expansão urbana.

Capítulo VI

Bibliografia Consultada

BEROUTCHACHVILI, N. A. & BERTRAND, G. Le geosystème ou système territoriel naturel. *In*: Rev. Geograph de Pirinèes et Sud-Ouest, v.49, p.167-180. 1977

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. *In*: Caderno de Ciências da Terra, v.13, p.1-21. São Paulo, 1972.

BEZERRA, E. C. Balanço Hídrico. *In*: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. p.24-25. Fortaleza, 1997.

BEZERRA, E. C; BEZERRA, J. E. G.; MENDES, M. de F. S. Precipitações. *In*: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. p.22-23. Fortaleza, 1997.

BRAGA, A. de P. G.; PASSOS, C. A. B.; SOUZA, E. M. de *et al.* Projeto Fortaleza. Relatório Final, v.1, 339p. DNPM/CPRM. Recife, 1977.

BRANDÃO, R. de L. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza. 105p. Programa de Gestão e Administração Territorial - GATE / Projeto Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da R.M.F. - SINFOR. CPRM/REFO. Fortaleza, 1995.

CARVALHO, G. M. B. de S. Geotecnologias aplicadas na análise da vulnerabilidade à erosão: bacias dos rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE). Dissertação de Mestrado. 149p, il. Universidade Estadual do Ceará- UECE. Centro de Ciências e Tecnologia-CCT. Fortaleza, 2000.

CEARÁ. Zoneamento agrícola do estado do Ceará. Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária-SEARA. Fortaleza, 1988.

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos - SRH. Plano Estadual de Recursos Hídricos. 4v. Fortaleza, 1992.

CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. Fortaleza, 1997.

CEARÁ. Solos do Ceará. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME/Departamento de Recursos Ambientais – DERAM. CD-ROM. Fortaleza, 2002.

CEARÁ. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no estado do Ceará – Brasil. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Universidade Federal do Ceará – UFC. Universidade Federal do Piauí – UFPI. Fortaleza, 1992.

CRANDALL, R. Geographia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil, Parayba, Rio Grande do Norte e Ceará. Rio de Janeiro, 1910.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. Uso de sensoriamento remoto no zoneamento ecológico-econômico. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8, Salvador, 1996. CD-ROM. São José dos Campos: INPE, 1996.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 88p. São José dos Campos, 2000.

CROSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. UNICAMP- Instituto de Geociências. 170p. Campinas, 1993.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília, 1999.

INPE. Manual de operação do SPRING: versão 3.6. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Departamento de Processamento de Imagens. São Jose dos Campos, 2002.

LEITE, F. de A. B.; MARQUES, J. N. Solos. *In*: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. p.20-21. Fortaleza, 1997.

MEDEIROS, J.S. de. Banco de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. Tese de doutorado apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo,1999.

MMA. Mapa de vegetação nativa lenhosa do estado do Ceará. Folha SA:24-Y-D-V. Irauçuba. Projeto PNUD/FAO/IBAMA/GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ.

MMA & SAE. Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA, Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR. Responsáveis técnicos: Dra. Bertha K. Becker e Dr. Cláudio A. G. Egler. Laboratório de Gestão do Território da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

MMA. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para zoneamento ecológico-econômico do Brasil. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília – DF, 2001.

OLIVEIRA, V. P. V de. Prospección, caracterización y cartografía edafopaisajística en una región montañosa del "Sertão" o Semiárido Brasileño: La Sierra de Uruburetama (Ceará - Brasil). Universidad de Almería. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Tese de Doctoral. 574p. Almería-España, 2002.

RIBEIRO, A. G.; GONÇALVES, R. do N. Uso Potencial da Terra. Climatologia. *In*: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24- Fortaleza. v.21, p.458-475. Rio de Janeiro, 1981.

SOTCHAVA, V. B. O Estudo dos geossistemas. Métodos em questão. IGEOG/USP. São Paulo, 1976.

SOUZA FILHO, O. A. de. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - Projeto Mapa de Previsão de Recursos Hídricos Subterrâneos, Folha SA.24-Y-D-V – Irauçuba. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Residência de Fortaleza. 50 p. il. Fortaleza, 2000.

SOUZA, M. J. N. de. Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do estado do Ceará. *In*: Revista de Geologia, v.1, p.73-91, Edições Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 1988.

SOUZA, M. J. N. de; MARTINS, M.L.R.; GRANGEIRO, C.; SOARES, M.Z. Esboço do zoneamento geoambiental do Ceará. *In:* Projeto ÁRIDAS-CEARÁ. Grupo I - Recursos Naturais e Meio Ambiente. v.2, p.186-203. SEPLAN - FUNCEME. Fortaleza, 1994.

SOUZA, M. J. N. de. Geomorfologia. *In*: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação - SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará - IPLANCE. Atlas do Ceará. p.18-19. Fortaleza, 1997.

SOUZA, M. J. N. de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. *In*: Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará, Parte I. Universidade Estadual do Ceará – UECE, Editora FUNECE. Fortaleza, 2000.

STANGE, A.; NEVES FILHO, J. P. Pedologia. Levantamento Exploratório de Solos. *In*: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24 - Fortaleza. v.21, p.253-308. Rio de Janeiro, 1981.

TRICART, J. Ecodinâmica. FIBGE/SUPREN. 97p. Rio de Janeiro, 1977.

VERÍSSIMO L. S.; FEITOSA F. A. C. As águas subterrâneas no Nordeste do Brasil, região de Irauçuba – Estado do Ceará. Anais... XXXII IAH-ALHSUD Congress. Mar Del Plata, Argentina, 2002.

ANEXOS

Documentação Fotográfica

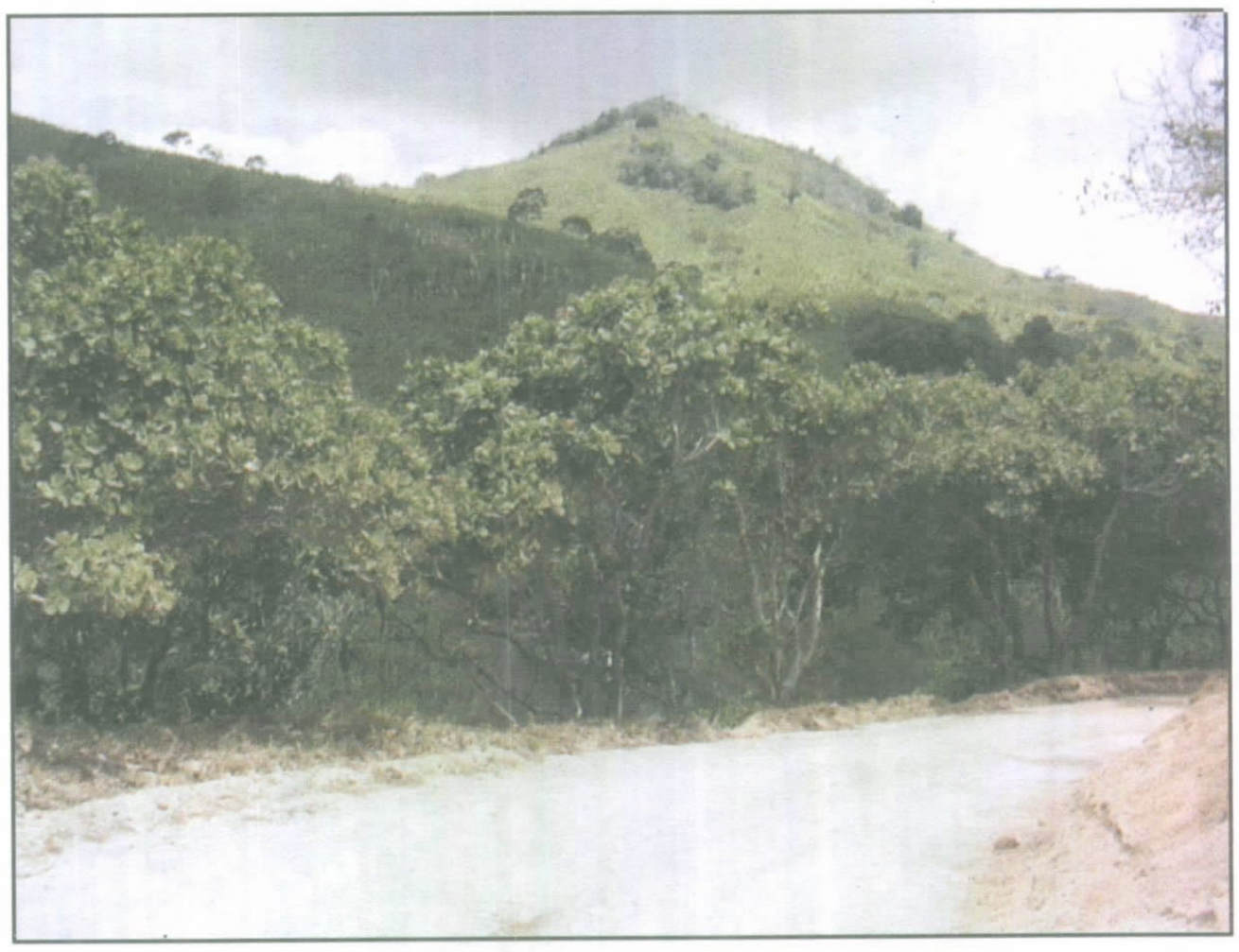


Foto 01- Unidade Vertente Norte-Oriental da Serra de Uruburetama. Observa-se, ao fundo, uso agrícola (bananicultura) atingindo os topos de declividade acentuada, que são protegidos pela legislação ambiental.

