



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Centro de Ciências Agrárias

Departamento de Solos e Engenharia Rural

Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água

**CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DAS TERRAS
PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DA PARAÍBA
UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Paulo Roberto Megna Francisco

**AREIA – PB
FEVEREIRO – 2010**

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO

**CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DAS TERRAS
PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DA PARAÍBA
UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para a obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”, Área de Concentração Recursos naturais e Uso da Terra.

Orientadores: Dr. Iêde de Brito Chaves
Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima

**AREIA, PB
FEVEREIRO – 2010**

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

F819c Francisco, Paulo Roberto Megna.

Classificação e Mapeamento de mecanização das terras do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas. / Paulo Roberto Megna Francisco. - Areia: UFPB/CCA, 2010.

107 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Manejo de Solos e Água) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

Bibliografia.

Orientador: Iêde de Brito Chaves.

Orientador: Eduardo Rodrigues Viana de Lima.

1. Solos - Classificação 2. Solos – Mapeamento 3. Solos – Capacidade de uso 4. Geoprocessamento I. Chaves, Iêde de Brito (Orientador) II. Lima, Eduardo Rodrigues Viana de (Orientador) III. Título.

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO

**CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DAS TERRAS
PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DO ESTADO DA PARAÍBA
UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para a obtenção do título de “Mestre em Manejo de Solo e Água”, Área de Concentração: Recursos Naturais e Uso da Terra.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Iêde de Brito Chaves
CCA/UFPB
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima
CCEN/UFPB
Orientador

Prof. Dr. Roseilton Fernandes dos Santos
CCA/UFPB
Examinador

Prof^a. Dr^a. Iana Alexandra Alves Rufino
CTRN/UFCG
Examinadora

“Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor.... Lembre-se: se escolher o mundo ficará sem o amor, mas se escolher o amor, com ele conquistará o mundo.”

Albert Einstein

A Professora Maria Ângela Pisani Megna
“in memoriam”

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Pai Criador do Universo, por ter me concedido a oportunidade concluir mais uma etapa da vida eterna.

À minha família, em especial à minha avó Professora Maria Ângela Pisani Megna “*in memoriam*” pelo incentivo, aos meus pais Nércio Francisco e Agueda Pisani Megna Francisco “*in memoriam*” pela oportunidade da vida e educação, e minha esposa Isabela Pelegrinelli, por acreditar nos meus objetivos, e meus filhos David, Raquel e Thiago pelo sacrifício.

Ao meu tio Professor Claudinei Sípoli e sua dedicada esposa Professora Maria Antonieta Pisani Megna Sípoli pelo apoio e carinho desde a nossa juventude para os nossos estudos.

Ao amigo e irmão João Odivaldo Puls, pelos conselhos desde a minha juventude. A minha madrinha Constantina Arielo Meiado pelos conselhos valorosos.

Ao meu orientador, Professor Iêde de Brito Chaves, pela paciência, dedicação, valorosa orientação e interesse, pois, mesmo afastado pela merecida aposentadoria, deu continuidade ao nosso trabalho.

Ao orientador Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, pela paciência, sabedoria e pelo norteamento da pesquisa.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, especialmente aos professores José Ferreira da Costa Filho e Harendra Singh Teotia por acreditarem na minha capacidade e terem me apoiado como também pelos seus preciosos conselhos.

A Coordenação deste programa na pessoa da professora Vânia da Silva Fraga pelo carinho, paciência e compreensão.

A FAPESQ, pela concessão da bolsa de estudos, sendo de fundamental importância para a realização desta pesquisa.

A Fátima Lopes da Embrapa Solos – Rio de Janeiro pela doação do Boletim Técnico e ao meu irmão Eduardo Megna Francisco por me ensinar a utilizar o programa Cad.

