

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS – CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS – DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo

LEVANTAMENTO DAS BASES DE DADOS DA BACIA DO RIO NATUBA –
PE: estudo de caso da Pedologia, Geomorfologia e Cobertura Vegetal

JÉSSICA BEZERRA MENEZES

RECIFE

2010

JÉSSICA BEZERRA MENEZES

**LEVANTAMENTO DAS BASES DE DADOS DA BACIA DO RIO NATUBA –
PE: estudo de caso da Pedologia, Geomorfologia e Cobertura Vegetal**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Orientador

MARIA DO SOCORRO BEZERRA DE ARAÚJO

RECIFE

2010

Menezes, Jéssica Bezerra

Levantamento das bases de dados da Bacia do Rio Natuba – PE : estudo de caso da Pedologia, Geomorfologia e Cobertura Vegetal / Jéssica Bezerra Menezes. -- Recife: O Autor, 2010.

67 folhas : il., fig., quadros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia, 2010.

Inclui bibliografia.

1. Geografia. 2. Recursos naturais. 3. Solo - uso. 4. Mapeamento geomorfológico. 5. Vegetação mapeamento. I. Título.

**91
910**

**CDU (2. ed.)
CDD (22. ed.)**

**UFPE
BCFCH2010/143**

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	III
AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	VI
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE QUADROS	IX
1 INTRODUÇÃO	10
2 HIPÓTESE	10
3 OBJETIVOS	10
3.1 OBJETIVO GERAL	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4 REVISÃO DE LITERATURA	11
4.1 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA	11
4.2 MAPEAMENTO PEDOLÓGICO	12
4.3 GEOPROCESSAMENTO	14
5 ÁREA DE ESTUDO	16
5.1 MATERIAL E MÉTODOS PARA A OBTENÇÃO DOS MAPAS CLINOGRÁFICO, HIPSOMÉTRICO E GEOLÓGICO	18
5.2 RESULTADOS	18
CAPÍTULO 2 – MAPEAMENTO SEMIDETALHADO DOS SOLOS DO BAIXO NATUBA – PE	
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 RECONHECIMENTO MORFOLÓGICO DOS SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO	30
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	31
2.2.1 ANÁLISES FÍSICAS	31
2.2.2 ANÁLISES QUÍMICAS	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MORFOLÓGICAS	35
3.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	37
3.3 DESCRIÇÃO DAS CLASSES DE SOLOS E APRESENTAÇÃO DO MAPA DO BAIXO NATUBA	39
4 CONCLUSÕES	46
CAPÍTULO 3 – MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO	
1 INTRODUÇÃO	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	47
3 RESULTADOS	49
4 CONCLUSÕES	55
CAPÍTULO 4 – MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL	
1 INTRODUÇÃO	56
2 MATERIAL E MÉTODOS	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4 CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	63

“Só há realidade na ação”

Jean Paul Sartre

À minha família, Severina Maria

Aos meus amigos

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Eis que chegou o momento de expor meus sinceros agradecimentos a familiares e amigos. Considero a elaboração de uma dissertação um trabalho coletivo e durante a execução dessa pesquisa constatei, de forma prática, tal afirmativa.

Nessa breve caminhada, que parecia não ter fim, convivi e aprendi com profissionais que foram além da vida acadêmica, convivi com seres humanos que me tornaram uma pessoa melhor.

Agradeço à minha família pelo carinho e fé depositados.

À minha orientadora, professora Socorro Araújo, pela confiança acolhida e precisa orientação. Por ter acreditado no meu potencial, principalmente, pelo estímulo oferecido para percorrer novos caminhos.

À professora Josiclêda Galvêncio, por todo o apoio nas orientações, nas questões técnicas e principalmente pelo apoio pessoal.

Ao pesquisador Dr. José Coelho de Araújo Filho, pela imensa contribuição em todas as etapas da elaboração desse trabalho, pelo carinho e preocupação.

Ao professor Everardo Sampaio por ter sido sempre disposto a ajudar na execução desse trabalho.

À professora Rejane Pimentel pelo carinho das suas críticas.

Ao grupo Natuba, em especial, Manuella Vieira, Cristiane Barbosa e Sara Fernandes (Natuba's girls) por terem me acompanhado na caminhada até aqui, pela torcida, pelas discussões, pela paciência e pelo imenso carinho e proteção que me deram.

Ao meu companheiro e amigo, Magno Souza; pelo enorme amor e carinho, pelas palavras amigas e de incentivo, enfim por tudo.

À Hewerton Alves, Daniel Lira, Tiago Oliveira e Lucas Cavalcanti pela amizade sincera, pelas discussões produtivas e pelos momentos de descontração.

À Roberto Parahyba pelas palavras positivas e pela ajuda na etapa final deste trabalho.

À FACEPE , pelo auxílio financeiro primordial para a concretização de mais essa etapa da minha vida acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Levantamento das bases de dados da bacia do rio Natuba – PE: estudo de caso da geomorfologia, pedologia e vegetação.

Autora: Jéssica Bezerra Menezes

Orientadora: Maria do Socorro Bezerra de Araújo

RESUMO

Na maioria das vezes o uso do solo se faz de maneira desordenada desencadeando processos erosivos. A produtividade agrícola, geralmente, está associada à injeção de insumos ao invés de métodos produtivos mais eficientes e menos impactantes. Para que seja possível propor práticas sustentáveis do uso do solo é necessário compreender as particularidades do ambiente. Partindo da premissa que sem informação não é possível fazer um bom gerenciamento dos recursos naturais, o presente trabalho teve como objetivo fazer um levantamento da base de dados georrefenciadas dos solos, da geomorfologia e da vegetação da bacia do rio Natuba, através de dados de campo e geoprocessamento. A área de estudo está localizada na Zona da Mata Centro de Pernambuco. A atividade econômica predominante é a horticultura. O mapa pedológico demonstra que no baixo curso do rio Natuba há o predomínio dos Argissolos (89,75%), vindo depois os Neossolos Flúvicos (8,12%) e Latossolos (2,13%), com profundidade variando de pouco profundo a profundo. O relevo predominante são as colinas sobre cristalino intemperizado, ora com rio confinados, ora não confinados, correspondendo às áreas de inundação. Através do índice de realce da vegetação (IRV) foi possível fazer a distinção entre as áreas de mata, vegetação rala e uso agrícola.

Palavras-chave: mapeamento pedológico, mapeamento geomorfológico, índices de vegetação

Rising of the bases of data of the basin of the river Natuba - PE: study of case of the geomorphology, pedology and vegetation.

Author: Jéssica Bezerra Menezes

Advisor: Maria do Socorro Bezerra de Araújo

ABSTRACT

Most of the time the use of the soil is made in a disordered way unchaining erosive processes. The agricultural productivity, usually, it is associated to the injection of inputs instead of methods more efficient and less productive impactantes. So that it is possible to propose maintainable practices of the use of the soil it is necessary to understand the particularities of the atmosphere. Leaving of the premise that is not possible to do a good administration of the natural resources, the present work without information had as objective to do a rising of the base of data georreferenciings of the soils, of the geomorphology and of the vegetation of the basin of the river Natuba, through field data and geoprocessing. The study area is located in the Zone of the Mata Centro of Pernambuco. The predominant economical activity is the horticulture. The pedologic map demonstrates that in the bass course of the river Natuba there is the prevalence of Argissolos (89,75%), coming Neossolos Flúvicos later (8,12%) and Latossolos (2,13%), with depth varying of little deep the deep. The predominant relief is the hills on crystalline waterings, some times with river confined, other times not confined, corresponding to the flood areas. Through the index of it enhances of the vegetation (IRV) it was possible to do the distinction among the forest areas, vegetation grates and I use agricultural.

Word-key: pedologic mapping, geomorphology mapping, vegetation indexes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa com a localização da bacia do rio Natuba nos municípios e na bacia do rio Tapacurá com detalhamento da rede de drenagem.....	17
Figura 2 - Modelo digital de elevação da bacia do rio Natuba – PE.....	18
Figura 3 - Mapa clinográfico da bacia do rio Natuba – PE.....	20
Figura 4 - Mapa geológico da bacia do rio Natuba – PE.....	21
Figura 5 - Localização da área de realização do mapeamento pedológico semidetalhado – Baixo Natuba.....	23
Figura 6 - Mapa da distribuição dos pontos de reconhecimento de solos da bacia do rio Natuba e trechos percorridos.....	25
Figura 7- Mapa com a distribuição dos pontos escolhidos para análise completa dos perfis e coleta de material para análises físico-químicas no baixo Natuba.....	27
Figura 8- Distribuição dos pontos de reconhecimentos dos solos e dos pontos de coleta de amostras sobre a folha SC-25-V-A-II-1-SO da SUDENE.....	30
Figura 9- Distribuição dos pontos de reconhecimento dos solos no campo sobre o mapa do ZAPE (1:100.000).....	34
Figura 10- Perfil de Latossolo Amarelo Distrófico úmbrico A moderado textura argilosa.....	39
Figura 11- Perfil de Argissolo Amarelo Distrófico epiáquico e úmbrico com cor variegada bruno-amarelada, vermelho-amarelada e vermelha.....	40
Figura 12 - Perfil de Argissolo Amarelo e Vermelho Amarelo Distrófico epiáquico.....	41
Figura 13 - Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo e Amarelo Distrófico.....	42
Figura 14 - Perfil de Argissolo Acinzentado Distrocoeso epiáquico.....	43
Figura 15 - Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico.....	44
Figura 16 - Mapa das classes de solos do baixo Natuba.....	45
Figura 17 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI.....	50
Figura 18 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCII.....	50
Figura 19 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI2.....	50
Figura 20 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI3.....	51

Figura 21 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI4.....	51
Figura 22 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI5.....	51
Figura 23 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI6.....	51
Figura 24 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica PTA.....	52
Figura 25 - Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica PTA1.....	52
Figura 26 - Mapa geomorfológico de detalhe da bacia do rio Natuba – PE.....	54
Figura 27 - Mapa da cobertura vegetal obtida através do SAVI da bacia do rio Natuba – PE.....	60
Figura 28 - Mapa da cobertura vegetal obtida através do IAF da bacia do rio Natuba – PE.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelo da ficha de descrição dos perfis dos solos utilizadas no reconhecimento das classes de solos mais representativos da bacia do rio Natuba, o exemplo abaixo trata-se de um Argissolo Amarelo Distrófico epiáquico.....	26
Tabela 2 - Modelo de ficha de descrição de perfil de solo utilizado no mapeamento semidetalhado dos solos do baixo Natuba.....	29
Tabela 3 - Dados levantados durante a descrição dos perfis dos solos mais representativos do baixo Natuba.....	30
Tabela 4 - Atributos morfológicos e físicos dos perfis de solos escolhidos para análises.....	37
Tabela 5 - Resultados das análises químicas dos perfis dos solos escolhidos.....	39
Tabela 6-Segmentos de relevo para levantamento geomorfológico de detalhe.....	48
Tabela 7 - Exemplo de legenda.....	50
Tabela 8- Legenda do mapa geomorfológico de detalhe da bacia do Rio Natuba.....	53
Tabela 9- Valores de esunn no topo da atmosfera ($W.m^{-2}.\mu m^{-1}$).....	58
Tabela 10- Valores de área em pixel, km^2 e % das classes temáticas obtidas através do SAVI.....	60
Tabela 11- Valores de área em pixel, km^2 e % das classes temáticas obtidas através do EVI.....	60

1. Introdução Geral

Na maioria das vezes o uso do solo se faz de maneira desordenada desencadeando os processos erosivos. Quando se trata do uso agrícola a produtividade, geralmente, está associada à injeção de insumos ao invés de métodos produtivos mais eficientes e menos impactantes. Os problemas advindos do uso irracional do solo, seja ele urbano ou rural, têm despertado cada vez mais o interesse de estudiosos e pesquisadores do mundo inteiro. O aumento da população mundial e a crescente demanda por alimentos têm levado cientistas a buscar soluções para um uso mais eficiente do solo, equacionando uma maior produção com menores perdas por erosão (GUERRA *et al.* 2007).

O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta. O processo tende a acelerar, à medida que mais terras são desmatadas para exploração de madeira e/ou para a produção agrícola, uma vez que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno (GUERRA *et al.* 2007).

O presente trabalho parte do princípio de que é preciso lançar mão de uma base de dados que dê suporte à realização de projetos que objetivem a mitigação dos processos erosivos causados pelo uso indiscriminado dos recursos naturais.

2. Hipótese

A base de dados atual da bacia do rio Natuba não é compatível com a escala de análise dos projetos em desenvolvimento na área devido à escala de representação dos dados e atributos descritivos, principalmente quando referentes ao tema solo.

3. Objetivos

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho foi realizar um levantamento das bases temáticas da bacia do rio Natuba, especificamente – solos, geomorfologia e cobertura vegetal – com o propósito de compor um conjunto de informações suporte a estudos futuros.

3.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- realizar um mapeamento pedológico semidetalhado do baixo Natuba, com o propósito de obter uma base de dados dos solos da área com mais detalhes para propiciar estudos diversos, especialmente, os relacionados aos processos erosivos, a partir de dados de campo e geoprocessamento;
- realizar um mapeamento geomorfológico da área com o propósito de compreender as formas de relevo e os processos nelas atuantes utilizando dados de campo e geoprocessamento;
- realizar um levantamento da cobertura vegetal utilizando índices de vegetação com o propósito de obter uma representação atual do estado da vegetação utilizando dados de campo e Sensoriamento Remoto.

4. Revisão Bibliográfica

4.1 Cartografia geomorfológica

O mapeamento geomorfológico de pequenas bacias constitui parte importante para o gerenciamento e monitoramento ambiental da mesma, uma vez que, estas são unidades importantes de planejamento territorial no tocante a bacia principal.

Reconhecer os processos geomorfológicos em áreas ocupadas por empreendimentos agropecuários é de fundamental importância, permitindo avaliar a relação espacial entre a intensidade dos processos e alterações ocorridas ao longo das vertentes (GIRÃO & CORRÊA, 2004).

Considerando que as formas do relevo exercem papel decisivo no tempo de exposição dos materiais, na intensidade e direção do fluxo da água no perfil solo, e que regulam as

variações nos processos pedogenéticos, a observação e o estudo das diferentes formas da paisagem tornam-se premissas básicas para a execução de levantamentos de solo (CAMPOS *et al.* 2006).

A Cartografia Geomorfológica se constitui em importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como a própria dinâmica dos processos, considerando suas particularidades (CASSETI, 2005).

Segundo Pavlopoulos *et al.* (2009) o mapa geomorfológico tem se tornado uma ferramenta essencial para a avaliação da dinâmica do ambiente bem como para dar suporte à tomada de decisão, contribuindo em disciplinas como arqueologia, ecologia, pedologia, ciências ambientais e no manejo de recursos naturais.

Para Tricart (1965), o mapa geomorfológico refere-se à base da pesquisa e não à concretização gráfica da pesquisa realizada, o que demonstra seu significado para melhor compreensão das relações espaciais, sintetizadas através dos compartimentos, permitindo abordagens de interesse geográfico como a vulnerabilidade e a potencialidade dos recursos do relevo.

4.2 Mapeamento pedológico

O mapeamento de solos trata da espacialização de informações inerentes a características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e taxonômicas dos solos e, particularmente, do seu arranjo nos segmentos da paisagem em conformidade com a escala de trabalho. A importância de um mapa de solos é indiscutível, uma vez que, nele fica embutido um elevado número de dados que irão variar de acordo com sua escala em quantidade e qualidade. A partir dos dados contidos nos mapas pedológicos podem ser realizados trabalhos interpretativos distintos como: planejamento do uso da terra para fins de uso agrícola, pecuário e florestal; planejamento de recuperação de áreas degradadas; traçado e localização de estradas; demarcação de corredores ecológicos; dentre outros (SAMPAIO, 2008).

Em 1972 foi publicado pelo Ministério da Agricultura do Brasil o trabalho intitulado **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco** que

objetivou a identificação e estudo dos solos existentes no estado compreendendo sua distribuição geográfica, cartografia das áreas por eles ocupadas, estudo das características físicas, químicas e mineralógicas, concluindo na classificação dos solos na escala de 1:600.000. O referido trabalho forneceu elementos básicos fundamentais para planejamentos, essencialmente, referentes a futuros levantamentos pedológicos mais detalhados com objetivos específicos (BRASIL, 1972).