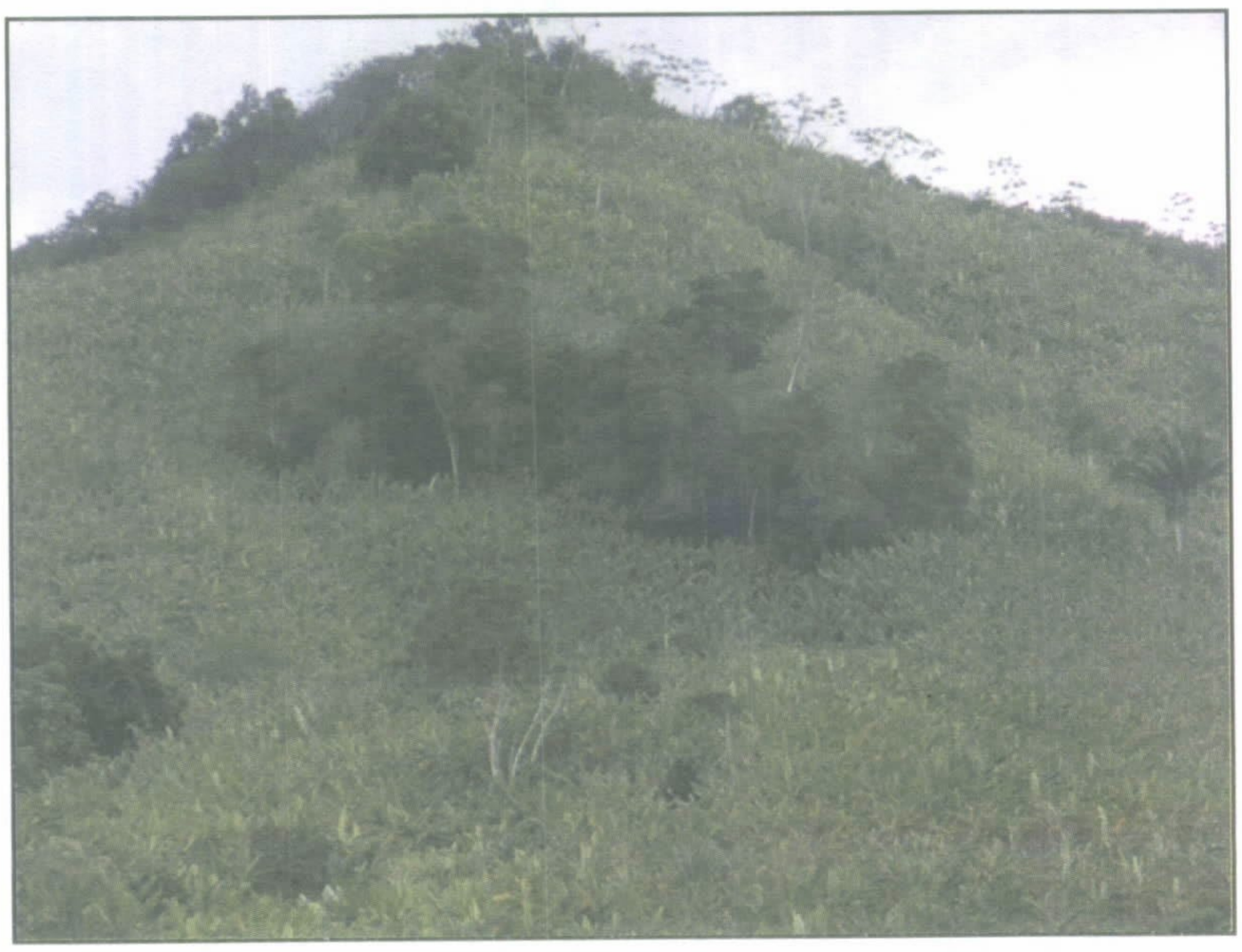


Foto 02 - Detalhe da foto anterior, mostrando a ocupação agrícola inadequada das encostas. Nota-se a presença de raras manchas da vegetação primária.

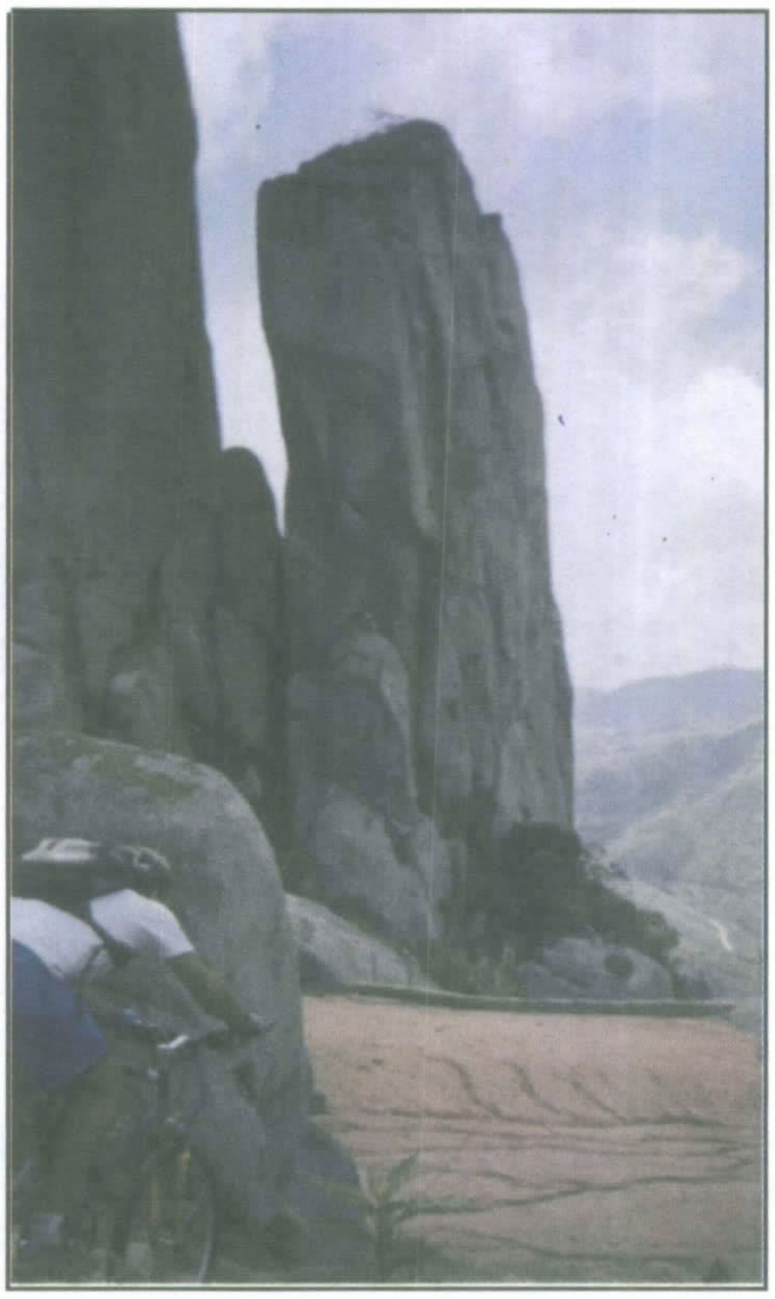


Foto 03 - Pedra do Frade. Formas em pináculos, esculpidas em rochas graníticas, potencializando áreas de interesse paisagístico/turístico na unidade Vertente Norte-Oriental da Serra de Uruburetama.

Foto 04 - Unidade Vertente Norte-Oriental da Serra de Uruburetama. Destaca-se a degradação generalizada da serra, com a formação de focos erosivos e áreas de risco para queda de blocos.