Aos amigos da Pós-Graduação na pessoa de Talita Freitas Filgueira de Sá, pela amizade sincera. E a todos que de uma forma ou outra contribuíram desta etapa de minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE QUADROS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRAT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. O Geoprocessamento.....	3
2.1.1. Sistema de informação geográfica.....	4
2.1.2. SPRING - O SIG Brasileiro.....	5
2.1.3. Álgebra de mapas.....	6
2.1.4. Planos de informação.....	7
2.1.5. Modelo numérico do terreno.....	7
2.1.5.1. Grade triangular.....	8
2.1.5.2. Grade retangular.....	9
2.1.6. Grade de declividade.....	10
2.2. Imagem SRTM.....	11
2.3. Classificações técnicas.....	12
2.3.1. Potencial de uso do solo.....	13
2.3.2. Aptidão agrícola das terras.....	13
2.3.3. Sistema de classificação de capacidade de uso da terra.....	15
2.3.3.1. Grupos de capacidade de uso.....	16
2.3.3.2. Classes de capacidade de uso.....	16
2.3.3.3. Subclasses de capacidade de uso.....	18
2.3.3.4. Unidades de capacidade de uso.....	18
2.4. Mecanização agrícola.....	19
2.4.1. Adequação à mecanização.....	20
2.4.2. Possibilidades de melhoramento das terras.....	21
2.4.3. Mecanização no Estado da Paraíba.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1. Descrição e localização da área de estudo.....	26
3.1.1. Clima e relevo.....	26
3.1.2. Regiões geográficas e uso da terra.....	28

3.2. Materiais.....	35
3.2.1. Levantamento de dados.....	35
3.2.2. Informações cartográficas.....	35
3.2.3. Equipamentos e programas computacionais.....	35
3.3. Metodologia.....	36
3.3.1. Mapa de solos	38
3.3.2. Elaboração de mapas temáticos.....	39
3.3.2.1. Mapa de drenagem do solo.....	39
3.3.2.2. Mapa de textura do solo.....	40
3.3.2.3. Mapa de profundidade efetiva do solo.....	41
3.3.2.4. Mapa de pedregosidade do solo.....	42
3.3.2.5. Mapa de declividade.....	44
3.3.2.6. Mapa parcial de classes de mecanização.....	45
3.3.3. Mapa de classes e subclasses das terras para mecanização.....	45
3.3.3.1. Classificação de terras para mecanização-pressupostos.....	46
3.3.3.2. Definição das classes e subclasses de terras para mecanização.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1. Ajustes do mapa de solos.....	50
4.2. Mapa de drenagem.....	54
4.3. Mapa de textura.....	59
4.4. Mapa de profundidade efetiva.....	64
4.5. Mapa de pedregosidade.....	69
4.6. Mapa de declividade.....	74
4.7. Mapa parcial de classes.....	78
4.8. Mapa de classes e subclasses das terras para mecanização.....	80
5. CONCLUSÕES.....	84
6. CONSIDERAÇÕES.....	88
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXO A. Classificação anterior e atualizada dos perfis.....	97
APÊNDICE A. Descrição dos dados para a elaboração do mapa de impedimentos a mecanização das terras através do programa SPRING utilizando a linguagem espaço- geográfica baseada em álgebra (LEGAL).....	101