No ano 2000 foi concluído o levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco na escala 1:100.000 executado pelo Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste - ERP/NE pertencente à Embrapa Solos em parceria com o Governo do Estado de Pernambuco - Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. A execução dos trabalhos foi procedida por meio do subprojeto referente ao levantamento de solos, componente do projeto denominado “Zoneamento Agroecológico de Pernambuco”. O objetivo principal foi gerar dados, em termos de caracterização, classificação, cartografia e quantificação dos principais solos e suas relações com segmentos que ocorrem na paisagem o que constituiu numa evolução no entendimento das relações solo-geomorfologia e, conseqüentemente, uma ferramenta importante para identificar e mapear áreas de solos homogêneos (CAMPOS *et al.*, 2006).

Extensas áreas de todo o país ainda carecem de levantamentos mais detalhados (CHAGAS, 2006; KER, 2007; SANTOS, 2007) e em escala adequada para solucionar problemas uso do solo, manejo, conservação, prevenção e recuperação de áreas degradadas, agrícolas e não agrícolas (SANTOS, 2007). Neste caso, a atualização dos mapeamentos, em escala e nível de detalhamento maior é essencial para o planejamento agrícola e ambiental, o que leva a uma necessidade contínua por este tipo de atividade (BASHER, 1997).

Novos desafios estão sendo relacionados aos levantamentos de solos, como resultados do rápido desenvolvimento das técnicas de SIG (ZINCK, 1990). Apontando para uma necessidade de adequação em relação às novas tendências, Chagas (2006) ressalta que os pedólogos devam buscar, por meio de pesquisa e adoção de novas técnicas, meios para tornar os levantamentos mais rápidos, menos custosos e mais quantitativos, adequando-os às necessidades dos usuários modernos. Assim, os levantamentos, que em décadas não mudaram substancialmente nos seus conceitos ou formatos, devem evoluir para satisfazer as necessidades e expectativas atuais, compondo dados eficientes e inovadores, capazes de

melhorar a apresentação e interpretação das informações (BASHER, 1997). Neste caso, a cartografia digital aplicada aos solos ganha muita expectativa por tratar-se de um novo desafio, relacionado à reunião e organização de dados de solos e meio ambiente, o que já representa uma contribuição inestimável aos estudos de solos, além de constituir uma base para o mapeamento de classes e/ou propriedades de solos (GALVÃO & FORMAGGIO, 2007).

4.3 Geoprocessamento

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados. Com o desenvolvimento simultâneo, na segunda metade do século passado, da tecnologia de Informática, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (CÂMARA *et al.*, 2007).

As primeiras tentativas de desenvolvimento das técnicas de geoprocessamento aconteceram na Inglaterra e nos Estados Unidos, na década de 50 do século passado com a finalidade de reduzir os custos de produção e manutenção de mapas (CÂMARA *et al.*, 2007). Com a evolução dos sistemas de informações o geoprocessamento adquiriu corpo sendo rapidamente disseminado e utilizando com diversas aplicações. No decorrer dos anos 80, com a grande popularização e barateamento das estações de trabalho gráficas, além do surgimento e evolução dos computadores pessoais e dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais, ocorreu uma grande difusão do uso de Sistemas de Informações Geográficas (CÂMARA *et al.*, 2007).

O uso das técnicas de geoprocessamento não constitui o fim dos trabalhos científicos, mas, sim os meios que tornam possível um estudo integrador de diversos critérios de acordo com os objetivos de cada estudo.

Estudos utilizando geoprocessamento e suas ferramentas que se constituem nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são relativamente recentes no Brasil.

Foram iniciados em 1975, com os esforços da direção do Projeto RADAMBRASIL,

dirigidos para racionalizar a geração, armazenamento, recuperação e análise do enorme acervo de dados ambientais primários e interpretativos (geomorfologia, geologia, solos, vegetação, uso potencial da terra, e outros), gerados pelo projeto, e que deveriam recobrir todo o território brasileiro. O Sistema de Informação Geo-Ambiental do Projeto RADAMBRASIL foi o primeiro SIG, efetivamente criado no Brasil (RADAMBRASIL, 1983; SILVA & ZAIDAN, 2004).

Considerando o ambiente como um sistema composto por variáveis distribuídas no espaço e no tempo, o mesmo deve ser estudado a partir de modelos que permitam representar a territorialidade e a inspeção de possíveis relacionamentos entre as variáveis. Para tanto, a representação digital do ambiente tem se mostrado extremamente útil (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A análise digital do terreno introduz algumas vantagens em relação ao método tradicional para a separação e representação de fenômenos naturais. É uma alternativa rápida e econômica que pode ser aplicada para a quantificação e classificação do relevo, o que permite a definição automática ou semi-automática das unidades morfológicas da paisagem (IPOLLITI, 2005).

A modelagem digital do terreno é um conceito relativamente novo. As pesquisas iniciais nesta área são creditadas ao professor Charles L. Miller, do Massachusetts Institute of Technology (MIT), tendo como objetivo principal a execução de projetos de estradas, auxiliados por computadores. O modelo digital da superfície (MDS) pode ser definido como qualquer representação numérica para uma determinada superfície física do terreno a ser representada (BRITO, 2002).

Os MDS representam fenômenos que variam espacialmente, possibilitando uma visão da distribuição do fenômeno representado (CÂMARA, 2001). Os MDS quando estão relacionados com a variável altitude passam a ser chamados como MDE (Modelo Digital de Elevação) (CALDAS, 2007).

O Sensoriamento Remoto, voltado para recursos naturais, tem sido definido de várias maneiras. No entanto, todas elas expressam uma idéia comum, ou seja, é um sistema por meio do qual se obtêm informações a respeito dos recursos naturais, renováveis e não-renováveis,

do planeta Terra pela utilização de sensores colocados em aviões, satélites ou mesmo na superfície (MOREIRA, 2003).

Em estudos remotos da cobertura vegetal, as folhas são os elementos da vegetação que mais contribuem para o sinal detectado pelos sensores orbitais. As propriedades espectrais de uma folha são função de sua composição química, morfologia e estrutura interna (IBGE, 2001).

5. Área de estudo

A área de estudo trata-se da bacia do rio Natuba, um dos afluentes do rio Tapacurá, localizada na Zona da Mata Sul do Estado de Pernambuco. Compreende terras da área rural dos municípios de Pombos e Vitória de Santo Antão.

A bacia hidrográfica do rio Natuba possui uma área de drenagem de aproximadamente 39 km² (3.874,08 ha), que correspondem a 8,23% da área da bacia do Tapacurá. O seu curso principal tem uma extensão de 17,5 km. Possui um afluente na sua margem esquerda com comprimento de aproximadamente 1,6 km e 24 afluentes na margem direita, que totalizam 39,6 km de cursos d'água (Figura 1).

Trata-se de uma área de produção agrícola especificamente produção de hortaliças, onde estão localizados parcial ou totalmente seis assentamentos rurais; a dizer: Ronda, Divina Graça, Serra Grande, Engenho Pacas, Figueiras e Natuba.

O clima da região é o tropical com chuvas antecipadas de outono, tipo As', segundo a classificação de Köppen. A precipitação média anual é 1.011,4 mm que se concentra no período de março a julho (outono-inverno) com temperatura média anual de 23,8°C variando entre a mínima de 19,3°C e a máxima de 30,9°C.

Originalmente toda a área era coberta pela floresta tropical úmida atlântica, típica da Zona da Mata de Pernambuco. Com a expansão da monocultura da cana-de-açúcar para o interior, quase toda a região foi ocupada por canaviais, pertencentes a grandes latifúndios. Em meados do século XX iniciaram-se os arrendamentos de pequenas glebas por trabalhadores de cana-de-açúcar, e na década de 90 com a crise do sistema canavieiro ocorreram mudanças gradativas da atividade produtiva para o plantio das hortaliças folhosas, principalmente na parte do baixo Natuba.

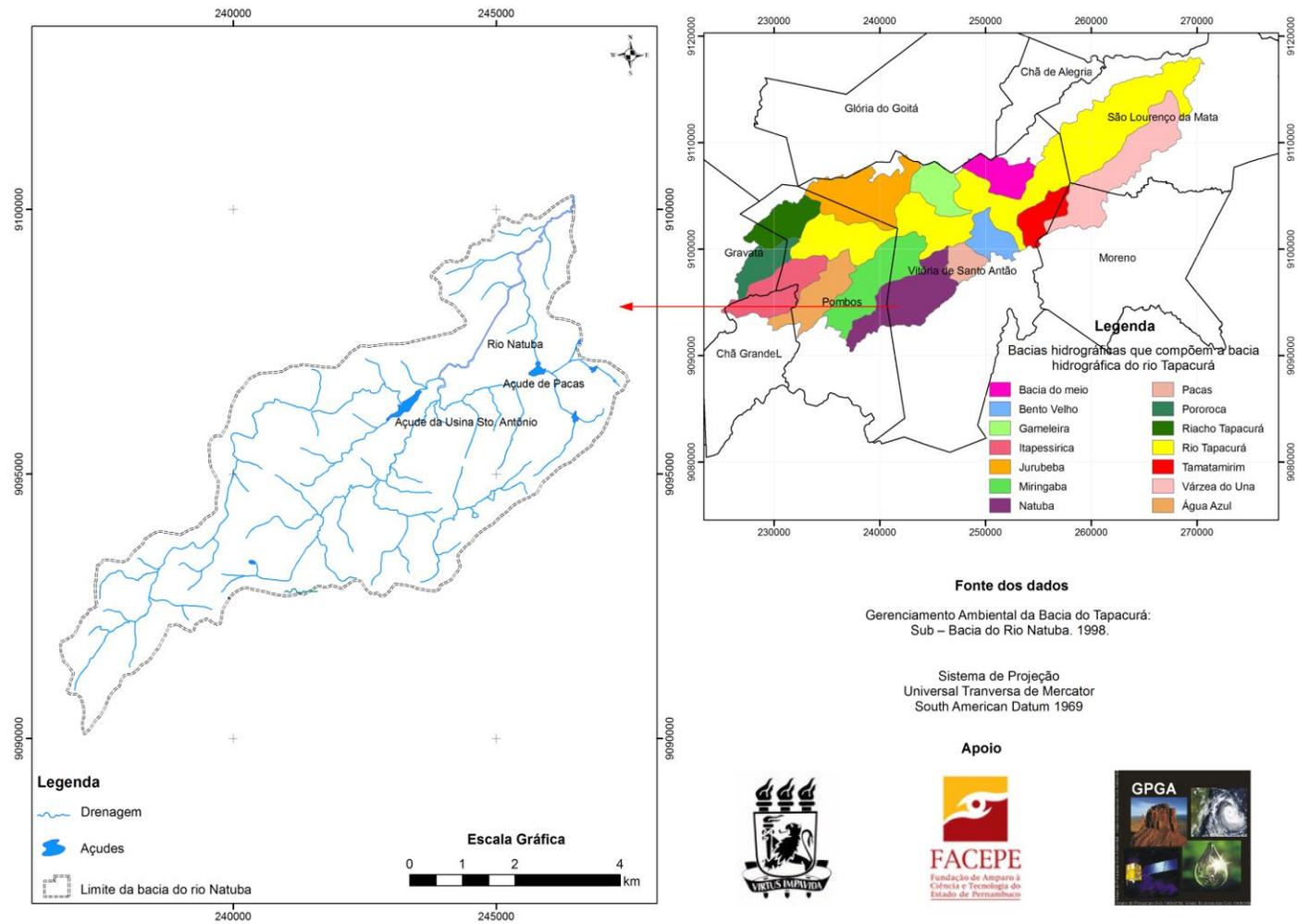


Figura 1. Localização da bacia do rio Natuba nos municípios e na bacia do rio Tapacurá com detalhamento da rede de drenagem.

5.1 Material e Métodos para obtenção dos mapas clinográfico, hipsométrico e geológico.

A obtenção dos dados para a geração dos mapas clinográfico e hipsométrico foi realizada através da vetorização das curvas de nível das folhas Pacas S.25-V-A-II-1-SO e Pombos SC.25-V-A-II-1-SE, na escala de 1:25000, produzidas pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 1972. Os dados referentes à geologia foram obtidos por meio do DNPM (2001) (Departamento Nacional de Pesquisas Minerais). Os mapas clinográfico e hipsométrico foram feitos utilizando os software ArcGIS 9.3, por meio da extensão 3D Analyst; assim como o mapa temático referente à geologia. O software ArcGIS 9.3 foi disponibilizado pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

5.2 Resultados

A bacia do rio Natuba possui cotas altimétricas entre 150 e 590 metros havendo assim um ΔH de 440 metros entre o ponto mais alto e o mais baixo da bacia (Figura 2).

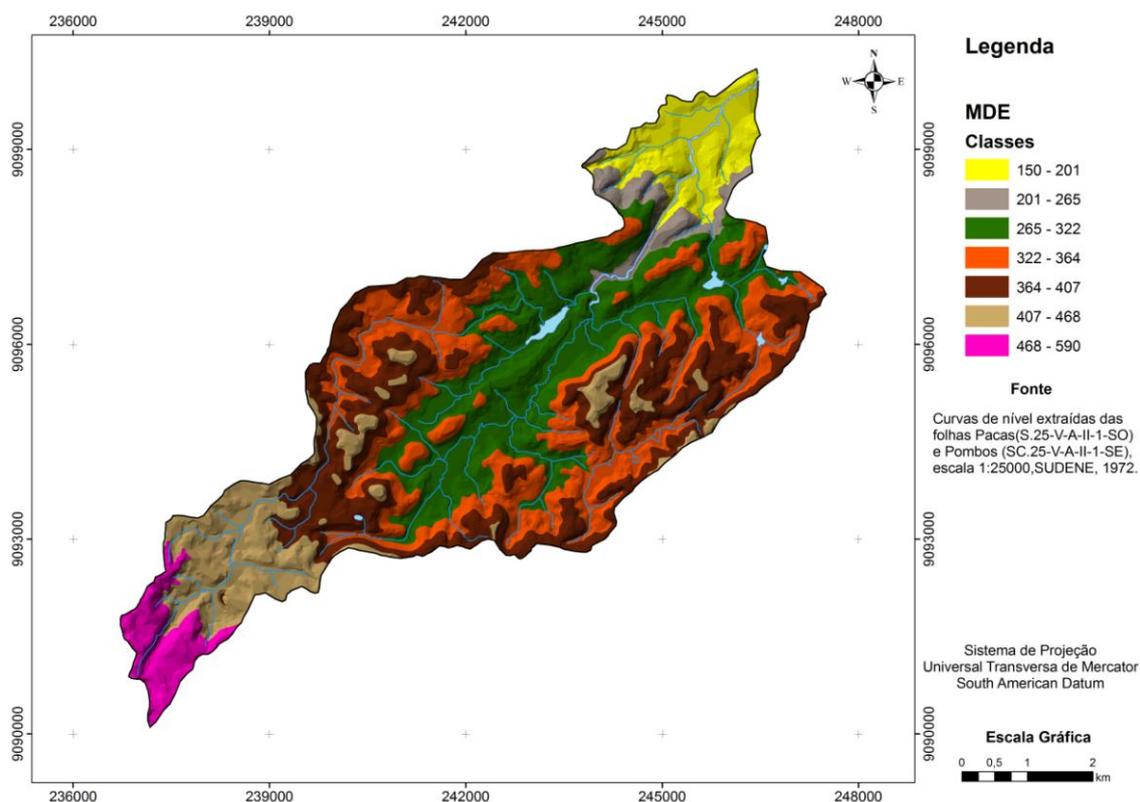


Figura 2. Modelo digital de elevação da bacia do rio Natuba - PE.

As classes de declividade foram definidas a partir de Santos *et al.* (2005). Os resultados obtidos foram:

- Relevo plano: superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos. Declividades menores que 3%. Representa 24,54% da área da bacia.
- Relevo suave ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas, apresentando declives suaves, de 3 a 8%. Representa 29,48% da área da bacia.
- Relevo ondulado: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjuntos de colinas, apresentando declives acentuados, de 8 a 20%. Representa 25,14% da área de estudo.
- Relevo forte ondulado: superfície de topografia movimentada, formada por morros (elevações de 100 a 200 metros de altitude relativa) com declives fortes, entre 20 e 45%. Representa 16,41% da área de estudo.
- Relevo montanhoso: superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, de 45 a 75%. Representa 4,43% da área de estudo (Figura 3).