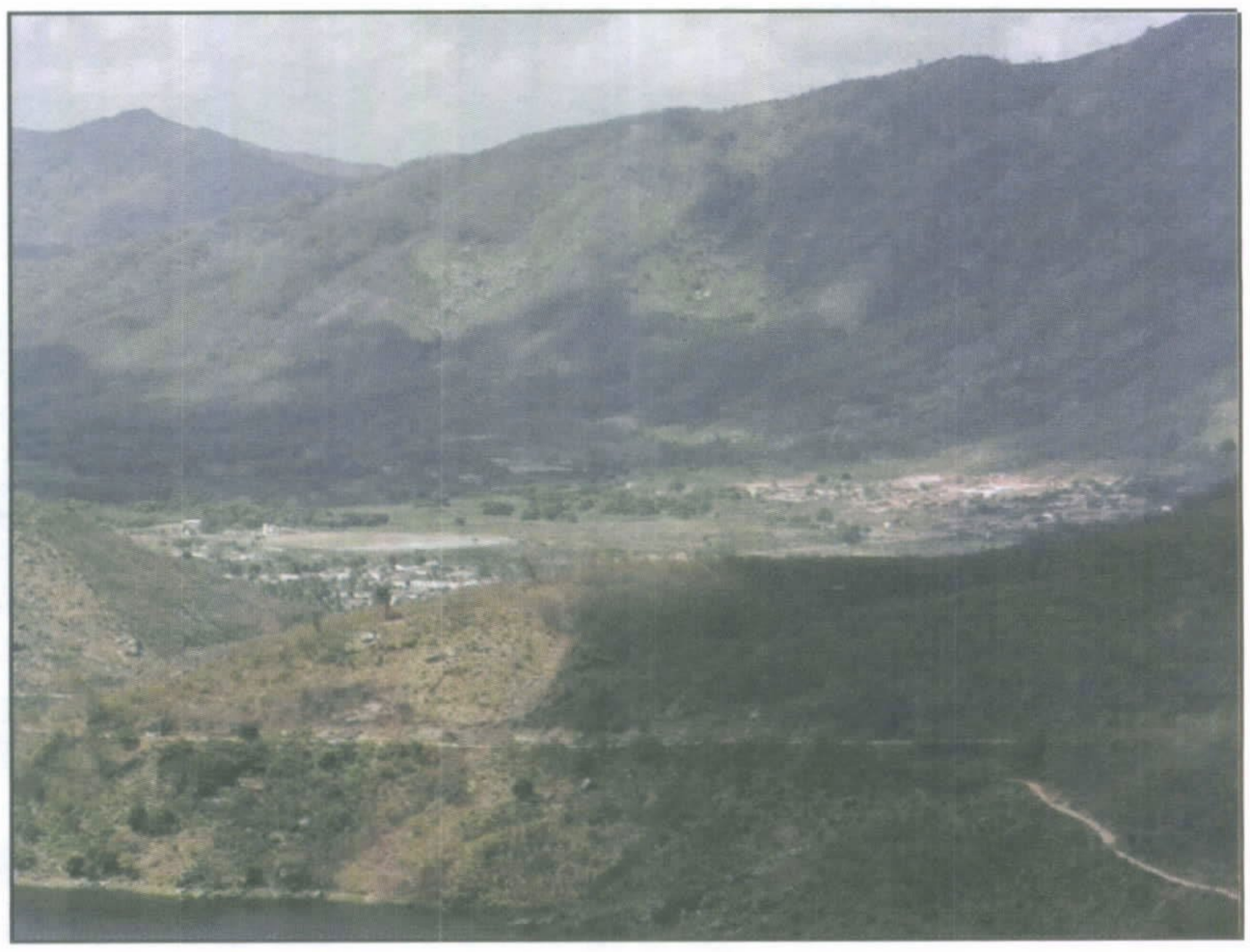


Foto 05 - Outro aspecto da unidade descrita na foto anterior, destacando-se o desmatamento, a presença de sulcos de erosão e cicatrizes de movimentos de massa. Observa-se, no vale, a cidade de Uruburetama.

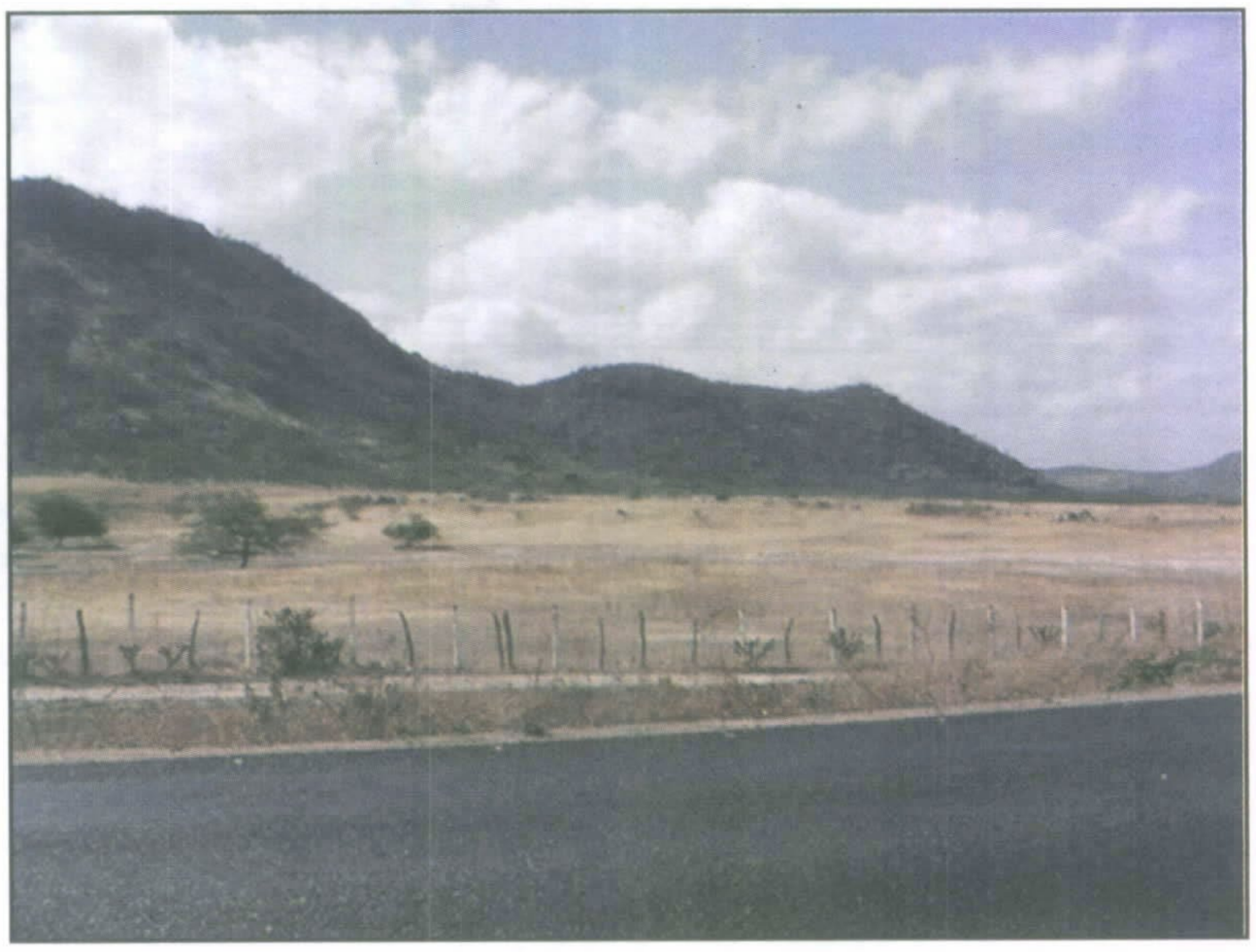


Foto 06 - Em primeiro plano, bordejando a rodovia BR-222, área pertencente à unidade Superfície de Pedimentação Aplainada (1), utilizada como pastagem e submetida a processos de desertificação. Ao fundo, os contrafortes da Vertente Centro-Ocidental da Serra de Uruburetama, com vegetação de mata seca/caatinga.

Foto 07 - Unidade Superfície de Pedimentação Aplainada (2). Área de solos erodidos, com pavimentos desérticos e afloramentos rochosos, recobertos por gramíneas (capim panasco) e caatinga arbustivo-arbórea aberta. Área bastante degradada, evidenciando intensos processos de desertificação.

Foto 08 - Ortognaisse granítico, fraturado, aflorante na Superfície de Pedimentação Aplainada (2), constituindo a unidade geológica mais antiga da área.