APÊNDICE B. Símbolo, extensão e distribuição percentual das unidades de mapeamento dos solos do estado da Paraíba.....	103
APÊNDICE C. Quantidade de polígonos, símbolo e classificação das unidades de mapeamento e classes dos solos do estado da Paraíba.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Arquitetura de um sistema de informação geográfica.....	4
Figura 2: Exemplo de operação de integração de informações através de operações algébricas.....	7
Figura 3: Superfície e malha triangular.....	8
Figura 4: Representação da declividade.....	10
Figura 5: Imagem SRTM do Estado da Paraíba.....	12
Figura 6: Exemplo de compartimentos de terras segundo as classes de capacidade de uso.....	17
Figura 7: Alternativa de utilização das terras segundo as classes de capacidade de uso.	18
Figura 8: Mapa de localização do Estado da Paraíba.....	26
Figura 9: Tipos de clima do Estado da Paraíba segundo a classificação de Köppen.....	27
Figura 10: Relevo do Estado da Paraíba.....	28
Figura 11: Regiões geográficas do Estado da Paraíba.....	29
Figura 12: Mapa de solos do Estado da Paraíba.....	30
Figura 13: Fluxograma de trabalho.....	37
Figura 14: Mapa de solos do Estado da Paraíba atualizado.....	53
Figura 15: Mapa de classes de terras para mecanização devido à drenagem dos solos do Estado da Paraíba.....	58
Figura 16: Mapa de classes de terras para mecanização devido à textura dos solos do Estado da Paraíba.....	63
Figura 17: Mapa de classes de terras para mecanização devido à profundidade efetiva dos solos do Estado da Paraíba.....	68
Figura 18: Mapa de classes de terras para mecanização devido à pedregosidade dos solos do Estado da Paraíba.....	73
Figura 19: Mapa de classes de terras para mecanização devido à declividade do Estado da Paraíba.....	77
Figura 20: Mapa parcial de classes de terras para mecanização do Estado da Paraíba.....	79
Figura 21: Mapa de classes e subclasses de terras para mecanização do Estado da Paraíba.....	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição dos critérios da classe de drenagem.....	40
Quadro 2: Descrição dos critérios da classe de textura do solo.....	41
Quadro 3: Descrição dos critérios da classe de profundidade efetiva do solo.....	42
Quadro 4: Descrição dos critérios da classe de pedregosidade do solo.....	43
Quadro 5: Classes de declividade.....	44
Quadro 6: Classes de solos com suas respectivas áreas de ocupação espacial.....	52
Quadro 7: Distribuição das classes de drenagem dos solos no Estado da Paraíba	57
Quadro 8: Distribuição das classes de textura dos solos no Estado da Paraíba.....	62
Quadro 9: Distribuição das classes de profundidade dos solos no Estado da Paraíba.....	67
Quadro 10: Distribuição das classes de pedregosidade dos solos no Estado da Paraíba...	72
Quadro 11: Distribuição das classes de declive no Estado da Paraíba.....	74
Quadro 12: Distribuição das classes de impedimentos no Estado da Paraíba.....	80
Quadro 13: Interpretação dos fatores de impedimento à mecanização.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pontos de controle para georreferenciamento da imagem.....	38
Tabela 2: Chave de interpretação dos graus de impedimento à mecanização agrícola.....	46

RESUMO

FRANCISCO, PAULO ROBERTO MEGNA. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização agrícola do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas**. Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, fevereiro de 2010. 106 p. II. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Orientador: Prof. Dr. Iêde de Brito Chaves.

O trabalho teve como objetivo oferecer um subsídio metodológico para avaliação, classificação e mapeamento das terras, visando a utilização de máquinas e implementos agrícolas em operações de preparo do solo, no Estado da Paraíba. As classes de aptidão das terras as operações de preparo foram definidas a partir do grau de limitação (nulo, ligeiro, moderado, forte, muito forte e extremamente forte) das características diagnósticas (drenagem, pedregosidade, textura, profundidade efetiva, e declividade). Com a base altimétrica do SRTM foi gerado no SIG o mapa de classes de declividade, os demais mapas foram obtidos dos dados do Boletim 15, tendo como base cartográfica o Mapa de Solos do Estado da Paraíba (Brasil, 1972). Os graus de nulo à forte definem as classes de I a V de aptidão a mecanização. A classe VI é reservada para terras com mais de 40% de declividade. Foram gerado seis mapas temáticos e um mapa com as classes de terras para mecanização agrícola. Para as bases de dados e metodologia utilizadas, os resultados mostram que 82,85% das terras da Paraíba são das classes IV (27.995 Km²), V (18.253 Km²) e VI (317 Km²) de aptidão a mecanização. Isto é, apresentam grau de limitação forte, muito forte e extremamente forte, devido ao caráter: raso, pedregoso, argílico, nátrico e vértico. Estas classes ocorrem, predominantemente, nas regiões interiores de clima semiárido. As classes I, II, e III abrangem 17,47% do Estado, ocorrem no Litoral, nos terrenos franco arenosos, planos à suave ondulados e profundos dos Tabuleiros, em platôs interiores, divisores de bacias hidrográficas e em topos de serras.

Palavras-chave: geoprocessamento, impedimentos à mecanização, aptidão agrícola, capacidade de uso.

ABSTRACT

FRANCISCO, PAULO ROBERTO MEGNA. **Classification and mapeability of soils for mechanization agricultural of State of Paraíba utilizing geographical information system.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, February of 2010. 106 p. Il. Thesis. Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Adviser: Dr. Iêde de Brito Chaves.