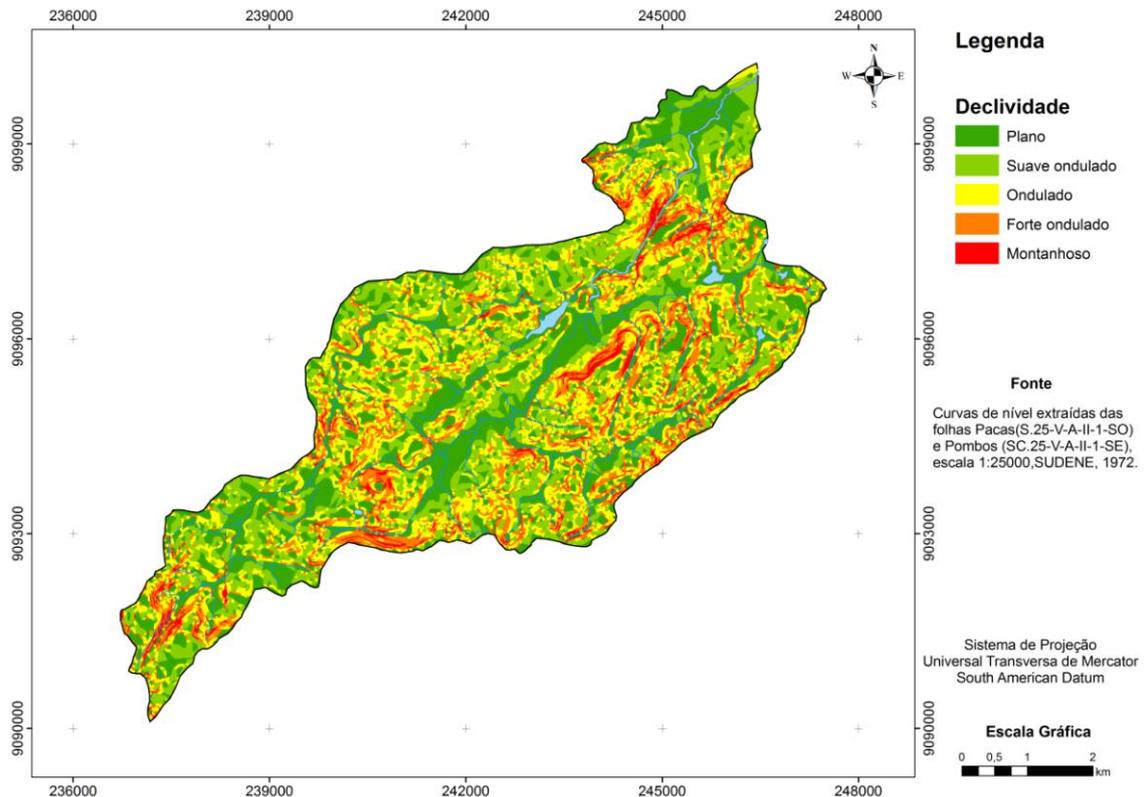


Figura 3. Mapa clinográfico da bacia do rio Natuba - PE.

O predomínio de áreas com declives suaves não implica dizer que são áreas aptas para a produção agrícola devido ao alto risco de inundação.

Devido à ocorrência do embasamento cristalino e a pouca profundidade dos solos, não são encontrados aquíferos importantes na região da bacia havendo algumas cacimbas de pouca profundidade e baixa vazão que servem para o abastecimento de residências isoladas (DNPM, 1990).

A área de estudo encontra-se inserida, geologicamente, na Província Borborema, sendo constituída pelos litotipos do complexo Belém do São Francisco, das Suítes Intrusiva Leucocrática Peraluminosa e Itaporanga e dos Granitóides Indiscriminados (Figura 4). Nos trabalhos de campo puderam ser verificadas a ocorrência de gnaisses e cataclasito que não aparecem descritos no mapa geológico em função da escala.

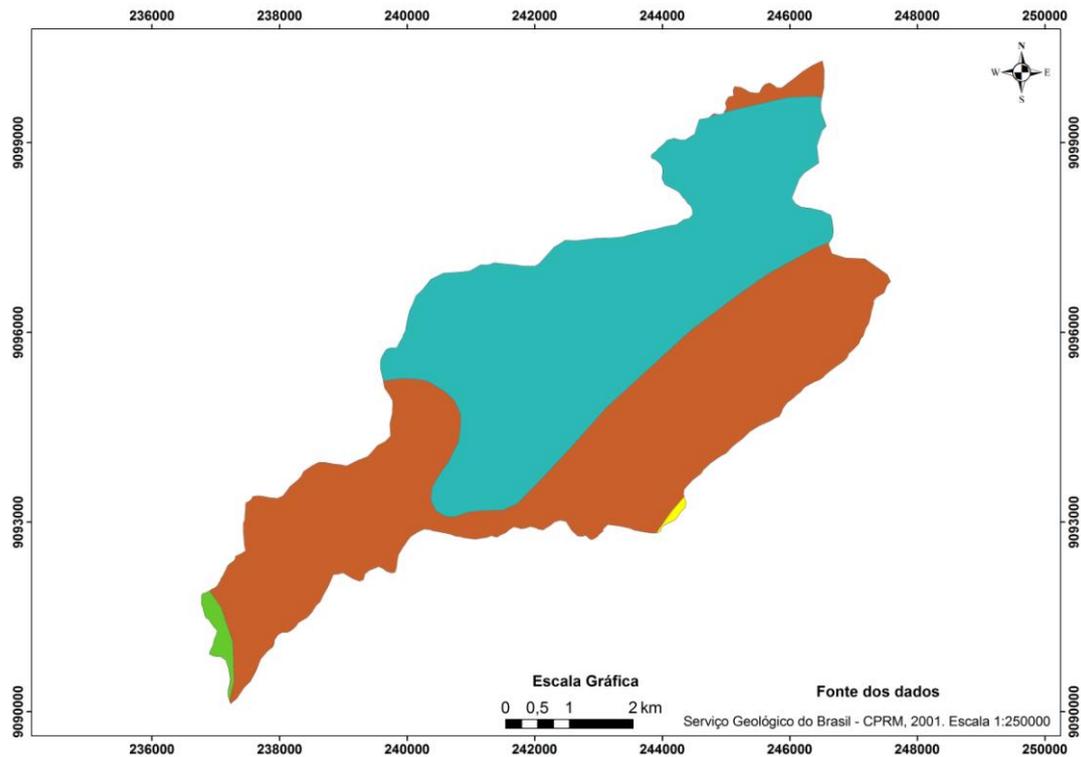


Figura 4: Mapa geológico da bacia do rio Natuba - PE.

Capítulo 2

Mapeamento semidetalhado dos solos da bacia do rio Natuba – PE

1. Introdução

Os estudos pedológicos, envolvendo mapeamento, gênese, morfologia e classificação são de natureza interdisciplinar e requerem especialidades e profissionais especializados nas suas diversas áreas de conhecimentos.

A gênese e a geografia do solo tiveram seu impulso com os trabalhos e conceitos formulados por Dokuchaev, em 1883, nos quais os solos foram considerados como entidades naturais independentes que apresentam características específicas resultantes da ação combinada do material de origem, clima, vegetação, topografia e da idade do material de origem (BRADY, 1989).

O mapeamento de solos trata da espacialização de informações inerentes a características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e taxonômicas dos solos e, particularmente, do seu arranjo nos segmentos da paisagem em conformidade com a escala de trabalho.

A importância de um mapa de solos é indiscutível, uma vez que, nele fica embutido um elevado número de dados que irão variar de acordo com sua escala em quantidade e qualidade. A partir dos dados contidos nos mapas pedológicos podem ser realizados trabalhos interpretativos distintos como: planejamento do uso da terra para fins de uso agrícola, pecuário e florestal; planejamento de recuperação de áreas degradadas; traçado e localização de estradas; demarcação de corredores ecológicos; dentre outros (SAMPAIO, 2008).

No entanto, quando o objeto do estudo restringe-se a uma área pouco extensa, as informações contidas numa escala de análise devem ser mais detalhadas para abarcar o maior número possível de dados contidos nesse espaço.

Ao estudar os solos da bacia do rio Natuba utilizando como base os dados do ZAPE (escala 1:100.000) (Silva et al., 2001) não foi possível observar a heterogeneidade dos tipos de solos que ocorrem numa área de 39 km² devido à escala de representação

dos dados (1:100.000). Desta forma, fez-se necessário um mapeamento numa escala de maior detalhe (1:25.000) para que fosse possível conhecer a distribuição dos solos compatível com essa escala propiciando um melhor entendimento dos processos que ocorrem na área. Partindo desse problema de incompatibilidade de escala de análise, o presente capítulo se refere ao mapeamento semidetalhado dos solos com o objetivo de ampliar o detalhamento das informações do mapeamento de solos da escala 1:100.000 para a escala 1:25.000 de uma área situada na bacia do rio Natuba (baixo Natuba) com base na morfologia de solos, no uso de ferramentas de geoprocessamento e análises físicas e químicas dos solos representativos(Figura 5).

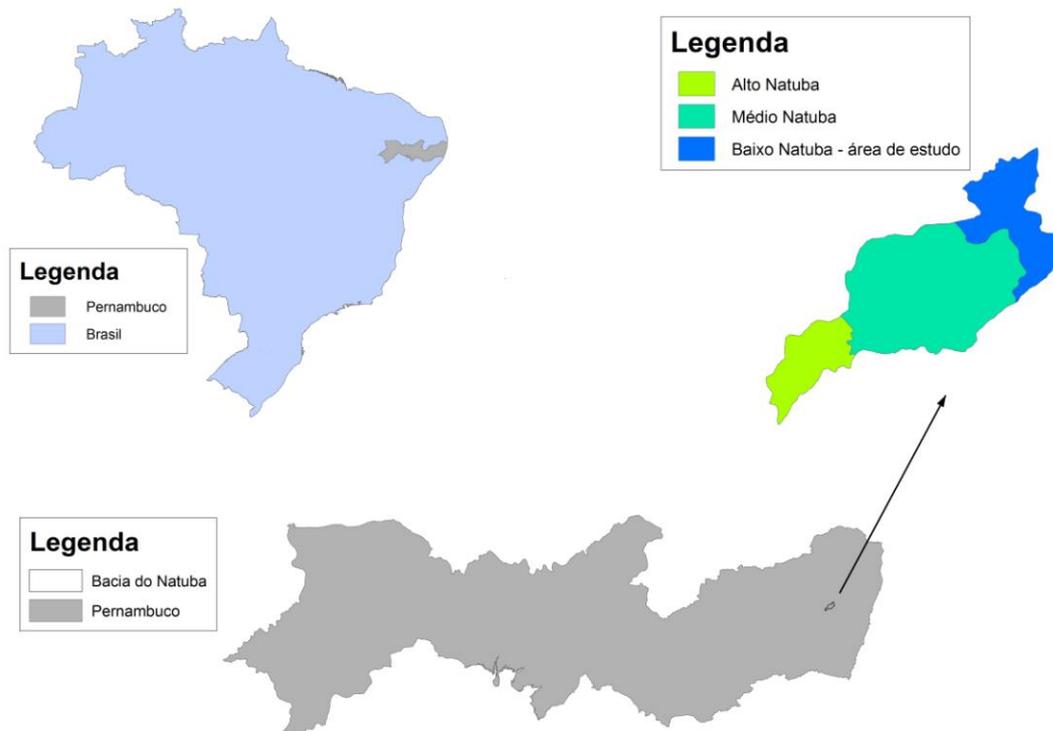


Figura 5. Localização da área de realização do mapeamento pedológico semidetalhado – Baixo Natuba.

Espera-se que esse trabalho sirva de suporte para futuros estudos que tenham como objetivo planejamentos de cunho ambiental ou agrícola.

2. Material e métodos

2.1 Reconhecimento morfológico dos solos da área de estudo

Para efetivação do mapeamento semidetalhado, na escala 1:25.000, dos solos da área do baixo Natuba foi realizado um reconhecimento morfológico dos solos da área, em conformidade com o manual de descrição e coleta de solo no campo (SANTOS *et al.*, 2005) e observando os procedimentos normativos de levantamentos pedológicos (EMBRAPA, 1995). A classificação taxonômica dos solos foi realizada conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). O mapeamento foi realizado por meio de exames de solos percorrendo-se as estradas que davam acesso à área da bacia. Os trajetos foram gravados em rotas de GPS e os pontos examinados foram devidamente georreferenciados e ainda foram feitas fotos georreferenciadas para compor o material iconográfico da descrição dos perfis e do local.

No gabinete os pontos de descrição dos perfis e o trecho percorrido foram transformados num arquivo digital do tipo *shapefile* onde a cada ponto foi atribuído os dados observados no campo (Figura 6). O software utilizado no processamento dos dados foi o ArcGIS 9.3 disponível no laboratório do Grupo de Pesquisa de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) no Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

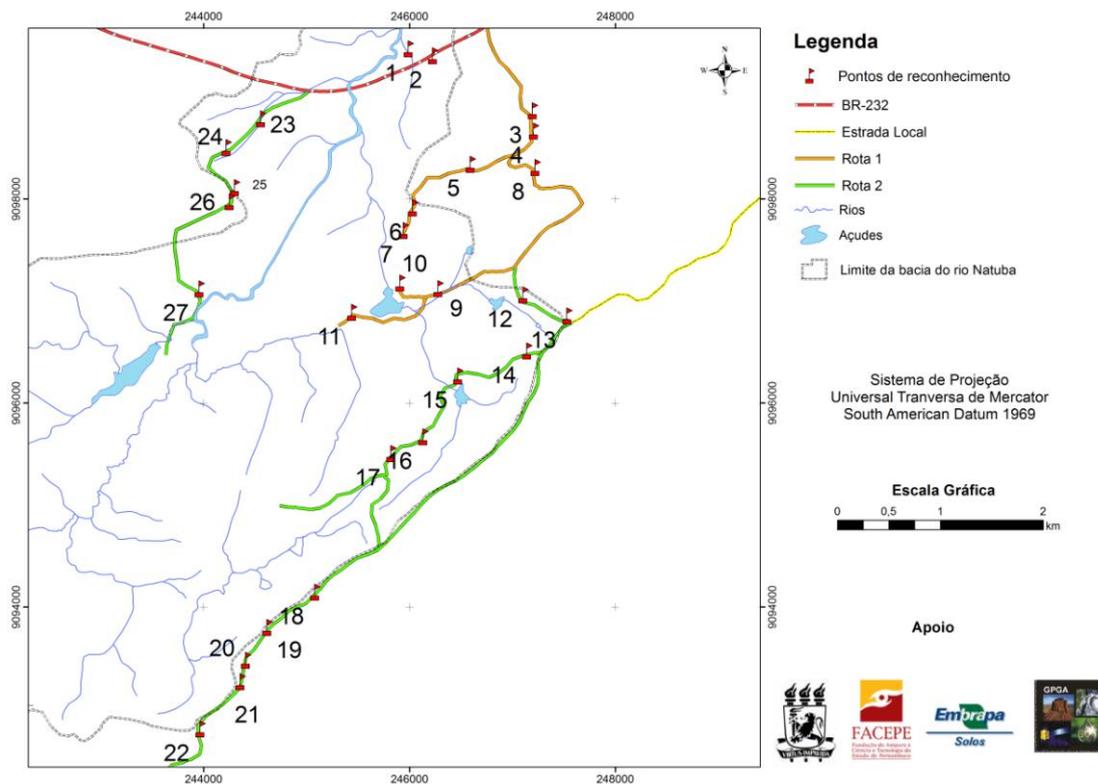
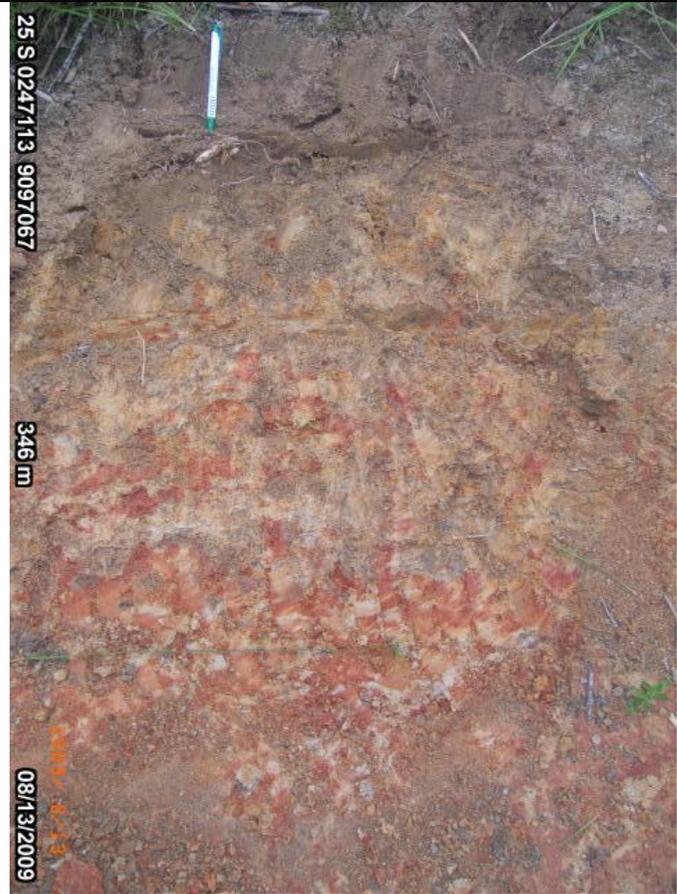


Figura 6. Mapa da distribuição dos pontos de reconhecimento morfológico de solos da bacia do rio Natuba e trechos percorridos.