Foto 09 - Unidade Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (1), destacando-se a caatinga arbustiva.

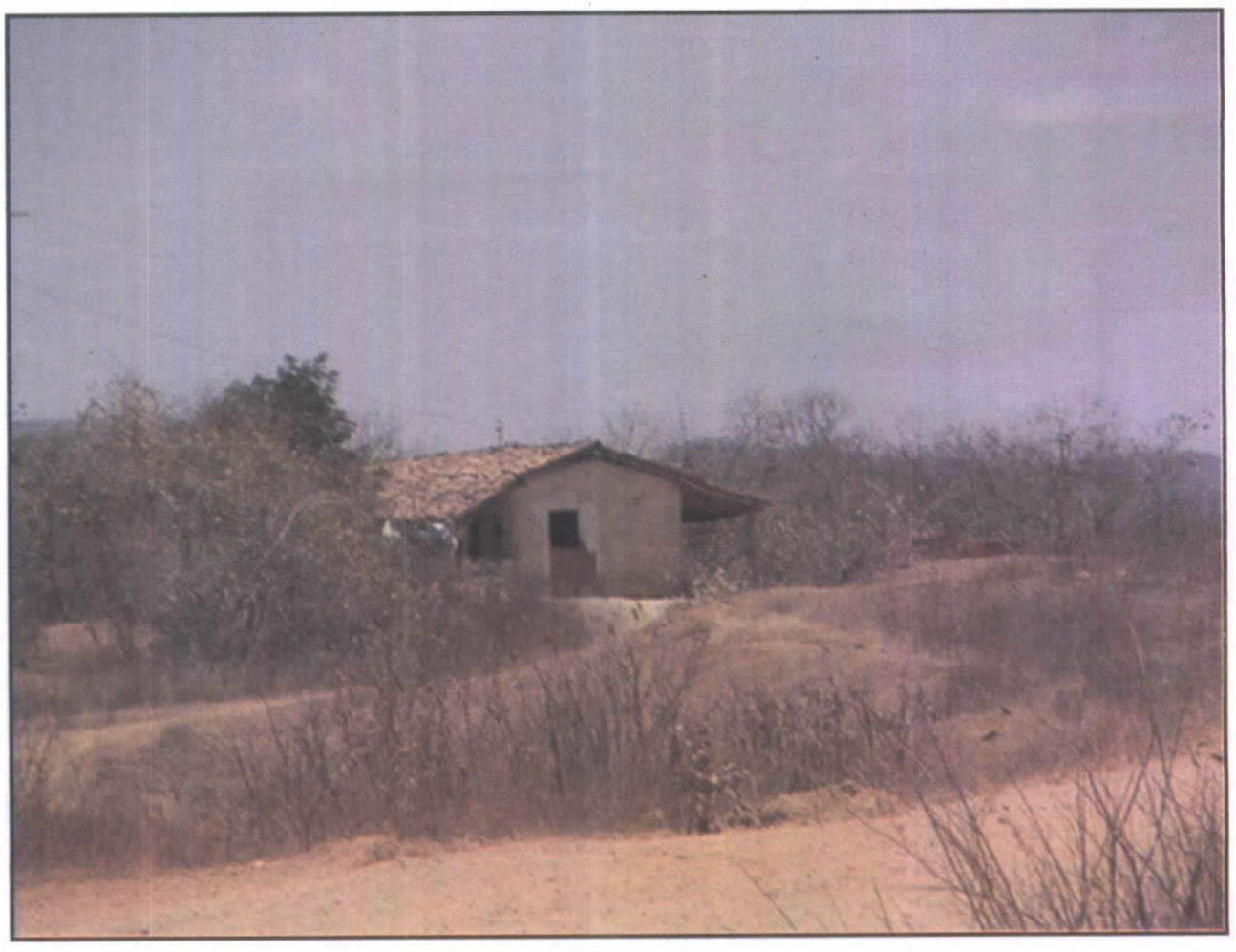


Foto 10 - Outro aspecto da unidade Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (1).

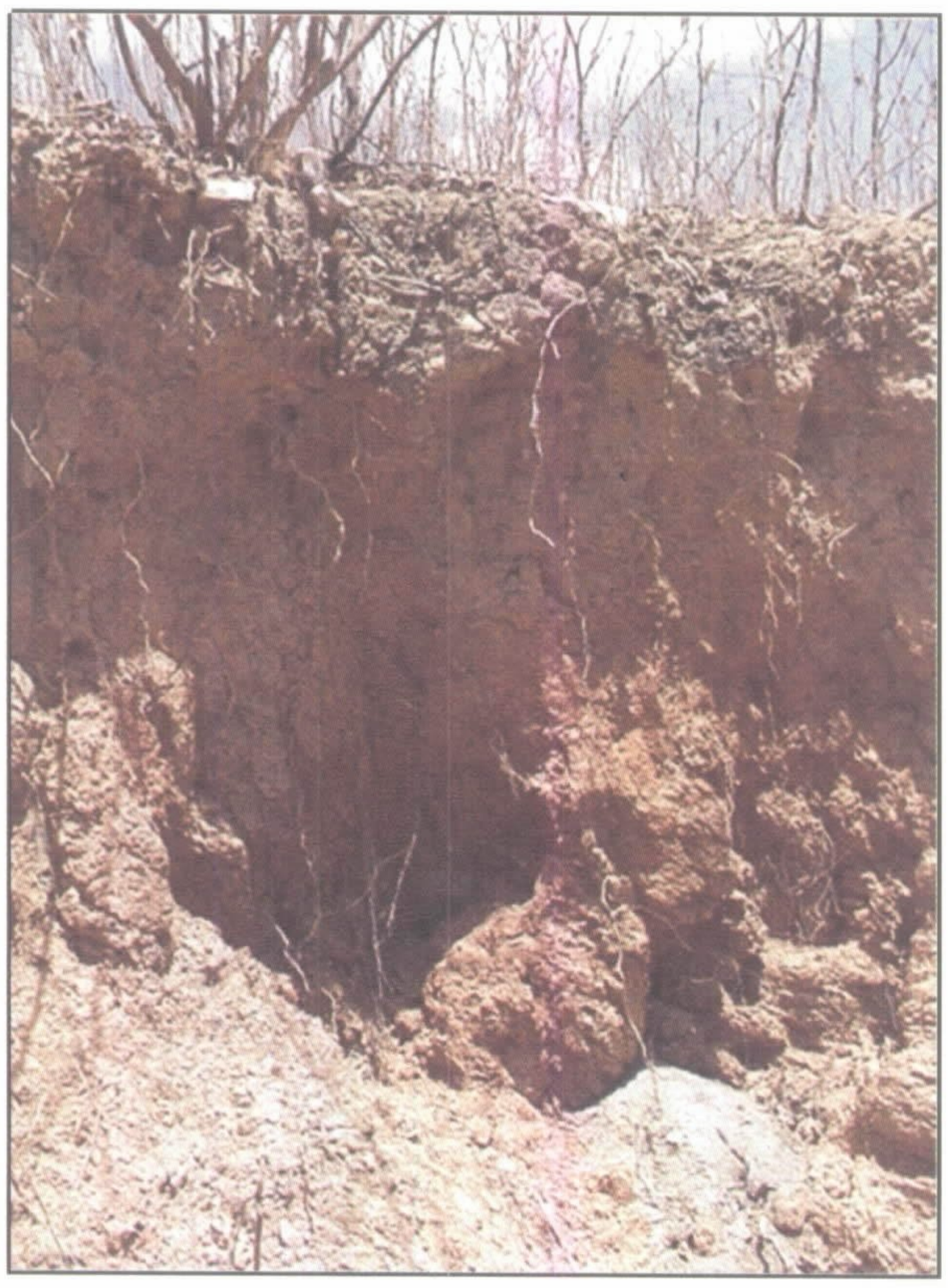


Foto 11 – Unidade Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (1). Perfil de luvissolo, desenvolvido sobre xistos, revestido por caatinga arbóreo-arbustiva.