The study aimed to provide an allowance methodology for assessment, classification and mapping of the land, seeking the use of agricultural machinery and implements in operations of tillage, the state of Paraíba. The classes of land suitability, the operations of preparation were defined based on the degree of limitation (nil, mild, moderate, strong, very strong and extremely strong) the diagnostic features (drainage, stoniness, texture, effective depth and slope). With a base altitude of the SRTM in a GIS was generated map of the slope, the other maps were obtained from data from Bulletin 15, based on the cartographic map of soils of the State of Paraíba (Brazil, 1972). The degrees of zero to define the strong classes I to V of fitness mechanization. Class VI is reserved for lands with more than 40% slope. We generated six thematic maps and a map to the classes of land for agricultural mechanization. For databases and methodology used, the results show that 82.85% of land in Paraíba are Class IV (27,995 km²), V (18,253 km²) and VI (317 km²) of fitness for mechanization. This is degree of limitation present strong, very strong and extremely strong, due to the character: shallow, stony, clayey and vertic natric. These classes take place in remote areas of predominantly semi-arid. Classes I, II and III comprise 17.47% of the state, occur at the coast, the sandy land, free, plans to gently undulating, deep in trays, plateaus and interior dividers basins and on the tops of mountains.

Keywords: geoprocessing, mechanization impediment, agricultural aptitude, capatibility use.

1. INTRODUÇÃO

Com as ferramentas do sistema de informações geográficas (SIG), que possibilitam a integração de informações provenientes de diferentes bases de dados como cartografia, imagens orbitais e de MNT (Modelo Numérico de Terreno) é possível classificar e mapear as terras visando à orientação do uso adequado de máquinas agrícolas aplicadas ao preparo dos solos. Por essas características, o SIG tem uma aplicação importante em trabalhos como mapeamentos temáticos, classificações técnicas, análise de riscos e gerenciamento ambiental.

Atualmente, os levantamentos dos recursos naturais têm se constituído em trabalhos de grande importância na orientação direta da utilização de um determinado recurso, como também para subsidiar os estudos direcionados para o mapeamento e gerenciamento ambiental. Não obstante, através desses trabalhos, pode-se também resgatar e registrar informações de forma rápida e precisa através da pesquisa de produtos cartográficos específicos, gerados por ocasião dos levantamentos.

A inadequação do uso das terras tem degradado as características dos solos por não levarem em conta seus fatores limitantes, acelerando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente.

A Paraíba é comumente citada como um dos Estados de piores condições sociais e ambientais do Nordeste. A intensa intervenção humana em seu território, desde os tempos coloniais tem propiciado a degradação acentuada dos seus recursos naturais, originando em áreas climaticamente mais adversas os denominados “núcleos de desertificação”.

O crescimento econômico e a exploração do meio rural têm sido constantemente prejudicados pela falta de um planejamento mais realístico, que tenha como base o conhecimento dos recursos naturais e da dinâmica de sua apropriação. Até hoje, assiste-se em nosso país, a ocupação do solo conduzida por pressões populacionais ou econômicas, em total desrespeito a aptidão agrícola das terras. A não adoção de critérios técnicos no planejamento do uso e manejo das terras tem agravado os problemas ambientais.

O planejamento agrícola como preceito da política ambiental se constitui num instrumento de fundamental importância no processo de gestão do espaço rural e da atividade agropecuária. Este quando bem aplicado racionaliza as ações, tornando-se instrumento de sistematização de informações, reflexão sobre os problemas e especulação de cenários potenciais para o aproveitamento dos recursos naturais.

Lamentavelmente, o homem ao realizar a adaptação das terras para as explorações agrícolas, modifica as características ambientais, normalmente favorecendo a aceleração dos processos erosivos. Neste sentido, constata-se também que é o agricultor, aquele que depende basicamente do solo agrícola para sobreviver que por falta de conhecimentos ou de condições técnicas e financeiras, venha concorrendo para agravar a sua destruição.