Na área foram realizados 27 exames morfológicos de solos aproveitando os cortes de estradas e exposição de barreiras. Em cada ponto observado foram anotadas para cada horizonte do solo as características de profundidade, textura (ao tato), impedimentos, drenagem, presença de pedras e cor, sendo esta última baseada na caderneta de Munsell (MUNSELL SOIL COLOR CHARTS, 1975). Além das informações ambientais (relevo, vegetação, uso da terra, pedregosidade, rochiosidade e erosão) e as coordenadas dos pontos. Os dados morfológicos foram armazenados em fichas de campo conforme o quadro abaixo.

Tabela 1. Modelo da ficha de descrição dos perfis dos solos utilizadas no reconhecimento das classes de solos mais representativos da área do baixo curso do rio Natuba, o exemplo abaixo trata-se de um Argissolo Amarelo Distrófico epiáquico.

FOTO	HORIZ.	PROF.	COR (ÚMIDA)	MOSQUEADO (ESTIMATIVA)				TEXTURA
				QUAN	TAM	CONT	COR (ÚMIDA)	
	Ap	0 – 12	10YR 4/3					Franco-arenosa
	AB	12 – 25	10YR 5/4					Franco-argilo-arenosa
	Bt1	25 - 45	10YR 6/4	comum	médio	Distinto	7,5YR 5/8	Argilo-arenosa
	Bt2	45 – 90+	2,5YR 4/8 e 10YR 5/6 – variegado					Argilosa
OBSERVAÇÕES	1 – Impedimento:							
	2 – Drenagem: moderadamente a imperfeitamente drenado.							
	3 – Outras:							

Após o mapeamento morfológico dos solos no campo, como descrito anteriormente, foram escolhidas as áreas com os solos mais representativos para descrição e coleta de amostras de 3 perfis de solos (Figura 7) . Por ocasião, foram coletadas amostras de solos dos diferentes horizontes, acondicionadas e etiquetadas em sacos plásticos para posterior realização das análises físicas e químicas.

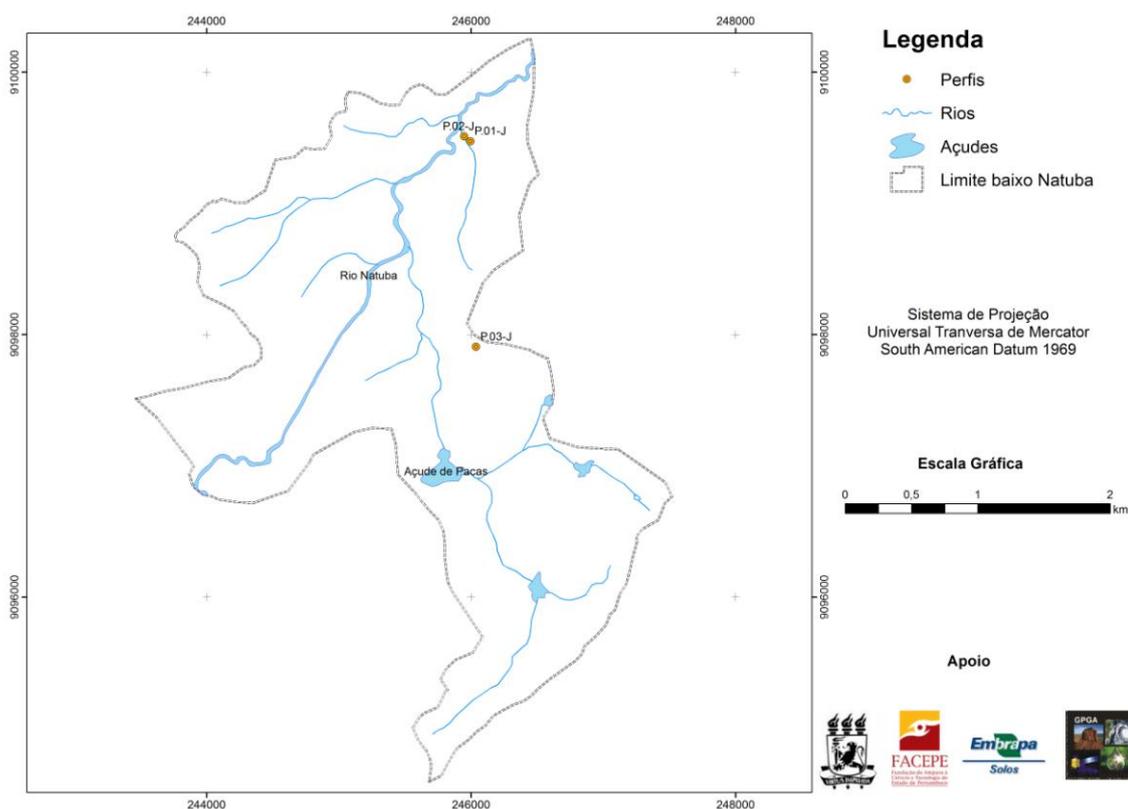


Figura 7: Distribuição dos pontos escolhidos para análise completa dos perfis e coleta de material para análises físicas e químicas no baixo Natuba.

No local de cada perfil foram descritas a paisagem e os horizontes/camadas.

A descrição da paisagem constou dos seguintes itens: litologia e cronologia, presença ou ausência de pedregosidade e rochiosidade, formas de relevo local e regional, tipo de erosão, drenagem, vegetação primária, tipo de uso da terra e clima. Na descrição morfológica dos perfis dos solos foram analisados os seguintes parâmetros: horizontes/camadas, profundidade, cor (seca e úmida), presença de mosqueados (quantidade, tamanho, contraste e cor), textura, estrutura (grau, tamanho e forma), consistência (seca, úmida e molhada), transição (topografia e nitidez), presença de raízes, em conformidade com Santos *et al.* (2005) (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Modelo de ficha de descrição de perfil de solo utilizado no mapeamento semidetalhado dos solos do baixo Natuba.

FICHA DE DESCRIÇÃO DE PERFIL DE SOLO
DATA: 05/05/2010
PROJETO: Mapeamento semidetalhado dos solos do baixo Natuba.
NÚMERO DE CAMPO: P02-J
UNIDADE DE MAPEAMENTO:
LOCALIZAÇÃO: Várzea do rio Natuba a 300 metros do lado direito da BR 232 sentindo Recife-Caruaru, 700 metros da ponte do rio Natuba.
SITUAÇÃO E DECLIVIDADE: Várzea do rio Natuba com 0 a 3% de declive.
ALTITUDE: 149 metros.
LITOLOGIA E CRONOLOGIA: Sedimentos aluviais argilo-arenosos do Quaternário.
MATERIAL ORIGINÁRIO: Sedimentos areno-argilosos.
PEDREGOSIDADE: Ausente
ROCHOSIDADE: Ausente
RELEVO LOCAL: Plano
RELEVO REGIONAL: Plano
EROSÃO: Laminar ligeira
DRENAGEM: Moderada a imperfeitamente drenada.
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Floresta subperenifólia próximo da transição com a floresta subcaducifólia.
USO ATUAL: Coco, milho e hortaliças.
CLIMA: As´
DESCRITO E COLETADO POR: Jéssica, José Coelho, Manuella, Cristiane e Lucas.

Tabela 3. Dados levantados durante a descrição dos perfis dos solos mais representativos do baixo Natuba

HORIZ.	PROF. (cm)	COR		MOSQUEADO				TEXTURA
		ÚMIDO	SECO	QUANT	TAM	CONTR	COR	
Ap	0-14	10YR 4/2						Franco-arenosa
C1	14-30	10YR 4/3						Franco-arenosa
2C2	30-80	10YR4/2						Franco-argilo-arenosa
2C3	80-115	10YR 5/3		comum	médio a grande	Distinto	10YR 6/2	Franco-arenosa
				pouco	médio	Distinto	10YR 2/2	
3C4	115-150+	10YR 7/2		comum	médio a grande	Distinto	10YR 3/3	Areia franca
OBS	Solo úmido durante a descrição morfológica							
ESTRUTURA			CONSISTÊNCIA			TRANSIÇÃO		
GRAU	TAM	FORMA	SECO	ÚMIDO	MOLHADO	TOPOGR.	NITIDEZ	
Fraco	Peq. a média	Granular	-	Friável	Ligeiramente plástica e pegajosa	Plana	Gradual	
Fraco	Peq. a média	Granular	-	Friável	Ligeiramente plástica e pegajosa	Plana	Clara	
Fraco	Peq. a média	Blocos sub-angulares e angulares	-	Friável a firme	Plástica e ligeiramente pegajosa	Ondulada (75 a 85)	Clara	
Fraco	Peq. a média	Blocos sub-angulares	-	Muito friável	Ligeiramente plástica e pegajosa pesada	Plana	Clara	
Fraco	Peq. a média	Blocos sub-angulares	-	Muito friável	Não plástica e não pegajosa	-	-	
RAÍZES	Muitas finas e poucas médias no Ap, poucas finas e raras médias no C1 e 2C2 e raras finas no restante do perfil.							
OBS.	Solo úmido dificultava a descrição da estrutura.							

2.2 Delimitação das unidades de mapeamento

Na região do baixo Natuba as diferentes unidades de mapeamento de solos foram delimitadas especialmente em função das variações de relevo, geologia e arranjo de solos nas paisagens. A base cartográfica utilizada foi a carta SC.25-V-A-III-1-SE da SUDENE. Noções geológicas mais importantes foram notadas durante os exames de solos no campo. As variações topográficas foram registradas durante os exames de solos no campo e delimitadas na carta topográfica 1:25.000 (Figura 8).

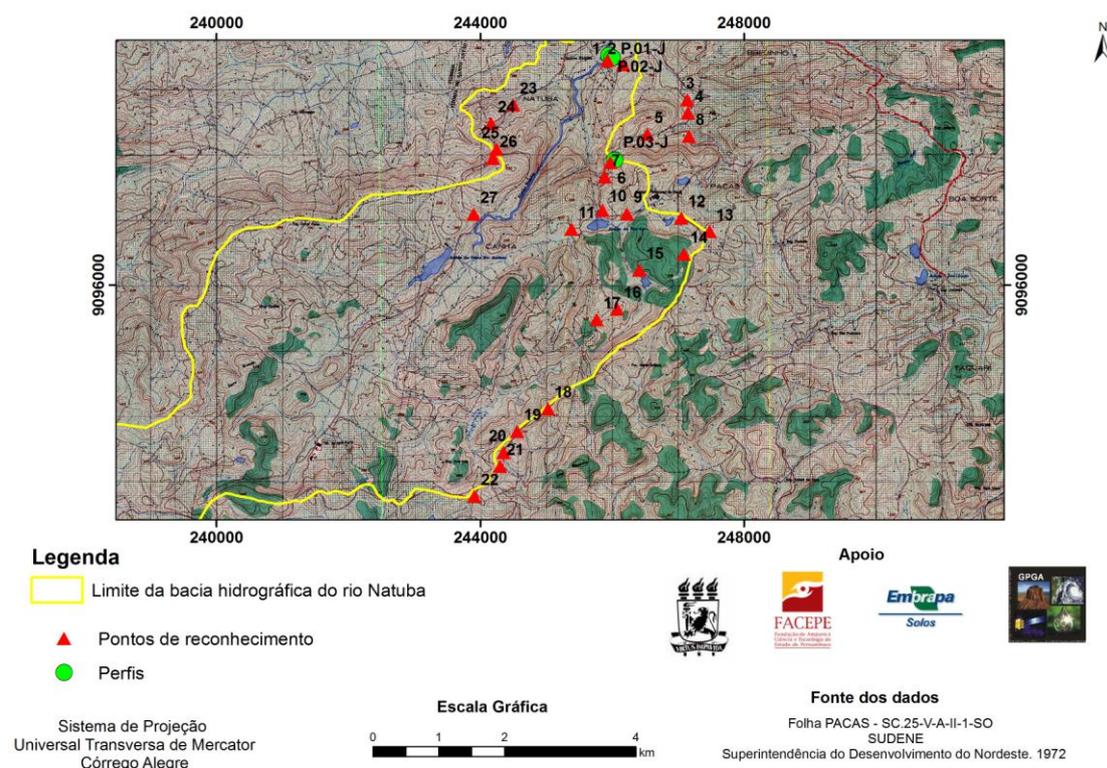


Figura 8. Distribuição dos pontos de reconhecimentos dos solos e dos pontos de coleta de amostras sobre a folha SC.25-V-A-II-1-SO da SUDENE (1:25.000).

2.3 Classificação dos solos

Durante e após o levantamento de solos, foram feitas inferências sobre a classificação taxonômica com base no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (Silva et al., 2001) e SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicado por Embrapa (2006).

As análises físicas e químicas foram realizadas de acordo com as recomendações da Embrapa (1997), no laboratório Agrolab.

2.2.1 Análises físicas

Foram determinadas a granulometria e calculados relações derivadas, conforme discriminação abaixo:

- a) Granulometria – A análise granulométrica foi realizada pelo método do densímetro, utilizando-se para dispersão física um agitador mecânico do tipo Soil Test com agitação ora 10, ora de 15 minutos para solos com textura arenosa ou mais fina, respectivamente. Como dispersante químico foram utilizados 25 mL de solução de hexametáfosfato de sódio $0,35 \text{ mol L}^{-1}$ + carbonato de sódio $0,08 \text{ mol L}^{-1}$.

A fração argila foi determinada utilizando-se o densímetro de Boyoucos, a fração areia por pesagem, enquanto a fração silte foi obtida por diferença.

- b) Argila dispersa em água – Determinada também pelo método do densímetro, contudo sem a utilização de dispersante químico.
- c) Densidade de partícula e densidade de partícula – determinada pelo método do torrão parafinado e balão volumétrico.
- d) Condutividade hidráulica saturada – A condutividade hidráulica saturada dos solos foi determinada em amostras deformadas (TFSA), utilizando-se cilindro de plástico com 23 cm de altura e 2,5 cm de diâmetro, com permeâmetro de carga constante.
- e) Atributos hídricos – O conteúdo de umidade, em amostras deformadas, foi determinado nas tensões fixas de 1.500 Kpa, referente ao ponto de murcha permanente (PMP), e 33 ou 10 KPa, para os horizontes com textura argilosa ou arenosas, respectivamente, assumindo estes últimos, potenciais como correspondentes à capacidade de campo (CC). A água disponível (AD) corresponde por sua vez, ao conteúdo de água entre os dois limites.

A partir dos resultados obtidos das análises físicas supracitadas foram calculados:

Grau de floculação (GF) – Relação entre a argila naturalmente dispersa e a argila total, obtida após dispersão, calculada conforme a expressão: $GF = 100 (\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total}$;

Relação silte/argila – Razão entre os valores de silte e a argila total obtidos na análise granulométrica;

Porosidade total (PT) – O volume dos poros totais do solo foi calculado por meio das densidades, do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão: $PT = 100 (1 - D_s / D_p)$.

As classes texturais dos horizontes foram obtidas a partir do triângulo textural proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

2.2.2 Análises químicas

As análises químicas constaram das seguintes determinações:

- a) pH em H₂O e KCl 1 mol L⁻¹ – Os valores de pH, aferidos em H₂O e KCl 1 mol L⁻¹, foram determinados em uma suspensão solo: líquido na proporção 1:2,5 em potenciômetro com eletrodo combinado.
- b) Alumínio trocável – Extração com solução de KCl 1 mol L⁻¹, na proporção solo:solução de 1:10, e determinação volumétrica com solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹ na presença do indicador azul de bromitol.
- c) Acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) – Extração com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e determinado volumetricamente com solução da NaOH 0,0606 mol.L⁻¹, na presença de fenolftaleína como indicador.
- d) Cálcio e magnésio trocáveis – Cálcio e magnésio foram extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e determinados por compleximetria, utilizando-se o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) 0,0125 mol.L⁻¹, como solução titulante.
- e) Sódio e Potássio trocáveis – Sódio e potássio foram extraídos por meio do extrato Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L⁻¹+H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹), na proporção solo:solução de 1:10 e determinados por fotometria de chama.