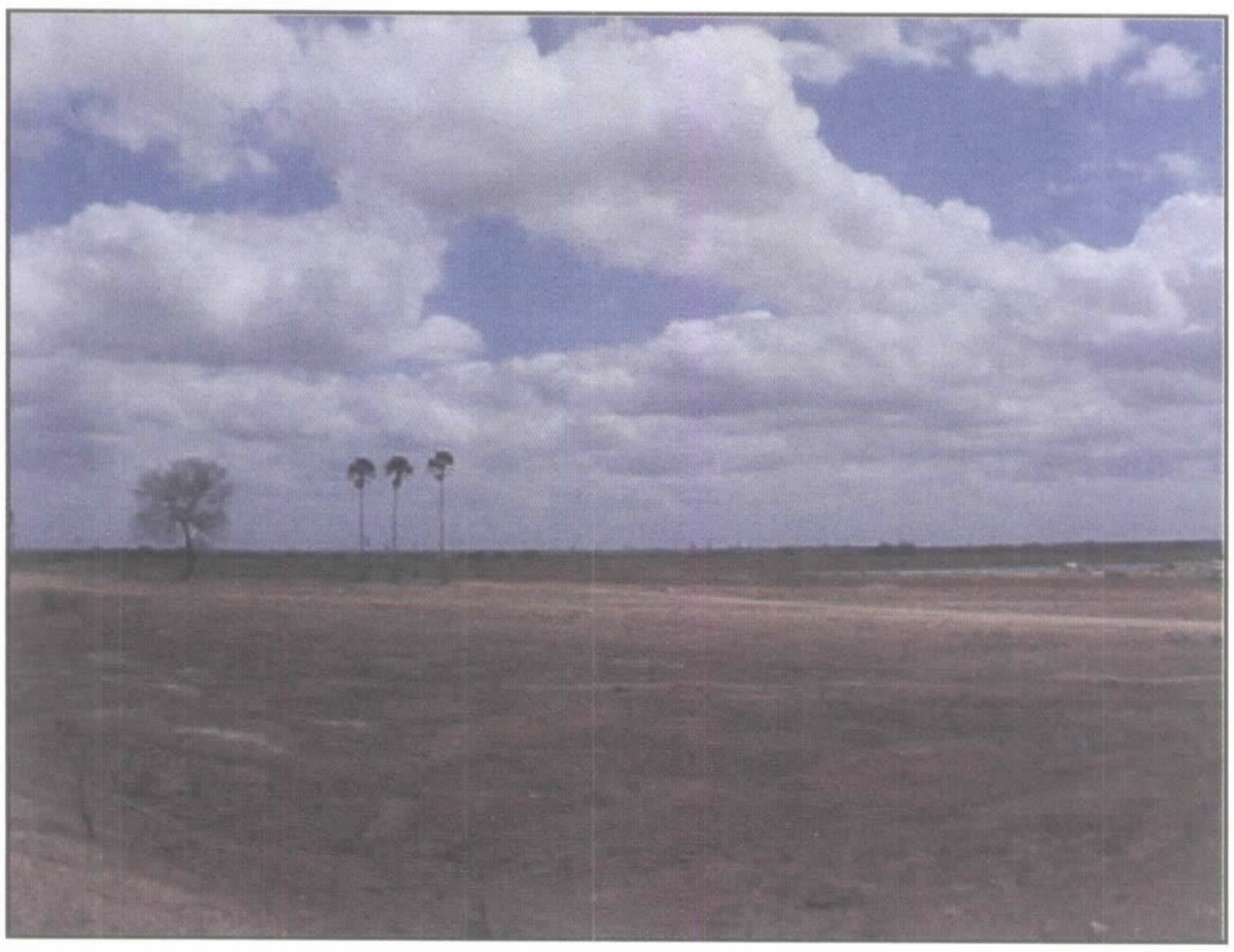


Foto 12 - Unidade Áreas de Inundações Sazonais. Na estação chuvosa, acumula-se uma delgada lâmina d'água em superfície, devido à impermeabilidade do solo argiloso, e desenvolve-se um tapete herbácio de gramínias. Observa-se a degradação da vegetação, restando apenas poucos espécimes de carnaúbas.

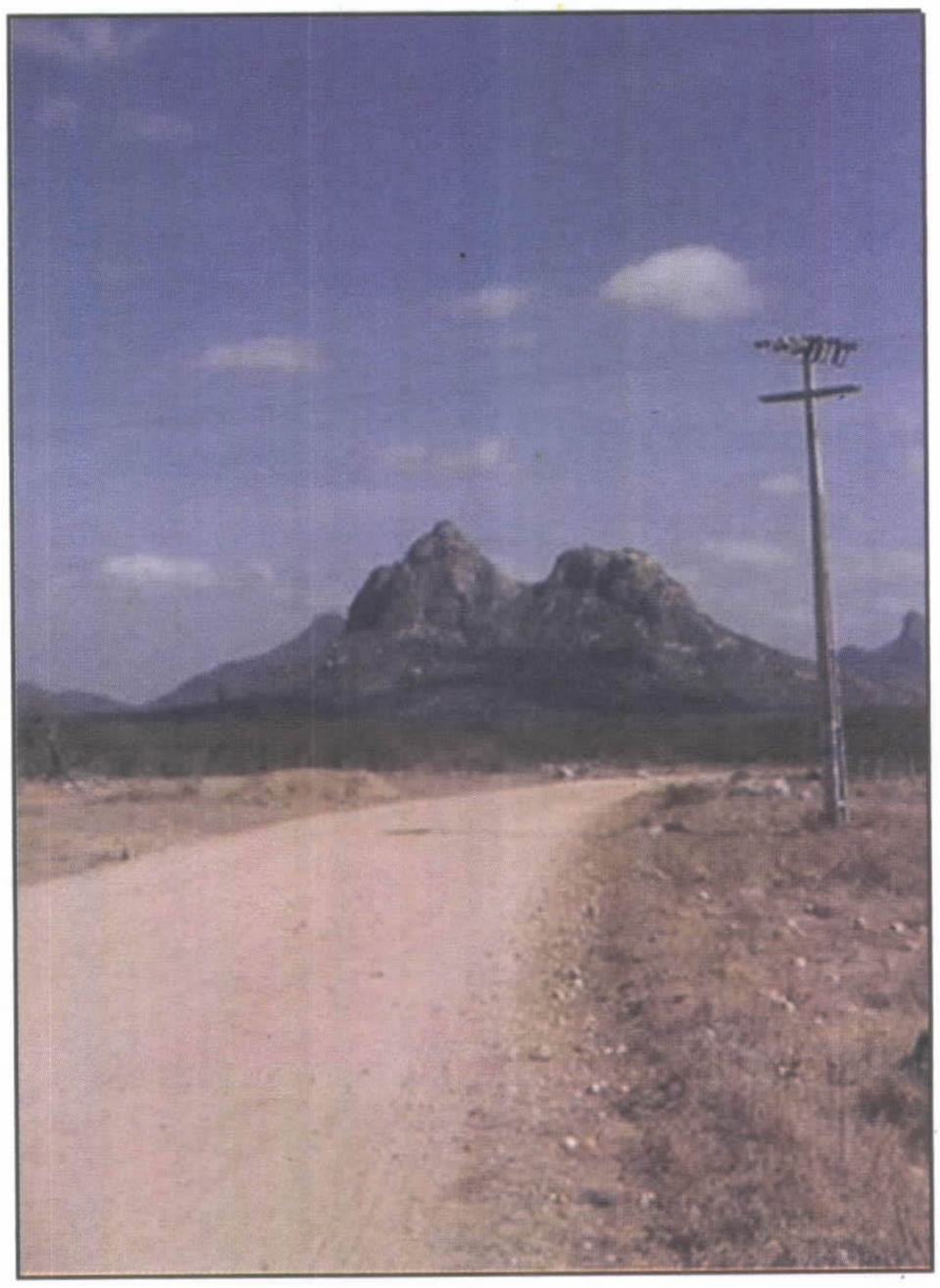
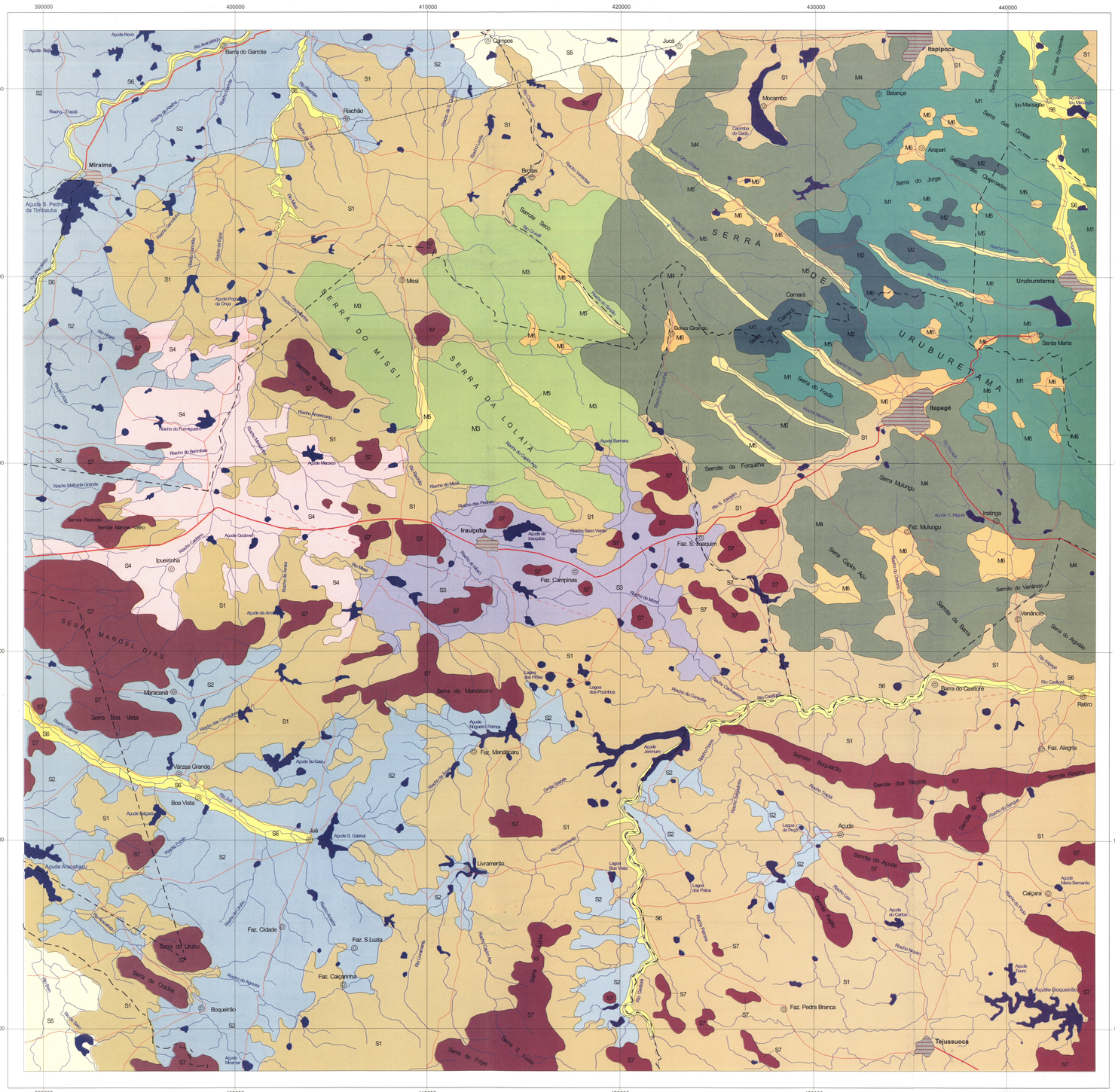