A intensificação e a irracionalidade do uso de máquinas agrícolas têm potencializado a degradação das terras. Nas últimas décadas, o aumento da produção agrícola e da produtividade e, as consequentes intensificações do uso do solo, têm trazido preocupações relacionadas aos impactos ambientais e à conservação dos recursos naturais.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver uma classificação e mapear as terras, visando à utilização de máquinas e implementos agrícolas em operações de preparo do solo, para o Estado da Paraíba, através do uso do geoprocessamento. Bem como analisar e espacializar em mapas, as características diagnósticas das classes de solos utilizadas para a classificação.

2. REVISÃO LITERATURA

A Carta de Trafegabilidade do Terreno obtida por Sistemas de Informações Geográficas é, segundo Santos e Silva (2004), um documento cartográfico de grande importância para o usuário do campo, pois permite obter orientação técnica para uso racional e adequado de máquinas agrícolas usadas no manejo dos solos.

Considerando que em grande parte do território do Estado da Paraíba predomina o clima semiárido, condição em que a ocorrência de chuvas torrenciais é frequente, o uso irracional de máquinas agrícolas, representa um fator de forte impacto ambiental, pois acelera o processo erosivo dos solos. Particularmente, em áreas onde os solos são rasos ou apresentam um forte gradiente textural, condições em que a drenagem e o armazenamento de água do solo são deficientes, provocando aumento do escoamento superficial, o que contribui para acelerar o processo de degradação dos solos. Estas condições são comuns nas áreas hoje denominadas de núcleo de desertificação (PAN - BRASIL, 2005).

2.1. O Geoprocessamento

O Geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico (Varella, 2004).

Segundo Câmara & Medeiros (1996), o termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica.

O geoprocessamento se apresenta como uma tecnologia de custo relativamente baixo e que tem sido utilizada para ajudar na organização do conhecimento adquirido localmente (Pontes, 2002).

Esta tecnologia tem influenciado, de maneira crescente, as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Bem como, tornado possível automatizar a produção de documentos cartográficos (Câmara & Medeiros, 1996 e Pontes, 2002).

2.1.1. Sistema de informação geográfica

Na utilização de um SIG é possível coletar, checar, integrar e analisar dados e informações relacionadas à superfície da Terra. Esses dados podem ser oriundos de diferentes fontes, tais como: imagens de satélite, cartas topográficas, cartas de solo e vegetação, hidrografia, dados de censo, etc. Cada uma destas fontes com seus diferentes atributos são armazenados em um banco de dados, utilizado para gerenciar de maneira estruturada esta grande quantidade de informações. Os dados devem estar todos no mesmo referencial geográfico, para possibilitar a manipulação, a comparação e a análise (Santos & Silva, 2004).

Esquemáticamente, a Figura 1 representa a estrutura de funcionamento de um sistema de informações geográficas.

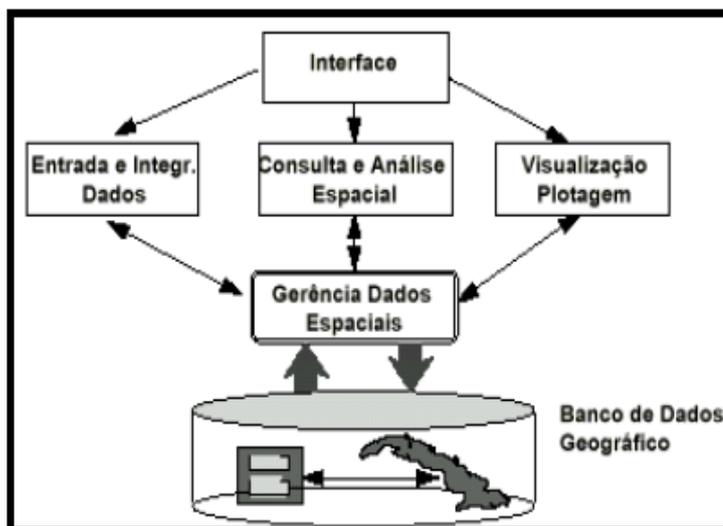


Figura 1: Arquitetura de um sistema de informação geográfica. Fonte: INPE (1999).