- f) Fósforo extraível em Mehlich 1 – O fósforo foi extraído com solução de Mehlich 1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ mol L}^{-1}$) e determinado por colorimetria, após formação de complexo molíbdico em meio redutor.

3. Resultados e discussão

Com o propósito de observar, conjuntamente, as informações obtidas pelo reconhecimento dos solos e o mapa de baixa intensidade do ZAPE foram sobrepostas as informações dos polígonos das classes de solos do ZAPE com os pontos de reconhecimento de campo. O mapa com os pontos de reconhecimento dos solos da área de estudo demonstram que as informações contidas no mapa do ZAPE, em virtude da escala, não abarcam a heterogeneidade de informações sobre o que de fato se verifica em campo. As classes de solos observadas no mapa do ZAPE corroboram com o que ocorre na área de estudo, de uma maneira geral, os desvios considerados se dão pela questão da escala.

O que difere, no entanto, é o nível da informação agora associada à geometria de representação. No levantamento de campo os dados são associados às geometrias representativas contribuindo para a realização de inferências mais precisas dos solos que ocorrem na área (Figura 9).

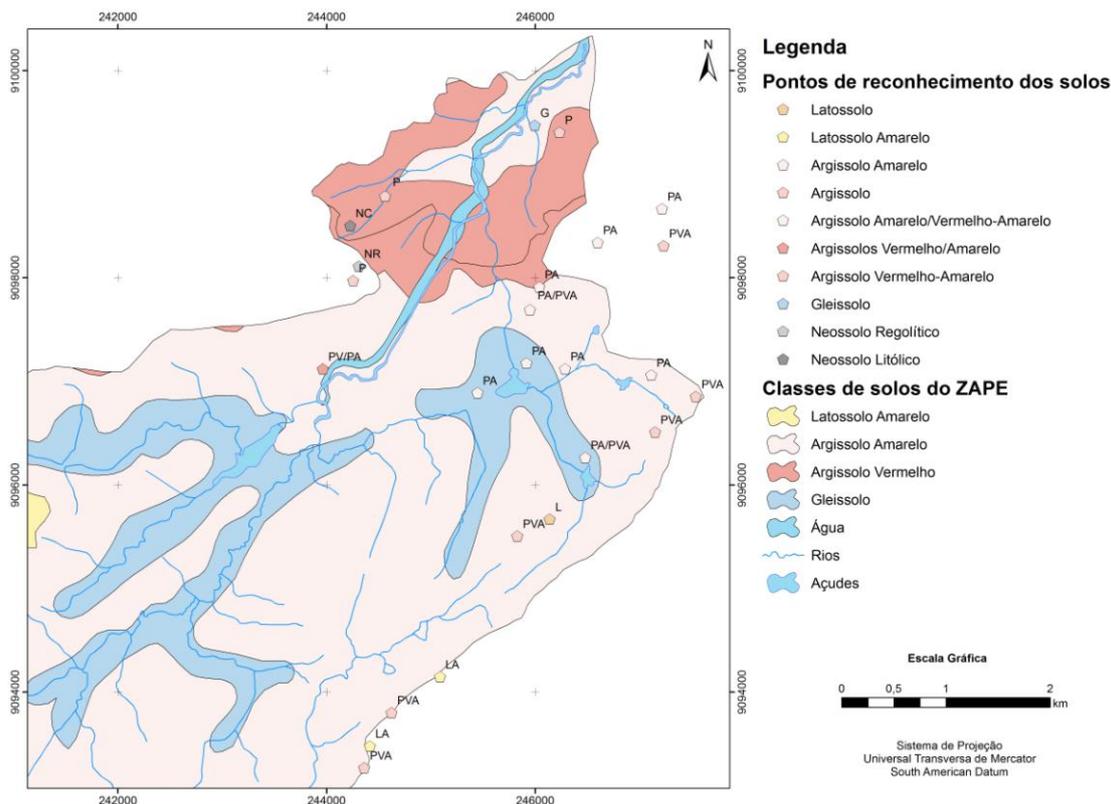


Figura 9. Distribuição dos pontos de reconhecimento dos solos no campo sobre o mapa do ZAPE (1:100.000) (Silva *et al.*, 2001).

De acordo com as informações coletadas no trabalho de reconhecimento dos solos, a erosão laminar é o processo erosivo predominante na área de estudo

A erosão laminar segundo, Guerra *et al.* (2007), ainda é incipiente, muito localizada e envolve apenas o transporte individual dos grãos que compõem o solo, uma vez detectado ainda há grandes possibilidades de se recuperar a área atingida.

A área é caracterizada com relação à pedregosidade como não pedregosa que segundo Santos *et al.* (2005) é quando não há ocorrência de calhaus e, ou, matacões na superfície ou na massa do solo, ou sua ocorrência é insignificante e não interfere na aração do solo, ou é significativa, sendo, porém, facilmente removível.

Em relação à rochosidade as classes variaram entre não rochosa a moderadamente rochosa. Segundo Santos *et al.* (2005) a classe não rochosa ocorre quando não há ocorrência de afloramentos do substrato rochoso nem matacões, ou sua ocorrência é muito pequena, ocupando menos de 2% da superfície do terreno e não interfere na aração do solo. A classe ligeiramente rochosa já admite que a ocorrência de

afloramentos seja suficiente para interferir na aração e ocupam de 2 a 10% da superfície do terreno. A classe moderadamente rochosa ocorre quando os afloramentos são suficientes para restringir cultivos entre as rochas, e, ou matacões, sendo possível o uso de máquinas especiais e implementos agrícolas manuais e o cultivo de lavouras perenes ou plantios florestais, forrageiras ou pastagem natural melhorada, ocupando de 10 a 25% da superfície do terreno.

3.1 Características físicas e morfológicas

Em 23% dos pontos de reconhecimento foi observado nos solos o caráter epiáquico. Isso significa dizer que são solos com deficiência de drenagem interna. Morfológicamente são solos com presença marcante de mosqueados diversos.

De acordo com a **Tabela 4** e segundo as classes da Embrapa (2006), pode-se observar que os solos variam de profundos a pouco profundos.

De maneira geral, as cores predominantes nos solos são as brumadas, amarelados e avermelhados e raramente acinzentados.

Com relação à granulometria, constatou-se o predomínio de textura arenosa a média na superfície. A textura argilosa restringe-se aos horizontes subsuperficiais.

Os baixos valores da argila dispersa em água sugerem que há agregação de partículas, o que se reflete pelo grau de floculação, refletindo uma boa resistência dos solos à erosão.

A relação silte/argila no horizonte 3C4 do Neossolo Flúvico Tb eutrófico gleissólico apresenta um valor muito baixo de 0,38.

Tabela 4. Atributos morfológicos e físicos dos perfis de solos escolhidos para análises

Horizonte		Cor do solo Úmido	Frações da Amostra Total			Composição Granulométrica da Terra Fina					Argila Disp. em H ₂ O	Textura	Grau de Floc.	Rel. Silte/Argila	Densidade	
Símb.	Prof. cm		Calhau	Casc.	Terra Fina	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila			%		Solo	Part.	
-----g kg ⁻¹ -----																
Argissolo Acinzentado distrocoeso epiáquico																
Ap	0-14	Bruno-acinzentado-escuro	0	0	100	267	235	353	145	20	Franca	86	2,44	1,81	2,65	
AB	14-40	Bruno-acinzentado-escuro	0	0	100	252	198	365	185	20	Franca	89	1,97	1,75	2,68	
BA	40-75	Bruno-claro-acinzentado	0	0	100	263	172	370	195	20	Franca	90	1,90	1,82	2,71	
Bt	75-110	Bruno-claro-acinzentado	0	0	100	105	121	409	365	40	Franca argilosa	89	1,12	1,94	2,75	
BC	110-150	Variegado: Bruno;vermelho;bruno muito claro-acinzentado	0	0	100	83	148	424	345	60	Franca argilosa	83	1,23	2,67	2,71	
Cr	150-200+	Amarelo-claro-acinzentado	0	0	100	105	256	434	205	120	Franca	41	2,12	2,06	2,75	
Neossolo Flúvico Tb eutrófico gleissólico																
Ap	0-14	Bruno-acinzentado-escuro	0	0	100	63	547	265	125	0	Franco arenosa	100	2,13	1,71	2,61	
C1	14-30	Bruno	0	0	100	21	544	290	145	20	Franco arenosa	86	2,00	2,01	2,65	
2C2	30-80	Bruno-acinzentado-escuro	0	0	100	68	363	344	225	120	Franca	47	1,53	1,74	2,72	
2C3	80-115	Bruno	0	0	100	82	456	257	205	120	Franco-argilo-arenosa	41	1,25	1,94	2,68	
3C4	115-150+	Cinzentado-claro	0	0	100	482	346	47	125	0	Franca-arenosa	100	0,38	1,92	2,72	
Argissolo Vermelho-Amarelo Ta distrófico léptico																
Ap	0-16	Bruno	0	0	100	370	211	274	145	20	Franca arenosa	86	1,89	1,78	2,61	
AB	16-35	Bruno-amarelado-escuro	0	0	100	310	195	310	185	20	Franca	89	1,68	1,79	2,68	
Bt	35-63	Vermelho-amarelado	0	0	100	161	102	351	386	80	Franca argilosa	79	0,91	2,24	2,64	
BC	63-95	Vermelho-amarelado	0	0	100	190	129	325	356	60	Franca argilosa	83	0,91	2,00	2,68	
Cr	95-140	Variegada: Bruno-amarelado-claro; Bruno-forte	0	0	100	277	183	315	225	40	Franca	82	1,40	1,98	2,71	

3.2 Características químicas

Os valores de pH em água (**Tabela 5**) dos perfis dos Argissolos evidenciam que os solos apresentam uma reação ácida, podendo ser classificados segundo Alvarez *et al.* (1999) citado por Caldas (2007), como tendo uma acidez elevada. Ainda segundo estes autores os perfis do Neossolo Flúvico apresentam uma acidez média. Portanto, os solos apresentam no conjunto uma acidez variando de média a elevada, sendo uma condição normal dos solos de regiões onde a precipitação é elevada, a qual remove por lixiviação contínua, as bases trocáveis do complexo coloidal dos horizontes, deixando íons hidrogênio em seus lugares.

Com relação à variação de pH (ΔpH), que é a diferença aritmética entre os valores de pH determinados em KCl e água, os solos podem ser considerados eletronegativos. Isso demonstra que há predomínio de argilas silicatadas (Caldas,2007).

Com relação a atividade da fração argila o Argissolo Vermelho-Amarelo apresenta atividade alta (Ta), enquanto os outros dois perfis apresentam baixa atividade (Tb).

O Neossolo Flúvico apresenta caráter eutrófico, provavelmente por sua posição na paisagem, numa área rebaixada onde se acumulam nutrientes provenientes das áreas mais elevadas e ainda pode ser explicado por está numa área de uso que foi deixada em pousio.

Os altos valores de carbono orgânico observados devem está associados ao tipo de adubação que é feita na área através da adição de matéria orgânica no solo.

Tabela 5. Resultados das análises químicas dos perfis dos solos escolhidos.

Horizonte	pH (1:2,5)		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	Valor T	Valor V	Sat. por Al	P assimilável	C Org	N	Rel. C/N	Saturaçã o por Na	Pasta Saturada	
	H ₂ O	KCl	-----cmol _c . Kg ⁻¹ ----- ---								%		mg kg ⁻¹	g kg ⁻¹			%	C. E. do extrato	Água
Argissolo Acinzentado distrocoeso epiáquico																			
Ap	5,2	4,7	1,53	1,63	0,22	0,06	3,44	0,10	2,32	5,86	59	2,82	30	7,84	0,60	13,00	1,02	0,86	12,20
AB	5,0	4,1	0,51	1,52	0,03	0,06	2,12	0,70	2,93	5,75	37	24,82	4	5,93	0,60	9,83	1,04	0,44	11,20
BA	4,9	4	0,41	1,12	0,03	0,06	1,62	0,90	1,96	4,48	36	35,71	2	1,31	0,20	6,50	1,34	0,50	12,40
Bt	4,5	3,9	0,41	1,42	0,03	0,39	2,24	1,95	2,12	6,31	36	46,54	1	0,90	0,20	4,50	6,18	0,31	13,30
BC	4,4	3,8	0,30	2,94	0,03	0,58	3,86	2,01	2,28	8,15	47	34,24	2	0,70	0,20	3,50	7,12	0,39	12,30
Cr	4,5	3,8	0,10	2,95	0,03	0,85	3,93	1,80	1,39	7,12	55	31,41	1	0,30	0,10	3,00	11,94	0,50	13,30
Neossolo Flúvico Tb eutrófico gleissólico																			
Ap	6,8	5,7	3,97	1,53	0,36	0,19	6,04	0,00	2,31	8,35	72	0,00	650	7,24	0,70	10,29	2,28	0,76	5,00
C1	6,7	5,6	3,56	3,36	0,09	0,06	7,07	0,00	1,54	8,61	82	0,00	419	4,93	0,40	12,25	0,70	0,54	5,70
2C2	6,0	5,1	4,28	3,16	0,06	0,19	7,68	0,00	1,32	9,00	85	0,00	180	4,13	0,40	10,25	2,11	0,50	11,10
2C3	5,8	4,7	3,15	2,95	0,04	0,45	6,59	0,00	1,54	8,13	81	0,00	172	1,31	0,20	6,50	5,54	0,85	7,60
3C4	6,9	5,9	1,83	1,73	0,01	0,65	4,22	0,00	0,88	5,10	83	0,00	142	1,21	0,20	6,00	12,75	1,67	3,50
Argissolo Vermelho-Amarelo Ta distrófico léptico																			
Ap	4,3	3,9	0,41	1,22	0,14	0,13	1,90	0,87	3,64	6,41	30	31,41	4	9,95	0,80	12,38	2,03	0,79	4,80
AB	4,4	4	0,51	0,71	0,17	0,13	1,52	1,06	3,34	5,92	26	41,09	4	6,03	0,50	12,00	2,20	0,41	9,80
Bt	4,2	3,4	0,92	4,27	0,14	0,32	5,65	2,80	4,24	12,69	45	33,14	2	2,71	0,30	9,00	2,52	0,28	13,50
BC	4,6	3,3	0,71	8,25	0,06	0,32	9,34	1,56	2,81	13,74	68	14,55	2	1,91	0,30	6,33	2,33	0,40	12,20
Cr	5,2	4	0,30	6,30	0,03	0,32	6,96	0,20	1,45	8,61	81	2,79	2	1,21	0,30	4,00	3,72	0,48	11,00

3.3 Unidades de mapeamento e apresentação do mapa semidetalhado de solos da bacia do baixo Natuba

LAd1 – Essa unidade de mapeamento está representada por Latossolos Amarelos, bem drenados, posicionados nos topos das elevações. Tais solos apresentam horizonte A proeminente a moderado e sem predegosidade ou rochosidade. Representa 2,13% da área de estudo. O uso predominante é com a cana-de-açúcar (Figura 10).



Figura 10. Perfil de Latossolo Amarelo Distrófico úmbrico A proeminente textura argilosa.

PAd1 – Essa unidade de mapeamento está representada essencialmente por Argissolos Amarelos Distróficos epiáquicos posicionados em áreas com relevo ondulado (Figura 11). Apresentam horizonte A de moderado a proeminente, com textura média/argilosa a muito argilosa. Quanto a drenagem variam de moderadamente a imperfeitamente drenados. A pedregosidade está ausente, com rochividade variando de ausente a ligeiramente rochosa. Aparecem associados com Argissolo Vermelho-Amarelo e afloramentos de rochas. O uso predominante dos solos está associado à policultura (mangas, berinjela, chuchu, feijão, coco) e com áreas de pastagem natural e plantada. Representa 30,41% da área da bacia.



Figura 11. Perfil de Argissolo Amarelo Distrófico epiáquico e úmbrico com cor variegada bruno-amarelada, vermelho-amarelada e vermelha.

PAd2 – Nessa unidade de mapeamento predominam Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos com caráter epiáquico em relevo muito movimentado, de forte ondulado a ondulado. Apresentam horizonte A moderado a proeminente, com textura média/argilosa a muito argilosa. A drenagem varia de moderada a imperfeita. A pedregosidade está ausente, mas são ligeiramente rochosos. Ocorrem associado com alguns Afloramentos de rocha e Neossolos Litólicos. O uso está relacionado a policultura (manga, milho, banana, coco) e pastagem natural e plantada. Representa 20,02% da área da bacia (Figura 12).



Figura 12. Perfil de Argissolo Amarelo e Vermelho Amarelo Distrófico epiáquico.