Foto 13 - Unidade Cristas Residuais e *Inselbergs*, ao fundo, contrastando com o relevo plano da Depressão Sertaneja.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

FOLHA SA.24-Y-D-V IRAUÇUBA

Programa de Informações para Gestão Territorial - GATE



Os dados planimétricos foram obtidos a partir da digitalização dos elementos cartográficos da folha SA.24-Y-D-V, elaborada pela DSG (1972), na escala 1:100.000, originalmente referenciados ao datum Córrego Alegre e reprojetados para o Sad 69. Esses dados foram atualizados através da interpretação de imagens digitais do satélite LANDSAT-7, órbita 217-063, de agosto/99.
Os dados temáticos foram gerados pela interpretação e processamento das imagens orbitais, levantamentos de campo, consulta a trabalhos anteriores e integração com outros mapas temáticos e modelos numéricos de terreno elaborados pela equipe.
Todas as informações estão estruturadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG). Este projeto foi desenvolvido na escala 1:100.000, indicada para atividades de planejamento regional.Trabalhos especificos exigirão serviços em escalas maiores.

O Programa Informações para Gestão Territorial - GATE é executado pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil, através de suas unidades regionais, sob a coordenação do Departamento de Gestão Territorial - DEGET, chefiado pelo geólogo Cássio Roberto da Silva.
Este trabalho foi executado pela Residência de Fortaleza - REFO.

ESCALA 1:100.000

2 0 2 4 6 8 10 km

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Datum horizontal Sad 69. Origem da quilometragem UTM: "Equador e meridiano 39°W Gr". Acrescidas as constantes 10.000 km e 500 km respectivamente. Declinação magnética do centro da Folha em 1969: 20°38' W. Cresce 5' anualmente.

Localização da Folha

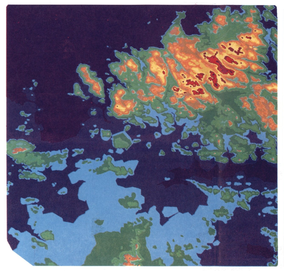
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Estrada pavimentada
- Estrada não pavimentada/carroçável
- Estrada de ferro
- Linha de transmissão
- Limite intermunicipal
- Sede municipal
- Vila/localidade
- Rio/riacho
- Açude
- Lagoa