Apesar do extraordinário avanço tecnológico no processamento de dados e produção da informação, a qualidade do produto final obtido, sempre dependerá de uma criteriosa obtenção dos dados que alimenta o sistema (Chaves, 2008).

Affonso (2002) descreve os elementos de um SIG em:

1. Aquisição de dados: processo de identificação e levantamento dos dados necessários. Esta etapa é bastante demorada e dispendiosa da qual dependerá a acuracidade dos dados de entrada e conseqüentemente a confiabilidade dos produtos resultantes;

2. Pré-processamento: envolve o tratamento dos dados capturados em seus diferentes formatos para serem devidamente armazenados em formato digital no banco de dados computacional;

3. Gerenciador de banco de dados: módulo que governa a criação e o acesso às informações no banco de dados. Através dele se pode entrar, atualizar, excluir e recuperar os dados armazenados;

4. Manipulação e análise: trabalhando-se com os operadores analíticos sobre os componentes do banco de dados, podem-se gerar novas informações. Esta capacidade analítica é uma das grandes vantagens do sistema, uma vez que a congruência de informações pode levar a observações de fatos que poderiam não ser facilmente notados caso os dados fossem analisados em separado. Aqui cabe também a interação com os modelos matemáticos, que podem ser intensivamente utilizados para simular diferentes informações e gerar novas informações;

5. Geração de produtos: fase em que os produtos finais gerados pelo SIG são criados, como por exemplo: relatórios, gráficos e mapas temáticos.

2.1.2. SPRING - O SIG Brasileiro

No Brasil o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, em São José dos Campos/SP desenvolveu um Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), atualizado e de fácil compreensão, que utiliza um modelo de dados orientados para estudos ambientais e cadastrais (Lopes, 2002).

O SPRING trabalha em ambiente UNIX e Windows que administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (raster), realizando e unificando a integração de dados num SIG. Este promove um ambiente de trabalho, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial facilmente programável pelo usuário. Essa linguagem é chamada de LEGAL (Linguagem Espaço-Geográfico baseada em Álgebra) e realiza operações algébricas de mapas, tanto em sentido matemático quanto cartográfico e espacial; possuindo uma interface direta com tabelas de um banco de dados relacional, podendo assim gerar novos dados. (Lopes, 2002; Moreira, 2003; Guimarães, 2004).

O LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) é um subprograma do SPRING usado para fazer o cruzamento de informações espaciais. É uma ferramenta que possibilita a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas. Este utiliza atributos espaciais e não espaciais das entidades gráficas armazenadas na base de dados, podendo fazer simulações sobre os fenômenos do mundo real (Câmara et al, 1996a).

2.1.3. Álgebra de mapas

O termo álgebra de mapas se refere ao conjunto de procedimentos de análise espacial, voltado à produção de informação, através da aplicação de funções de manipulação sobre um ou mais mapas. Nessa concepção, a análise espacial é tratada como um conjunto de operações matemáticas sobre mapas, que são tratados como variáveis individuais, e as funções definidas sobre elas são aplicadas de forma homogênea a todos os pontos do mapa (Barbosa et al, 1998).

A álgebra de mapas é uma linguagem de consulta e manipulação espacial que realiza operações sobre dados dos tipos: mapa temático, modelo numérico de terreno e imagem. As operações no SIG são de transformação, booleana, condicional, matemática, classificação contínua, vizinhança e reclassificação por atributos. A estrutura é composta de três partes: declarações, que definem os dados dando-lhes um nome e associando-os à sua categoria no esquema conceitual; instanciações, que recuperam-se os dados existentes do banco de dados ou criam-se novos planos de informações (PI) e operações, que realizam as operações da álgebra de mapas (Câmara et al. 1996a).

Estas funções utilizam operadores lógicos (booleanos) e permitem realizar cruzamentos entre dois ou mais planos de informação. A operação lógica do tipo $A \text{ AND } B$ retorna todos os elementos contidos na intersecção entre A e B; $A \text{ NOT } B$ retorna somente os elementos contidos exclusivamente em A; $A \text{ OR } B$ retorna todos os elementos contidos tanto em A como em B; $A \text{ XOR } B$ retorna todos os elementos contidos em A e B não incluídos na intersecção de A e B. O apelo da abordagem Booleana é a sua simplicidade e fácil aplicação, com a combinação lógica de mapas em um SIG diretamente análoga ao tradicional método de sobreposição empregado nas mesas de luz. Porém, na prática pode não ser apropriado atribuir igual importância para cada um dos critérios combinados, as evidências precisam ser ponderadas, dependendo da sua importância relativa. Como exemplo de operação booleana, pode ser citado a determinação de um mapa de aptidão agrícola a partir dos mapas de solo, declividade, precipitação e de um conjunto hipotético de regras (Câmara et al, 2001).