PVAd – Essa unidade de mapeamento representa áreas pouco movimentadas com relevo suave ondulado onde se destacam Argissolos Vermelho-Amarelos e Amarelos com mudança textural abrupta. Apresentam horizonte A moderado e proeminente, textura média/argilosa e variam de bem a moderadamente drenados. A pedregosidade está ausente e a rochosidade é moderada. Uso predominante é com a policultura (milho, feijão, banana, coco), pastagem natural e plantada e cana-de-açúcar. Ocorrem associados com alguns afloramentos de rocha. Totalizam 18,72% da área (Figura 13).



Figura 13. Perfil de Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico com mudança textural abrupta

PACd – Essa unidade de mapeamento fica muito diferenciada das demais pela coloração acinzentada dos solos e pelo seu posicionamento na paisagem ocupando o terço médio a inferior das encostas junto a zona de falha do Lineamento Pernambuco. Apresentam horizonte A moderado, textura média/argilosa, drenagem moderada, pedregosidade e rochosidade ausentes. Em menor proporção compreende Neossolos Litólicos e Argissolos Amarelos. O uso atual é com pastagem natural, coco, caju, manga. Apresenta-se em relevo suave ondulado. O material parental (cataclasito) confere aos solos a cor bruno-claro-acinzentado. Representa 20,60% da área (Figura 14).

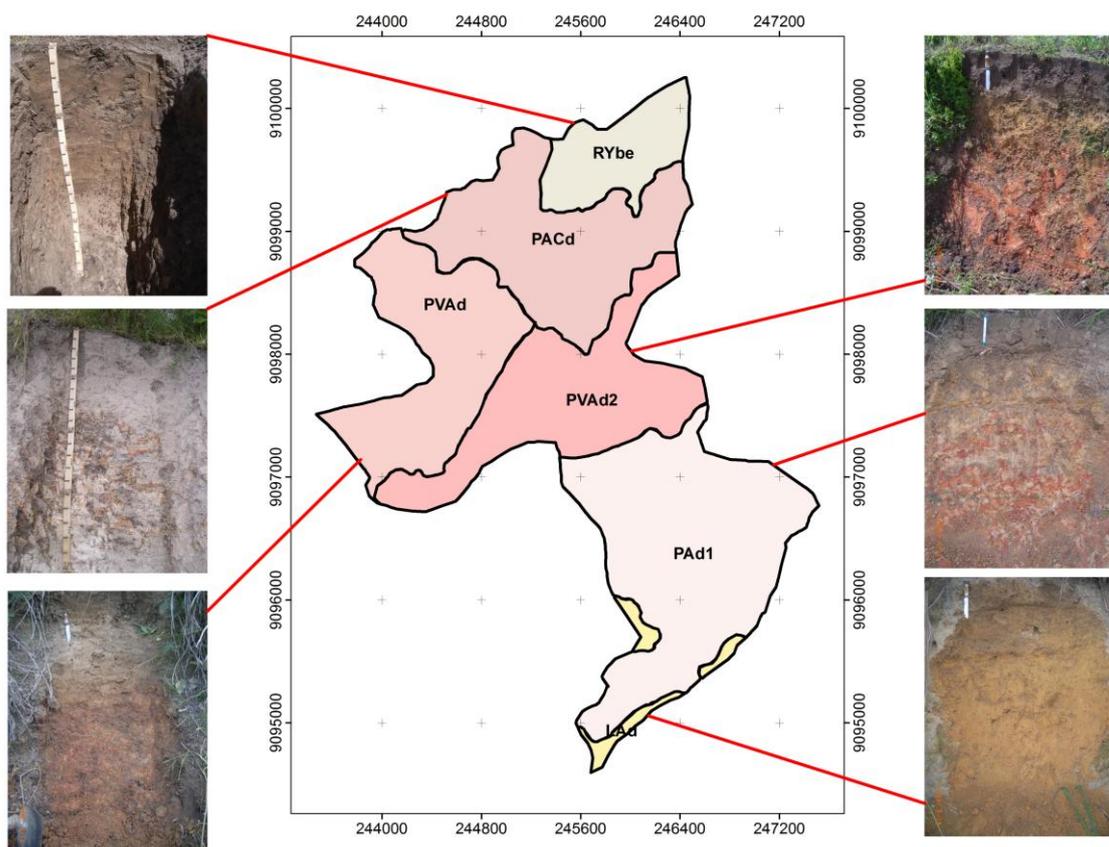


Figura 14. Perfil de Argissolo Acinzentado Distrocoeso epiáquico

RYbe – Essa unidade de mapeamento corresponde aos solos do ambiente de várzea no baixo Natuba. Está representada principalmente pelos Neossolos Flúvicos Ta Eutróficos gleissolos e solódicos. Apresentam horizonte A moderado textura média. A drenagem varia de moderada a imperfeita. A pedregosidade e a rochosidade estão ausentes. Ocorre nas áreas de relevo plano associado com alguns Gleissolos e Argissolos Amarelos. O uso predominante é realizado através do cultivo de hortaliças (coentro, alface, cebolinha). Ocupam cerca de 8,13% da área mapeada (Figura 15).



Figura 15. Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico e solódico.



LEGENDA

- LAd** Latossoilo Amarelo Distrófico úmbrico e típico A moderado, textura argilosa fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado e plano.
- PAd1** Argissolo Amarelo Distrófico epiáquico e úmbrico A moderado e proeminente textura média/argilosa a muito argilosa fase floresta subperenifólia relevo ondulado.
- PAd2** Argissolo Amarelo e Vermelho-Amarelo Distrófico epiáquico e úmbrico A modeado e proeminente, textura média/argilosa a muito argilosa fase, floresta subperenifólia, relevo forte ondulado e ondulado.
- PVAd** Argissolo Vermelho-Amarelo e Amarelo Distrófico abrupto epiáquico e úmbrico A moderado e proeminente, textura média argilosa fase floresta subperenifólia, relevo suave ondulado.
- PACd** Argissolo Acizentado Distrocoeso epiáquico A moderado, textura média/argilosa fase floresta subperenifólia relevo ondulado a suave ondualdo.
- RYbe** Neossolo Flúvico Tb Eutrófico gleissólico A moderado, textura média fase floresta subperenifólia, relevo plano a suave ondulado.

Escala Gráfica
0 250 500 1.000
m



Sistema de Projeção
Universal Transversa de Mercator
South American Datum

Figura 16. Mapa dos solos do baixo Natuba elaborado na escala 1:25.000.

4. Conclusões

A partir do presente trabalho alcançou-se um ganho significativo de informações sobre os solos do baixo Natuba e será, a partir dessa nova base de dados de informações, possível viabilizar a estimativa do grau de suscetibilidade das classes dos solos à erosão, realizar zoneamentos ambientais e agrícolas, uma vez, que muito dos parâmetros sobre as características inerentes a cada classe de solo podem ser extraídos desse levantamento.

Constatou-se que para áreas pouco extensas, como o caso da bacia do rio Natuba, é importante um mapeamento de solos semidetalhado ou em escala maior visando observar a diversidade pedológica que deverá ser levada em conta no planejamento de uso, manejo e conservação dos solos e das práticas agrícolas realizadas na área.

O mapa pedológico demonstra que no baixo curso do rio Natuba há o predomínio dos Argissolos (89,75%), com predomínio dos Amarelos em relação aos Vermelho-Amarelos e Acinzentados. Em seguida destacam-se os Neossolos Flúvicos ocupando 8,12% da área e por último os Latossolos ocupando cerca de 2,15% da área do baixo Natuba.

O mapeamento pedológico semi-detalhado (escala 1:25.000) pode ser realizado de forma pouco onerosa em função do uso de ferramentas de geoprocessamento e das informações derivadas da morfologia de solos que ocorrem numa determinada área, levando em conta o conhecimento dos processos pedogenéticos e os fatores de formação dos solos.

Capítulo 3

Mapeamento geomorfológico

1. Introdução

O mapeamento geomorfológico de pequenas bacias constitui parte importante para o gerenciamento e monitoramento ambiental da mesma, uma vez que estas são unidades importantes de planejamento territorial no tocante a bacia principal. A bacia do rio Natuba está inserida nesta temática, constituindo o principal afluente da margem direita do rio Tapacurá, que por sua vez é estratégico manancial hídrico para a Região Metropolitana do Recife.

Reconhecer os processos geomorfológicos em áreas ocupadas por empreendimentos agropecuários é de fundamental importância, permitindo avaliar a relação espacial entre a intensidade dos processos e alterações ocorridas ao longo das vertentes (GIRÃO & CORRÊA, 2004). A percepção de tais aspectos facilita o planejamento para a diminuição da ocorrência do escoamento superficial e ao controle de erosão dos solos que invariavelmente leva a perda física e química do solo, tendo como consequência a queda a produtividade agrícola e possíveis reflexos nos sistemas hídricos derivados de assoreamento dos rios e represas (GUERRA, 1994; CASSETI, 1995; GUERRA & CUNHA, 1996; GIRÃO & CORRÊA, 2004).

Em função das dimensões da área de estudo (39 km²), é necessário construir um mapa geomorfológico que represente as características funcionais dos sistemas de fluxo canalizado (rios e planícies de inundação) e de fluxo não canalizado (interflúvios), a fim de que se torne aplicável para o planejamento na escala da bacia, conforme recomendações de Cavalcanti *et al.* (*no prelo*).

2. Material e métodos

Neste trabalho, o mapeamento foi realizado através edição vetorial baseada na interpretação de dados temáticos. Os autores supracitados recomendam que sejam identificados inicialmente os padrões de fluxos canalizados e posteriormente os seguimentos das áreas não canalizadas. Esta identificação pode ser realizada superficialmente, estimando os limites das unidades com base em dados secundários, caso não seja possível uma determinação detalhada em função dos dados disponíveis, face à dificuldade de acesso ou de restrições logísticas e operacionais à obtenção de imagens orbitais de alta resolução, de fotografias aéreas recentes e da realização de um levantamento de campo específico para geomorfologia.

Utilizaram-se dados primários e secundários, a saber:

- Informações de declividade e hipsometria extraídas de curvas de nível numa escala de 1:25.000 (equidistância de 10 m);
- Informações do mapa de solos do ZAPE (escala 1:100.000) e dos pontos de reconhecimento e perfis de solo levantados neste trabalho;
- Informações da rede de drenagem extraídas das cartas planialtimétricas (escala 1:25000).

As classes identificadas no mapeamento seguem o modelo de unidades geomorfológicas funcionais, apresentado por Cavalcanti *et al.* (*no prelo*). Este modelo baseia-se numa segmentação do relevo de acordo com processos morfopedológicos, conforme a tabela 6.

Tabela 6. Segmentos de relevo para levantamento geomorfológico de detalhe

Segmentos	Descrição	Código
Depressão interfluvial	Setor do topo onde ocorre acumulação de substâncias	1
Topo plano	Topo com superfície plana, onde predominam fluxos verticais e lavagem dos materiais do substrato	2
Setor de infiltração	Setor com predominância de processos de infiltração, recebendo contribuição hídrica, sobretudo da unidade superior adjacente	3
Convexidade de rastejo	Segmento convexo com predomínio de processos de rastejamento (<i>creeping</i>)	4
Face livre	Setor de alta declividade onde predomina queda de blocos	5
Setor de transporte	Segmento de meia-encosta com características de transporte de grande quantidade de material	6
Sopé coluvial	Parte inferior da encosta, onde se acumula o material derivado de coluvionamento	7
Terraço aluvial	Corresponde a uma planície de inundação abandonada	8
Planície aluvial	Planície de inundação em estado funcional	9
Canal fluvial	Canal fluvial	10

Fonte: Cavalcanti *et al.* (*no prelo*).

As unidades são apresentadas na legenda do mapa na ordem em ocorrem no perfil do relevo, no sentido do topo ao talvegue. Os autores advertem que nem todas as unidades ocorrem sempre em todas as situações ou mesmo na ordem numérica em que estão apresentadas na tabela 6. Por exemplo: um relevo pode ter o perfil 2,3,4,10, significando uma sequência de topo plano, setor de infiltração, convexidade de rastejo e canal fluvial. Outro exemplo é um relevo com a sequência: 2,5,6,5,6,5,6,7,10 que corresponde a um perfil de típico de áreas semi-áridas em bacias sedimentares, com topo plano, seguido por uma sequência de faces livres escalonadas com setores de transporte, finalizando num sopé coluvial, cortado pela drenagem.

A legenda é composta por unidades que representam o padrão geomorfológico da área estudada, relacionando forma e substrato, ex: colinas sobre o cristalino intemperizado. Além disso, é indicada a gênese (se denudacional ou acumulativa e de que tipo, química, fluvial, marinha, etc.). Cada unidade mapeada é diferenciada conforme os segmentos de relevo típicos que nela são identificados. Estes são indicados na legenda pelo código apresentado na tabela 6. Um exemplo de legenda é apresentado na tabela 7.

Tabela 7. Exemplo de Legenda

Sigla da unidade	Nome	Gênese	Segmentos de relevo típicos
CCI	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2, 3, 4, 10

O mapeamento foi realizado através do traçado de perfis topográficos para identificação das sequências de setores geomorfológicos. Os locais para o traçado dos perfis foram escolhidos após a observação das relações entre as classes de declividade (definidas conforme a EMBRAPA, 2006), a mudança nas classes hipsométricas e os padrões dos canais fluviais observados em planta. Por exemplo, áreas com ausência de declives planos (0 a 3%) e/ou presença de vales encaixados, eram consideradas como diferentes de áreas com ocorrência de setores com declives planos nas margens de canais fluviais, visto que indicam setores da bacia de drenagem com diferentes regimes fluviais.

3. Resultados

Na área de estudo predominam Colinas Sobre o Cristalino Intemperizado, na seção do alto e médio curso da bacia. Na seção de médio e baixo curso, ocorrem Planícies Aluviais e no baixo curso também se registra a ocorrência de Terraços Aluviais.

A.A. Colinas sobre o cristalino intemperizado

Estas unidades possuem gênese derivada da regressão das cabeceiras de drenagem bem como pela lavagem dos materiais superficiais. Na bacia do rio Natuba, foram identificados sete tipos de colinas, de acordo com os setores típicos encontrados:

A unidade CCI corresponde ao alto curso do rio Natuba, apresentando um padrão de topos planos, com setores de infiltração e convexidade de rastejamento confinando fluxos canalizados (Figura 17).

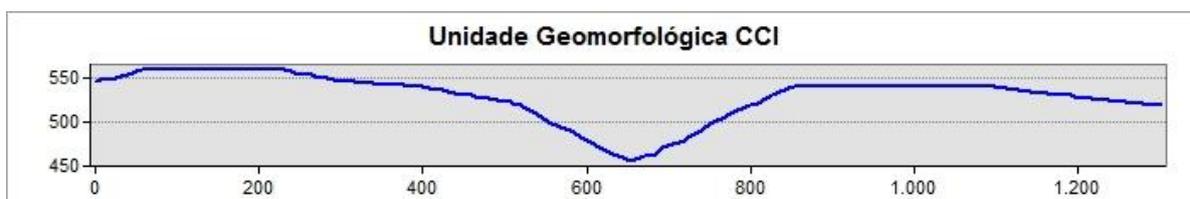


Figura 17. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI

A unidade CCI1 ocorre na margem direita da bacia, e predominam segmentos de pequenas depressões interfluviais no interior de topos planos, com seqüências de infiltração e convexidade de rastejo confinando fluxos canalizados (Figura 18).

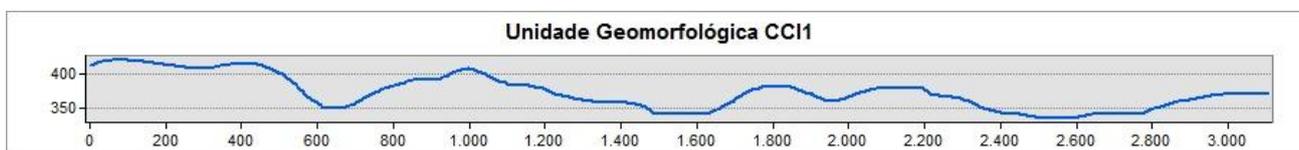


Figura 18. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI1

Na unidade CCI2, imediatamente a jusante do alto curso, predominam topos planos seguidos por setores de transporte de meia encosta com convexidade de rastejamento antecedendo sopé coluvial e/ou planícies de inundação, apresentando vales confinados e não confinados (Figura 19).