COMPARTIMENTAÇÃO GEOAMBIENTAL

DOMÍNIOS NATURAIS	SISTEMAS AMBIENTAIS (Geossistemas)	SUBSSISTEMAS AMBIENTAIS (Geofácies)
Sertões Semi-Áridos	Depressão Sertaneja do Centro-Norte do Ceará - S	**S1** **Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (1)** **Características Naturais Dominantes**: integra parte da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação moderadamente dissecada em morros e colinas baixas e suaves, com declividades variáveis entre 2 e 8%. A superfície de erosão desenvolve-se em rochas do embasamento cristalino, com predominância de gnaisses orto e paraderivados, migmatitos e xistos. A rede de drenagem tem padrão dendrítico e escoamento intermitente sazonal, regulado pela escassez e distribuição muito irregular das chuvas (inferiores a 600mm anuais). Predominam Luvissolos (pouco profundos, bem drenados, textura argilosa, cascalhentos e alta fertilidade natural aparente) e Neossolos Litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos e média fertilidade natural), revestidos por caatinga arbóreo-arbustiva degradada, em zona de pecuária extensiva e agricultura de subsistência. **Problemas Ambientais**: degradação indiscriminada da vegetação e dos solos; desencadeamento de processos ligados à erosão laminar; biodiversidade fortemente comprometida; sobrepastoreio; declínio da fertilidade dos solos e ablação dos horizontes superficiais; diminuição de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação); comprometimento das pastagens por secas prolongadas. **Potencialidades**: média a alta fertilidade dos solos, determinando áreas propícias ao uso agrícola; relevo favorável à expansão da malha urbana e viária. **Limitações**: pluviometria escassa e muito irregular, com períodos de seca prolongados; baixo potencial de recursos hídricos superficiais e subterrâneos; baixa capacidade de suporte dos solos e da vegetação; solos rasos. **Cenário Tendencial**: desencadeamento de processos erosivos acelerados; empobrecimento muito significativo da biodiversidade; comprometimento progressivo das pastagens; substituição da cobertura vegetal natural; descaracterização da paisagem sertaneja; diminuição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis.
		S2 **Superfície de Pedimentação Moderadamente Dissecada (2)** **Características Naturais Dominantes**: integra parte da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação moderadamente dissecada em morros e colinas baixas e suaves, com declividades variáveis entre 2 e 5%. A superfície de erosão desenvolve-se em gnaisses orto/ paraderivados, migmatitos e, localmente, em rochas calcissilicáticas e metacalcários. Drenagem com padrão dendrítico e escoamento intermitente sazonal, regulado pelo clima semi-árido. Predomínio de Neossolos Litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos), Luvissolos (pouco profundos, bem drenados, textura argilosa, cascalhentos e média a alta fertilidade natural aparente) e afloramentos rochosos, revestidos por caatinga arbustiva aberta fortemente degradada, em zona de pecuária extensiva e agricultura de subsistência. **Problemas Ambientais**: degradação indiscriminada da vegetação e dos solos; biodiversidade fortemente comprometida; sobrepastoreio; quase inexistência de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação); comprometimento das pastagens por secas prolongadas. **Potencialidades**: pecuária extensiva; utilização agrícola em manchas de solos favoráveis; relevo favorável à expansão da malha urbana e viária. **Limitações**: pluviometria escassa e muito irregular, determinando períodos de seca prolongados; solos muito rasos e afloramentos rochosos; baixa capacidade de suporte dos solos e da vegetação; baixo potencial de recursos hídricos. **Cenário Tendencial**: desencadeamento de processos erosivos acelerados e de desertificação; empobrecimento muito significativo da biodiversidade; comprometimento progressivo das pastagens; substituição da cobertura vegetal natural; descaracterização da paisagem sertaneja; diminuição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis.
		S3 **Superfície de Pedimentação Aplainada (1)** **Características Naturais Dominantes**: integra parte da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação em topografias planas. Declives não superiores a 3% e caimento topográfico muito suave na direção de vales muito pouco entalhados. A superfície de erosão trunca rochas ortognáissicas e migmatíticas, com rede de drenagem dendrítica composta de pequenos canais intermitentes ou esporádicos. Há predominância de Planossolos Sódicos (pouco profundos, imperfeitamente drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização) e Neossolos Litólicos (rasos, textura arenosa, pedregosos). Afloramentos rochosos, pavimentos desérticos e caos de blocos são muito freqüentes. A cobertura vegetal tem padrão fisionômico de caatinga muito aberta e degradada, em zona de pecuária extensiva. **Problemas Ambientais**: degradação dos solos e do recobrimento vegetal; desencadeamento de processos erosivos acelerados; biodiversidade fortemente comprometida; sobrepastoreio; ablação dos horizontes superficiais dos solos; rarefação de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca, é a principal causa da degradação). **Potencialidades**: relevo favorável à expansão urbana e da malha viária; pecuária extensiva. **Limitações**: pluviometria escassa e muito irregular, com períodos de seca prolongados; baixo potencial de recursos hídricos; baixa capacidade de suporte dos solos e da vegetação; solos muito rasos, freqüentes afloramentos rochosos e pavimentos desérticos; ambiente com alta suscetibilidade à erosão. **Cenário Tendencial**: solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos; capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis irrecuperavelmente atingida; processos de desertificação desencadeados e em evidente expansão.
		S4 **Superfície de Pedimentação Aplainada (2)** **Características Naturais Dominantes**: compõe pequena parcela da depressão sertaneja semi-árida do Ceará, com superfície de pedimentação em topografias aplainadas desenvolvida em rochas ortognáissicas. Declividade topográfica variando de 1 a 3%, com leve caimento para fundos de vales muito pouco entalhados e com drenagem de padrão dendrítico muito aberto. Há predominância de Neossolos Litólicos (muito rasos e rasos, textura arenosa, pedregosos) e Planossolos Sódicos (pouco profundos, imperfeitamente drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização), com grande freqüência de afloramentos rochosos e pavimentos/ paleopavimentos desérticos recobrindo a superfície. Afloramentos rochosos, pavimentos desérticos e caos de blocos são muito freqüentes. A cobertura vegetal fortemente degradada, ou quase ausente, evidencia marcas de desertificação. **Problemas Ambientais**: degradação praticamente irreversível dos solos e do recobrimento vegetal primário; desencadeamento de processos erosivos acelerados, exibindo recobrimento generalizado da superfície por pavimentos e paleopavimentos desérticos; freqüentes afloramentos e caos de blocos; quase ausência de espécies lenhosas da caatinga (o corte de madeira para lenha/carvão e estaca é a principal causa da degradação); sobrepastoreio; paisagem com evidências nítidas de desertificação. **Potencialidades**: relevo favorável à expansão urbana e da malha viária; pecuária extensiva. **Limitações**: pluviometria escassa e muito irregular, com períodos de seca prolongados; baixo potencial de recursos hídricos; solos e recobrimento vegetal irreversivelmente degradados; solos muito rasos; freqüentes afloramentos rochosos e pavimentos desérticos; alta suscetibilidade à erosão. **Cenário Tendencial**: solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos; capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis irrecuperavelmente atingida; processos de desertificação desencadeados e em evidente expansão.
		S5 **Áreas de Inundações Sazonais** **Características Naturais Dominantes**: áreas baixas, embutidas na depressão sertaneja, submetidas a inundações sazonais. São mal incorporadas à rede de drenagem e têm recobrimento de clásticos finos, com predominância de sedimentos argilosos inconsolidados, eventualmente com cobertura arenosa. Topografia plana, esbatida e declividade inferior a 3%. Predominam Planossolos Sódicos (rasos, imperfeitamente drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização) e Vertissolos (profundos, mal drenados, textura argilosa). São recobertos por campos de várzeas e campos xerófilos com gramíneas e freqüentes carnaubais, em zona de pecuária extensiva e agricultura de subsistência. Estão representadas em duas áreas, no centro-norte e sudoeste da Folha, embora ocorram com certa freqüência em áreas menores, não mapeáveis na escala do trabalho. **Problemas Ambientais**: degradação da vegetação lenhosa; desencadeamento de processos ligados à erosão laminar. **Potencialidades**: paisagem de exceção, com reservas hídricas superficiais; extração de argila para uso na construção civil; relevo favorável (plano); extrativismo vegetal (utilização da carnaúba); pastagens nativas. **Limitações**: inundações sazonais; pluviometria escassa e muito irregular; drenagem imperfeita e salinização dos solos. **Cenário Tendencial**: degradação da cobertura vegetal, comprometendo a biodiversidade.
		S6 **Planícies Fluviais** **Características Naturais Dominantes**: ocorrem dispersas nas superfícies sertanejas, bordejando calhas fluviais e formando estreitas faixas de planícies oriundas da acumulação de sedimentos aluviais. Predominância de Neossolos Flúvicos (profundos, mal drenados, com textura indiscriminada) e Planossolos Sódicos (pouco profundos, mal drenados, textura indiscriminada e com problemas de salinização), revestidos por matas ciliares com carnaúbais e campos de várzeas. **Problemas Ambientais**: degradação da mata ciliar; poluição hídrica; sobrepastoreio. **Potencialidades**: principal manancial hídrico da área, principalmente nos períodos de estiagem, quando a captação é feita através de cacimbas (poços amazonas); implantação de açudes e barragens subterrâneas; aproveitamento agropecuário, com manejo adequado; irrigação controlada; extração de argila e areia, de forma controlada, para uso na construção civil; extrativismo vegetal. **Limitações**: inundações sazonais; alta vulnerabilidade à poluição/contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; áreas inadequadas para a ocupação urbana e implantação de fontes poluidoras, como parques industriais, lixões, aterros sanitários, utilização intensa de agrotóxicos, cemitérios e tanques de armazenamento de combustíveis; as matas ciliares são consideradas reservas ecológicas, segundo faixas determinadas pela legislação ambiental. **Cenário Tendencial**: degradação das matas ciliares; assoreamento dos leitos fluviais; degradação da qualidade das águas, pelo aumento das atividades antrópicas nestes ambientes.
		S7 **Cristas Residuais e *Inselbergs*** **Características Naturais Dominantes**: apresentam distribuição dispersa nas superfícies sertanejas, ocorrendo como níveis de cristas residuais com fortes declives nas vertentes e topos agçudados, além de morros isolados oriundos de erosão diferencial (*inselbergs*), em rochas graníticas e quartzíticas. Às vertentes de ambas as feições são expostas, ou cobertas por Neossolos Litólicos (rasos a muito rasos, textura arenosa e pedregosos) com eventual revestimento de vegetação rupestre e caatinga arbustiva. São freqüentes as ocorrências de matacões nas encostas que apresentam diaclasamento ortogonal. **Problemas Ambientais**: remoção do escasso revestimento vegetal existente; surgimento de focos de erosão nas encostas. **Potencialidades**: áreas com bom potencial para a explotação de rochas para brita, cantaria e revestimento; constituem feições interessantes do ponto de vista paisagístico, contrastando com a topografia plana das depressões sertanejas. **Limitações**: ausência de solos produtivos e recursos hídricos; áreas impraticáveis para ocupação produtiva, exceto lavras de material para construção. **Cenário Tendencial**: intensificação de ações erosivas nas encostas.
	Maciço Residual da Serra de Uruburetama - M	**M1** **Vertente Norte-Oriental** **Características Naturais Dominantes**: vertente norte-oriental úmida a sub-úmida da Serra de Uruburetama. Exibe superfície dissecada em morros, lombas e colinas, desenvolvida em rochas graníticas e granodioríticas, intercalada por vales fechados em forma de V. Relevo fortemente ondulado a montanhoso, com declividades acima de 30%. Índices pluviométricos anuais entre 900 e 1300mm, com rede fluvial densa, de padrão dendrítico e escoamento superficial semi-perene. Maior freqüência de Luvissolos (medianamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta), Argissolos (profundos, textura argilosa, moderada ou imperfeitamente drenados e fertilidade natural alta) e, nos setores de maior declividade, de Neossolos Litólicos (rasos, textura média e bastante suscetíveis à erosão). O revestimento vegetal é dominado por mata úmida degradada e uso agrícola (principalmente bananicultura), em zona de atividade agrícola com fruticultura e lavouras de subsistência. **Problemas Ambientais**: encostas desmatadas favorecendo o desencadeamento de processos erosivos; exploração agrícola em áreas incompatíveis com este tipo de uso; empobrecimento da biodiversidade; descaracterização da paisagem serrana; resecamento de fontes e de nascentes fluviais, em decorrência de desmatamentos indiscriminados. **Potencialidades**: condições hidroclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de atividades produtivas; solos profundos e com alta fertilidade natural; patrimônio paisagístico, com bom potencial para aproveitamento turístico. **Limitações**: restrições a diversos tipos de uso em decorrência da forte declividade das vertentes; alta suscetibilidade à erosão devido às condições topográficas e aos desmatamentos realizados indiscriminadamente e à margem de normas conservacionistas; áreas de risco sujeitas a movimentos de massa (deslizamentos de solos e blocos de rocha); áreas protegidas pela legislação ambiental pertinente. **Cenário Tendencial**: erosão acelerada das vertentes em face de desmatamentos desordenados; empobrecimento progressivo da biodiversidade; degradação generalizada das nascentes fluviais; descaracterização da paisagem serrana; comprometimento da manutenção funcional do subsistema ambiental.
		M2 **Platô da Serra** **Características Naturais Dominantes**: platô úmido da Serra de Uruburetama. Superfície descontínua e moderadamente dissecada em colinas e morros baixos, desenvolvida em rochas graníticas e granodioríticas. Índices pluviométricos anuais entre 1000 e 1300mm, em nível altimétrico médio de 750-800m, com rede fluvial densa, de padrão dendrítico e escoamento superficial semi-perene. Domínio de Argissolos (profundos, textura argilosa, moderada ou imperfeitamente drenados e fertilidade natural média a alta) e Luvissolos (medianamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta) recobertos por mata úmida degradada e uso agrícola (principalmente bananicultura). **Problemas Ambientais**: superfície de cimeira com mata úmida degradada a fortemente degradada; exploração agrícola em áreas incompatíveis com este tipo de uso; processos erosivos ativos; empobrecimento da biodiversidade; descaracterização da paisagem serrana; nascentes fluviais sem o recobrimento vegetal primário e em estado de degradação. **Potencialidades**: condições hidroclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de atividades produtivas; solos profundos e com alta fertilidade natural; patrimônio paisagístico, com bom potencial para aproveitamento turístico. **Limitações**: alta suscetibilidade à erosão devido às condições topográficas e aos desmatamentos realizados indiscriminadamente e à margem de normas conservacionistas; áreas protegidas pela legislação ambiental pertinente. **Cenário Tendencial**: erosão acelerada das vertentes em face de desmatamentos desordenados; empobrecimento progressivo da biodiversidade; degradação generalizada das nascentes fluviais; descaracterização da paisagem serrana; comprometimento da manutenção funcional do subsistema ambiental.
		M3 **Vertente Ocidental** **Características Naturais Dominantes**: vertente ocidental sub-úmida seca da Serra de Uruburetama. Superfície dissecada em cristas alinhadas e morros com vertentes rochosas (expostas) e/ou solos muito rasos, desenvolvida em rochas graníticas/granodioríticas. Relevo fortemente ondulado a montanhoso, com declividades superiores a 30%. Índices pluviométricos similares aos do sertão e inferiores a 800mm anuais, com rede fluvial densa e escoamento superficial intermitente sazonal. Maior freqüência de Neossolos Litólicos (rasos, textura arenosa e bastante suscetíveis à erosão) associados a uma ampla ocorrência de afloramentos rochosos e blocos expostos, recobertos parcialmente por caatinga arbustiva aberta e por vegetação rupestre. **Problemas Ambientais**: encostas desnudas, acentuando o escoamento superficial; processos erosivos muito ativos. **Potencialidades**: mostra-se favorável às atividades de produção mineral (brita e rochas ornamentais); algumas áreas apresentam significativa beleza cênica, com interessantes formações rochosas. **Limitações**: forte declividade das vertentes; solos muito rasos e acentuada freqüência de afloramentos e matacões; alta suscetibilidade à erosão; desfavorável para ocupação agrícola; áreas de risco sujeitas a movimentos de massa (deslizamentos de solos e blocos de rocha). **Cenário Tendencial**: empobrecimento progressivo da biodiversidade; ambiente desertificado.
		M4 **Vertente Centro-Ocidental** **Características Naturais Dominantes** : vertente centro-ocidental sub-úmida da Serra de Uruburetama. Apresenta superfície dissecada em morros, lombas e cristas em granitos e granodioritos. Relevo fortemente ondulado a montanhoso, com declividades superiores a 30%. Índices pluviométricos decrescentes em relação ao platô da serra e à vertente norte oriental de barlavento. Rede fluvial densa, com controle estrutural e escoamento superficial intermitente sazonal. Maior freqüência de Argissolos (medianamente profundos, textura média ou argilosa, moderadamente drenados e fertilidade natural média a alta) e Neossolos Litólicos (rasos, textura média e muito suscetíveis à erosão). Afloramentos rochosos e vertentes com matacões ocorrem de forma ampla. A cobertura vegetal é de mata seca/caatinga degradada. **Problemas Ambientais**: desmatamentos desordenados; exploração agrícola em áreas não compatíveis com este uso; processos erosivos ativos; descaracterização da paisagem serrana. **Potencialidades**: boa fertilidade natural de alguns tipos de solos, potencializando áreas para uso agrícola; mostra-se favorável às atividades de produção mineral (brita e rochas ornamentais). **Limitações**: forte declividade das vertentes; alta suscetibilidade à erosão; vertentes expostas e com matacões; áreas de risco sujeitas a movimentos de massa (escorregamentos de solos e bocos de rocha); impedimentos à mecanização; áreas protegidas pela legislação ambiental pertinente. **Cenário Tendencial**: descaracterização da paisagem serrana por desmatamentos indiscriminados; solos erodidos e biodiversidade empobrecida; degradação generalizada das nascentes fluviais.
		M5 **Vales em Forma de V** **Características Naturais Dominantes**: vales superimpostos em forma de V, confinados entre relevo movimentado, localizados no setor nordeste da Folha. O entalhamento da superfície, desenvolvido por drenagem que apresenta forte controle estrutural na direção NW-SE, abrange principalmente as vertentes ocidental (M3) e centro-ocidental (M4) da Serra de Uruburetama. Os vales têm uma disposição paralela entre si, para onde convergem cursos d'água de 1a e 2a ordens. Os fundos dos vales são muito estreitos e os gradientes fluviais favorecem o entalhamento da superfície, limitando a deposição de clásticos finos. **Problemas Ambientais**: torrencialidade do escoamento superficial, decorrente de desmatamentos em áreas de nascentes. **Potencialidades**: aproveitamento dos recursos hídricos de superfície; implantação de barragens fluviais; potencialidade parcial para utilização agrícola. **Limitações**: forte declividade dos gradientes fluviais; processos de erosão linear muito ativos; não formam planícies de largura significativa, restringindo o aproveitamento para agricultura. **Cenário Tendencial**: erosão acelerada nas vertentes ingremes dos vales.
		M6 **Planícies Aiveolares** **Características Naturais Dominantes**: planícies aiveolares embutidas entre feições dissecadas, resultantes de acumulação aluvio-coluvial e com a cobertura vegetal primária fortemente descaracterizada pelo uso agrícola. Superfícies planas, com declividades inferiores a 2%, constituindo seções alargadas de vales intermontanos na Serra de Uruburetama. **Problemas Ambientais**: degradação do recobrimento vegetal primário. **Potencialidades**: condições topográficas e hidroclimáticas favoráveis; solos profundos e com alta fertilidade natural; bom potencial para captação de água subterrânea. **Limitações**: drenagem imperfeita dos solos, ocasionando inundações periódicas. **Cenário Tendencial**: ocupação generalizada por agropecuária e expansão urbana.

MODELO DIGITAL DO TERRENO



CARTA GEOAMBIENTAL DA FOLHA IRAUÇUBA

AGOSTO/2003

CPRM Serviço Geológico do Brasil — Secretaria de Minas e Metalurgia — Ministério de Minas e Energia

Programa Informações para Gestão Territorial - GATE, em colaboração:

COOPERAÇÃO CANADÁ- BRASIL

Projeto Água Subterrânea no Nordeste do Brasil
PROASNE

Autor
Geólogo Ricardo de Lima Brandão

Consultor
Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza (UECE)

Coordenador
Geólogo Jaime Quintas dos Santos Colares

Colaboradores
Geólogos Francisco Edson Mendonça Gomes
Sara Maria Pinotti Benvenuti