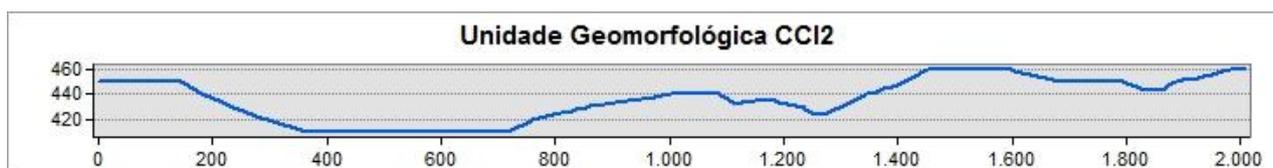


Figura 19. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI2

A unidade CCI3 ocupa a margem esquerda da bacia, onde predominam topos planos, com setores de infiltração, seguidos por setores de transporte de meia encosta com convexidade de rastejamento antecedendo sopé coluvial e/ou planícies de inundação, apresentando vales confinados e não confinados (Figura 20).

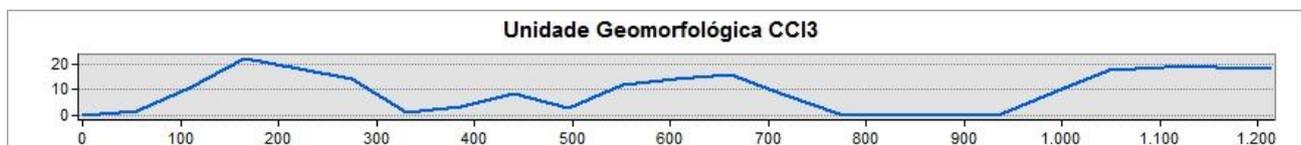


Figura 20. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI3

A unidade CCI4 a parte sudeste, no médio curso da bacia, apresentando topos planos seguidos por setores de transporte de meia encosta com convexidade de rastejamento antecedendo planícies de inundação, apresentando vales confinados e não confinados (Figura 21).

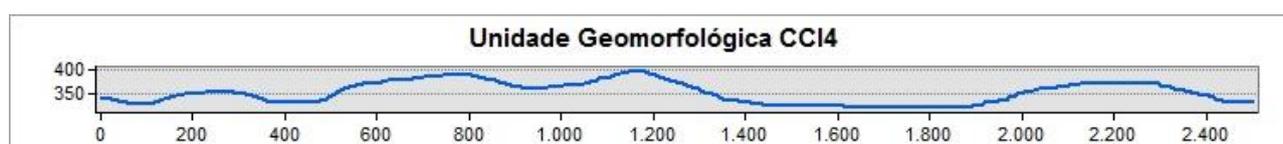


Figura 21. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI4

A unidade CCI5 corresponde ao relevo alinhado de direção SW-NE que ocorre no médio curso da bacia, apresentando topos planos, com setores de infiltração e convexidade de rastejo (Figura 22).

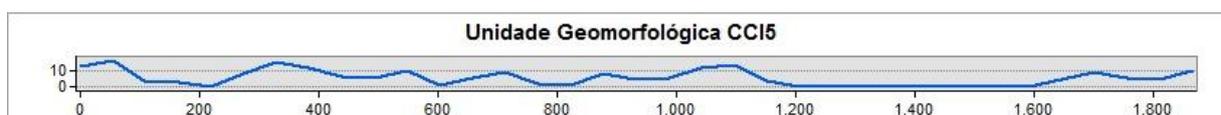


Figura 22. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI5

A unidade CCI6, no médio curso, apresenta uma intercalação de colinas e pequenas depressões utilizadas para instalação de pequenos açudes. Os segmentos típicos são topos planos, com setores de infiltração, convexidade de rastejo e planícies de inundação, apresentando fluxo canalizado confinado ou não confinado (Figura 23).

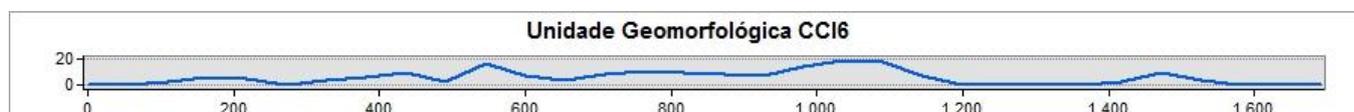


Figura 23. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica CCI6

A unidade PTA, corresponde às planícies aluviais e terraços aluviais do médio curso, com ocorrência de topos planos, seguidos por terraços e planícies de inundação com vales não raramente confinados (Figura 24).

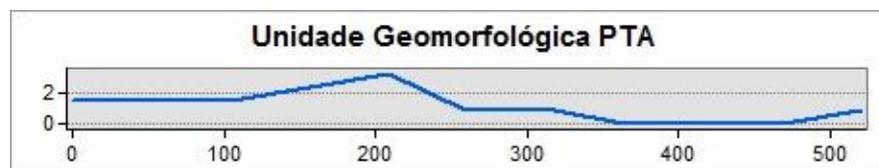


Figura 24. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica PTA

A PTA1, corresponde às planícies aluviais do baixo curso com ocorrência de topos planos, seguidos por terraços e planícies de inundação com vales não raramente confinados (Figura 25).

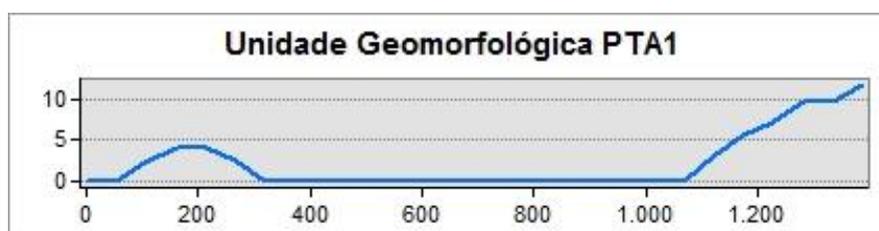


Figura 25. Perfil transversal de um trecho da Unidade Geomorfológica PTA1

Tabela 8. Legenda do mapa geomorfológico de detalhe da bacia do Rio Natuba.

Sigla da unidade	Nome	Gênese	Segmentos de relevo típicos
CCI	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2, 3, 4, 10
CCI1	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	1,2,3,4,10
CCI2	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2,6,4,7+9,10
CCI3	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2,3,6,7+9,10
CCI4	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2,3,4,7,10
CCI5	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2,3,4
CCI6	Colinas sobre o cristalino intemperizado	Denudação mecânica e química	2,3,4,9,10

PA	Planícies aluviais	Acumulação fluvial	2,8,9,10
PTA	Planícies e Terraços aluviais	Acumulação fluvial	2,8,9,10

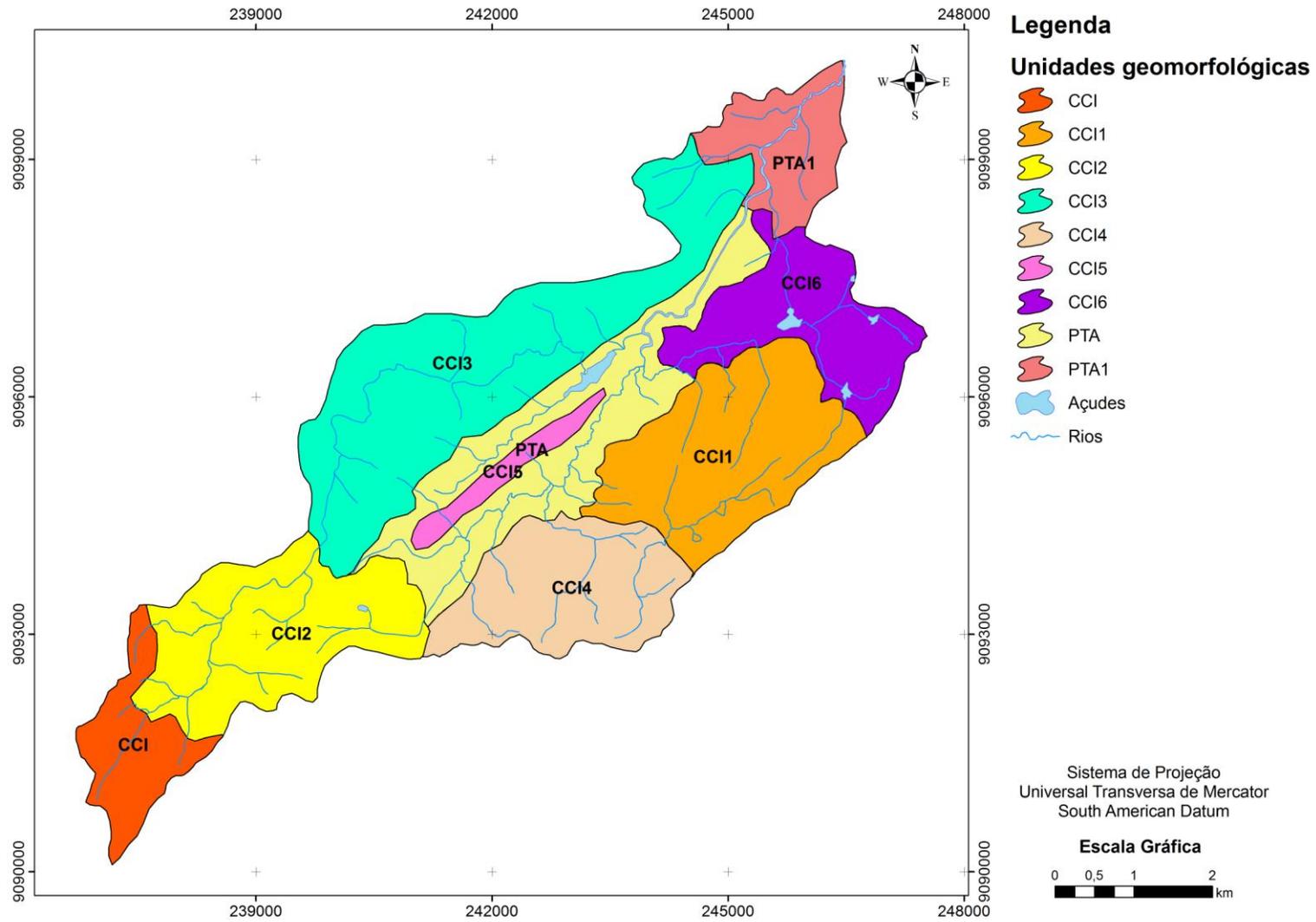


Figura 26. Mapa geomorfológico de detalhe da bacia do rio Natuba – PE.

4. Conclusões

A aproximação geomorfológica para a bacia do Rio Natuba, permitiu identificar setores de relevo de acordo com a relação entre os padrões de vales e perfis de encosta. Em setores de vales confinados, os rios tendem a adquirir maior velocidade em momentos de precipitação, visto que não há extravasamento. Logo, o uso dessas áreas deve ser avaliado com cuidado, sobretudo quando o canal fluvial estiver conectado a um setor de encosta de curvatura convexa, comum nas unidades CCI, CCII, CCI2, CCI3, CCI4 e CCI5.

Estas áreas, quando submetidas a eventos pluviométricos capazes de superar a capacidade de armazenamento de água dos solos, podem sofrer movimentos de massa, mormente se o uso da terra não favorecer a proteção do solo, acarretando desta forma, a possíveis prejuízos econômicos e talvez até humanos.

A acumulação de sedimento em depressões e/ou a colmatação de vales decorrente de excessiva perda de solo (unidade CCI6) propiciam, por um lado, novas frentes de cultura e/ou ambientes com maior capacidade de acumulação de água, mas por outro lado provoca a mudança na dinâmica dos canais por causa do assoreamento, provocando a perda da qualidade dos hábitat de espécies aquáticas. Além disso, a natureza coluvial destes depósitos diminui seu valor de estruturação, tornando-os solos mais susceptíveis à erosão.

Nos locais onde há canais meandrantos (sobretudo nas PTA e PTA1), a necessidade de realizar tamponamento¹ a partir da margem erosiva (banco de solapamento) a fim de diminuir a força do canal. Visto que o tamponamento a partir da margem de deposição (barras marginais) conduz o fluxo pela margem erosiva, que é ampliado num momento de precipitação pluviométrica, podendo gerar catástrofes, como a perda excessiva de solo.

¹ Procedimento utilizado pelos agricultores para armazenar água para o período de seca, consistindo na interrupção de parte do fluxo do canal através da construção de um impedimento que vai de uma margem até o centro do canal.

Capítulo 3

Mapa da cobertura vegetal

1. Introdução

A vegetação nativa da sub-bacia do Alto Natuba é caracterizada por dois tipos distintos: Mata Atlântica, representada por um importante remanescente conhecido como Mata do Ronda, que possui cerca de 512 ha de extensão, e a Caantiga que é encontrada nas escarpas da Serra das Russas (BRAGA, 2005).

Entre os processos de degradação dos solos, a erosão hídrica laminar assume um papel bastante expressivo. Esta corresponde à remoção e transporte da camada mais superficial do solo pela água da chuva. Inicia-se com o salpico de gotas da chuva diretamente sobre a superfície desprotegida ou recém-revolvida, e continua com a formação de enxurradas que formam sulcos de diversas proporções (LEPSCH, 2002).

Desta forma, os nutrientes presentes nas camadas superiores do solo são perdidos facilmente por erosão. Os nitratos se ligam à água do escoamento superficial devido à sua alta solubilidade e os fosfatos se ligam as partículas finas do solo, sendo levados juntamente aos sólidos arrastados. Sendo assim, sabe-se que o material erodido é mais rico em nutrientes que o solo que sofreu erosão (GUERRA *et al.*, 2005).

A erosão é uma das formas mais generalizadas de degradação das características do solo e é a mais irreversível das deteriorações porque a formação de solo é um processo muito lento e as camadas atuais, em geral, são o resultado de centenas ou milhares de anos (SAMPAIO *et al.*, 2003).

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, sendo sua ação atuante das seguintes formas: na proteção direta contra os impactos das gotas das chuvas, dispersão da água, interceptando-a antes que atinja o solo; decomposição das raízes das plantas que formam canalículos no solo e aumenta a infiltração da água; melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando sua capacidade de retenção de água e diminuindo a velocidade de escoamento da enxurrada devido ao aumento do atrito na superfície (BERTONI *et al.* 1990).

A importância da preservação das florestas, principalmente em áreas de risco como vertentes muito inclinadas ou com precipitações elevadas, está fundamentada na proteção do solo contra a

erosão, porque de acordo com Townsend *et al.* (2006), o dossel das árvores absorve o impacto direto da chuva sobre a superfície, as raízes unem o solo e a queda contínua de folhas e estruturas das plantas, que caracterizam a serrapilheira, barram o escoamento superficial e o transporte de sedimentos, adicionando ainda matéria orgânica ao solo.

O objetivo desta etapa do trabalho foi obter informações sobre a condição da cobertura vegetal na bacia do rio Natuba a partir dos índices de vegetação SAVI (“Soil-Adjusted Vegetation Index”) e EVI (Enhanced Vegetation Index) com a finalidade de estimar áreas onde os processos morfogenéticos serão mais atuantes.

2. Material e métodos

2.1 Obtenção dos Índices de Vegetação

Para se obter os índices SAVI e EVI foi adquirida gratuitamente a imagem do satélite CBERS 2 câmera CCD de 24/07/2006 ponto 146 e órbita 109 no site do INPE (Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais). As duas bandas 3 e 4 com 20m de resolução espectral foram georreferenciadas através de uma imagem CBERS 2 com os mesmos parâmetros obtidas através do site do SisComIBAMA (Sistema Compartilhado de Informações Ambientais) e foram trabalhadas no software Erdas 9.3, logo em seguida foi feito a calibração radiométrica , que consiste no cômputo da radiação espectral em cada banda (L_{λ_i}), em que o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática. A equação utilizada é a proposta por Ponzoni *et al.* (2005) (Eq. 1):

$$L_{\lambda} = NDn/CCn$$

Eq.(1)

Onde:

L_{λ} = radiância espectral aparente;

NDn= número digital extraído da imagem na banda n (n=1,2,3,4,pan);

CCn= coeficiente de calibração absoluta para a banda n (n=1,2,3,4,pan).

O resultado é expresso então em $W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$

Para a transformação dos valores de L_{λ} em valores de reflectância aparente (ρ_{apa}) basta aplicar a seguinte equação:

$$\rho_{apa} = (3,1423 * (NDn/CCn) * D^{**2}) / (esunn * \cos(\text{zen}));$$

Onde: D = distância Terra-Sol em unidades astronômicas (assume valores 0,983 em janeiro e 1,0167 em julho);

esunn = valores de Irradiância solar no topo da atmosfera na banda n (n=1,2,3,4,pan), apresentados na Tabela 1;

cos(zen)= cosseno do ângulo zenital solar no momento de aquisição da imagem.

Tabela 7. Valores de esunn no topo da atmosfera ($W.m^{-2}.\mu m^{-1}$)

esun1	esun2	esun3	esun4	esunpan
1934,03	1787,10	1548,97	1069,21	1664,33

O SAVI (“Soil-Adjusted Vegetation Index”), (Equação 2), foi desenvolvido por HUETE (1988), sendo uma técnica de transformação para minimizar a influência da reflectância do solo nos índices de vegetação espectrais que envolvem os comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo e modelar, com mais precisão, a radiância infravermelha próxima nas copas mais abertas.

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{IV} - \rho_V)}{(L + \rho_{IV} + \rho_V)} \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que: NIR e R são as reflectâncias no infravermelho próximo e vermelho.

L é um coeficiente que varia com as diferenças na atenuação da reflectância do solo nesses comprimentos de onda através da copa. Seus valores variam entre 0 a 1 para grande cobertura e baixa cobertura, respectivamente. Se L for igual a zero, o SAVI tornar-se-á equivalente ao NDVI (BARET e GUYOT, 1991).

O EVI é obtido através da equação 3:

$$EVI = G * \frac{(\rho_{NIR} - \rho_R)}{(L + \rho_{NIR} + C_1\rho_R - C_2\rho_B)} \quad \text{Eq. (3)}$$

onde p são as reflectâncias da superfície com correções atmosféricas (ou parcialmente corrigidas) (Rayleigh e absorção do ozônio); L é um fator de correção dos efeitos causados pelo substrato sob a copa (e ou neve caso pertinente); $C1$ e $C2$ são os coeficientes relacionados aos efeitos dos aerossóis (HUETE *et al.*, 2002). Eles utilizam a banda do azul para corrigir estes efeitos na banda do vermelho (KAUFMAN & TANRÉ, 1992), reduzindo-os consideravelmente (LIU e HUETE, 1995; HUETE *et al.*, 1997).

A última esta foi feita confrontando os dados obtidos através dos índices de vegetação com os dados obtidos em campo e o mapa de uso do solo (Silva, 2006).

3. Resultados e discussão

Tanto o EVI quanto o SAVI mostraram-se bastante eficazes na diferenciação da situação da vegetação (esparsa ou densa), no entanto o EVI mostrou melhor diferenciação entre mata, pastagem e cultura. O EVI sofre menos interferência em relação à umidade, tem por característica a otimização da vegetação de deserto e de floresta (HUETE *et al.*, 2002). As correções dos fatores atmosféricos realizada pelo EVI devem ter contribuído para o melhor resultado.

De acordo com os dados obtidos pelos dois índices e a observação do mapa de declividade a ocorrência de vegetação densa, frequentemente, está relacionada às áreas de relevo montanhoso.

De acordo com o SAVI, 23,84 km² da área da bacia possui cobertura vegetal (cultivo, pastagem, vegetação esparsa ou vegetação densa). A distinção entre as classes na escala da bacia torna-se impraticável por limitações causadas pela resolução espacial e espectral da imagem utilizada (CBERS) mesmo sendo realizados apoios de campo (Figura 27).

Tabela 10. Valores de área em pixel, km² e % das classes temáticas obtidas através do SAVI

ÁREA	PIXEL	km ²	%
Total	97488	39,00	100
Solo exposto+nuvem+sombra	37902	15,16	38,87
Cobertura vegetal (cultivo+pastagem+vegetação rala+vegetação densa)	59586	23,84	61,13
Cobertura vegetal			
	Área		
	Pixel	km²	%
Pastagem ou cultivo	41019	16,40	68,79
Vegetação esparsa ou densa	18267	7,44	31,21

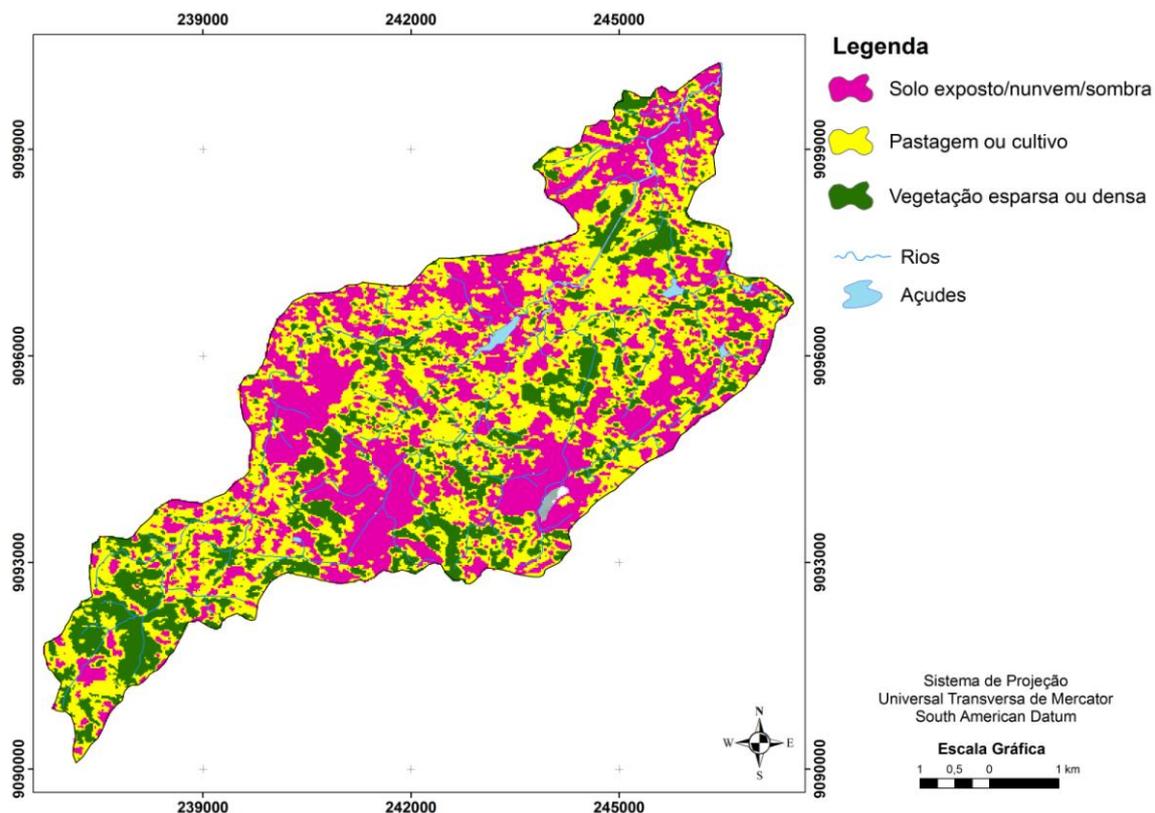


Figura 27. Mapa da cobertura vegetal obtida através do SAVI da bacia do rio Natuba – PE.

Os 23,84 km² representam 61,13% da área da bacia, sendo ocupado por pastagem ou cultivo uma área de 16,40 km² e o restante; 7,44 km² ocupado por vegetação esparsa ou densa (Tabela 10).

De acordo com os resultados obtidos pelo EVI a área da bacia possui 46,30% sob cultivo; 20,68% com pastagem natural ou plantada; 13,76% com vegetação esparsa; e 19,26% de vegetação densa (Tabela 11)

Tabela 11. Valores de área em pixel, km² e % das classes temáticas obtidas através do EVI

ÁREA	PIXEL	km ²	%
Total	97488	39,00	100
Solo exposto+nuvem+sombra	44745	17,92	45,95
Cobertura vegetal (cultivo+pastagem+vegetação rala+vegetação densa)	52721	21,08	54,05
Cobertura vegetal	Área		
	Pixel	km²	%

Cultivo	24476	9,79	46,30
Pastagem	10911	4,36	20,68
Vegetação esparsa	7177	2,87	13,76
Vegetação densa	10157	4,06	19,26

Como podem ser observadas, na figura 28, as áreas que puderam ser mapeadas (54,05 % da bacia) apresentam a classe cultivo como responsável por 46,30% da cobertura vegetal da bacia. Esse cultivo, verificado em campo, trata-se de hortaliças, predominantemente. Esse percentual deve ser ainda maior, visto que, alguns trechos da área classificada como **Solo exposto/nuvem/sombra** ocorre em áreas com cultivo de hortaliças.

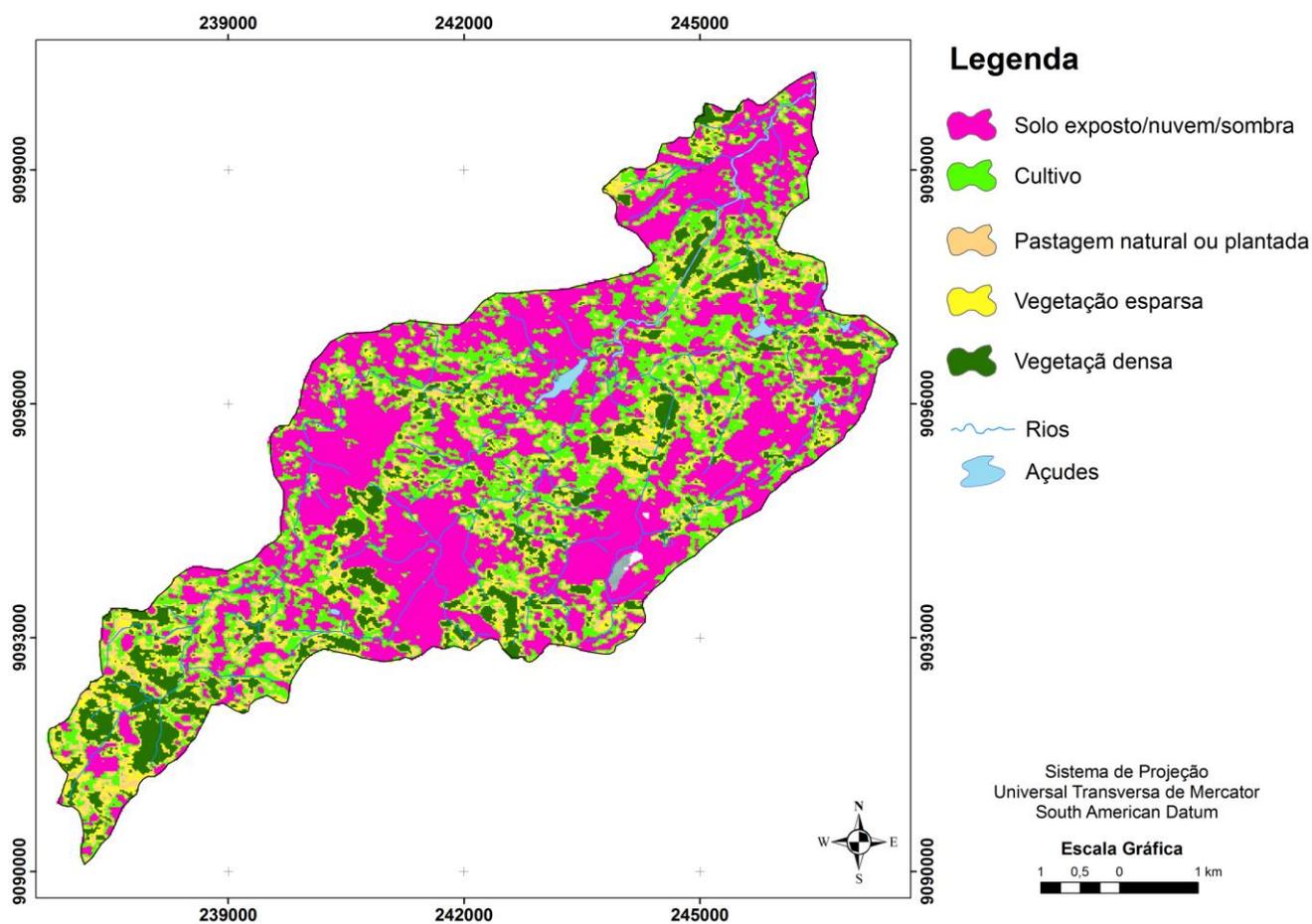


Figura 28. Mapa da cobertura vegetal obtida por meio do SAVI da bacia do rio Natuba – PE.

4. Conclusões

O EVI mostrou-se mais eficiente na distinção entre classes de cobertura vegetal pelo fato da sua técnica remediar problemas causados por fatores atmosféricos como a umidade, por exemplo.

Os dois índices de vegetação utilizados no que concerne à distinção entre áreas de plantio e áreas com vegetação, de uma maneira geral, foram muito eficientes.

A cobertura vegetal da bacia do rio Natuba, de acordo com os dados estimados, não deve apresentar no atinente aos processos erosivos um papel mitigador efetivo, visto que a cobertura vegetal densa ocorre numa área de 19,26%, dentro do limite que foi possível classificar.

Referências

BASHER, R. Is pedology dead and buried?. In: **Australian Journal of Soil Research**, 1997, v. 35, nº 5, p. 979-994

BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993 BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 352 p.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo:Ícone,1990. 355p

BRADY, Nyle C. **Natureza e propriedade dos solos** – 7ª ed. – Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Recife: SUDENE, 1972. v.2, 354p. (MA. DNPEA-DPP. Boletim Técnico, 26; SUDENE-DRN. Série Pedologia, 141).

BRITO, J. L. N. S. **Modelagem Digital do Terreno**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2002

CALDAS, A. M. **Solos, Antropização e Morfometria da microbacia do Prata, Recife – PE.**,2007 (Dissertação): Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Tecnologia Rural. 130p

CÂMARA, G. MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos da Ciência da Geoinformação. In.: **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. 344p. Disponível <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43>>. Acesso em 05/04/2010

CAMPOS, M. C. C.; CARDOZO, N. P.; MARQUES JUNIOR, J. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos pedológicos. **Bio - Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande- PB: EUEP-UEPB v. 6. N.1 p. 104- 112. 1º Semestre 2006.

CASSETI, V. **GEOMORFOLOGIA**. 2005, Disponível em< <http://www.funape.org.br/geomorfologia/apresentacao/index.php>>.acesso em: 05/05/2010

CHAGAS, C. S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica n Domínio de Mar de Morros**. Viçosa, MG:UFV, 2006. 223p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo:Edgar Blücher, 1ª ed. 1999. 200p

DEMATTÊ, J. A. M. **Sensoriamento Remoto Aplicado a Solos Cultivados com Cana-de-acúcar: relações com manejo**. São Paulo: ESALQ/USP, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

Execução de Pesquisa e Desenvolvimento – UEP Recife; Governo do Estado de Pernambuco (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária). CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos; no. 35).

ZAPE Digital

GIRÃO, O. & CORRÊA, A. C. B. A contribuição da Geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. In: **Revista de Geografia**. Recife: Departamento de Ciências Geográficas da UFPE. Vol 21, n. 2, jul/dez. 2004

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. cap. 1, p. 17-34.

GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. Degradação Ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337 - 339

IPOLLITI, G. A.; COSTA, L .M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES, E.I. F. F.; GAGGERO, M. R.; Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacias na região de Mar e Morros em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, maio/abril, 2005, vol. 29 nº 2, p. 269 - 276

KER, J. C. Reflexões sobre levantamentos pedológicos no país. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2007, v. 32, nº 1, p. 13 – 17.

MOREIRA, M. A.. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 2 ed. – Viçosa: UFV, 2003. 307 p.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**. Baltimore, Munsell color Macbeth Divison of Kollmorgen Corporation, 1975

PAVLOPOULOS, K.; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Mapping Geomorphological Environments**. 1ª ed. 2009 247p

RADAM BRASIL, **Levantamento dos Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1983 v. 32. 775p

SAMPAIO, E. **Pedologia para ordenamento.SIG**.Universidade de Évora: Departamento de Geociências. 2008. Disponível em< <http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-08.pdf>> acessado em 10/05/2010

SANTOS, H. G. Importância e evolução dos levantamentos de solos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2007, v. 32, nº 1, p. 18-20

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5ª ed. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005. 100 p.

SILVA, F.B.R.S.; SANTOS, J.C.P.; SILVA, A.B.; CAVALCANTI, A.C.; Silva, F.H.B.B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R.B.V.; OLIVEIRA NETO, M.B.; SOUZA NETO, N.C.; ARAÚJO FILHO, J.C.; LOPES, O.F.; LUZ, L.R.Q.P.; LEITE, A.P.; BARROS, A.H.C. & VAREJÃO-SILVA, M.A. (1998) **ZAPE -Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**. Recife: Embrapa Solos - Unidade de SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1997, v.21: p.313 - 319

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T.**Geoprocessamento e Análise Ambiental – Aplicações**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004 v.01. 368p

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Recursos Naturais do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p