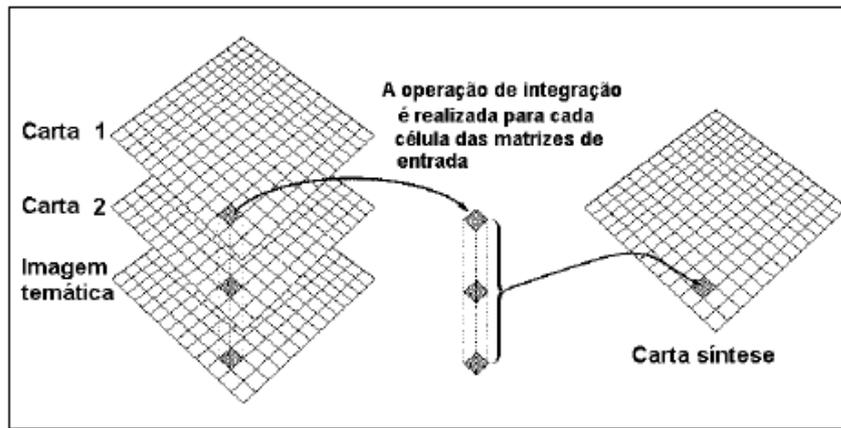


Fig. 2. Exemplo de operação de integração de informações através de operações algébricas.
Fonte: Aronoff (1989).

2.1.4. Planos de Informações

Uma das principais vantagens do SIG para planejamento é poder registrar dados, ou conjunto de dados, agrupados por tema, em diferentes planos de informações (PIs). Neste caso, os dados podem ser sobrepostos e apresentados como uma única imagem; ou quando combinados, gerar novos planos de informações. Esta estratégia possibilita a obtenção de uma infinidade de combinações e comparações entre diferentes alternativas de ação (Câmara et al, 2000).

Cada plano de informação, também chamados de “layer”, do inglês técnico, representa uma estrutura de agregação de um conjunto de informações espaciais que são localizadas sobre uma região geográfica e compartilham um conjunto de atributos, ou seja, cada PI agrega coisas semelhantes. Como exemplos de PIs podem ser citados os mapas temáticos (mapa de solos, mapa de vegetação), os mapas cadastrais de objetos geográficos ou ainda dados matriciais como cenas de imagens de satélites. Independentemente da representação computacional adotada para tratar o dado geográfico, matricial ou vetorial, cada plano conhece qual a projeção cartográfica da sua componente espacial (Câmara et al, 2000).

2.1.5. Modelo numérico do terreno

Um modelo numérico de terreno - MNT (em inglês, DTM = *Digital Terrain Model*) é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real (Araújo et al, 2008). Este foi inicialmente utilizado em

projetos rodoviários tendo com base o levantamento de altitudes em uma grade planialtimétrica regular e técnicas fotogramétricas (Oliveira, 2008).

De acordo com Pettinati (1983), a criação do modelo matemático de uma superfície consiste no agrupamento de amostras (x,y,z) que descrevem a superfície real, de maneira que todo o conjunto simule de modo ideal o comportamento da superfície original.

Para a representação de uma superfície real é indispensável a elaboração e criação de um modelo digital, que pode estar representado por equações analíticas ou uma rede (grade) de pontos, de modo a transmitir ao usuário as características espaciais do terreno (Araújo et al, 2008). No processo da modelagem numérica do terreno além da amostragem, da confecção de grades, também existem os produtos, sendo alguns deles: as imagens, a declividade, o fatiamento, isolinhas, 3D, perfil e volume.

A modelagem do terreno pode ser subdividida em duas fases, a amostragem dos dados e a interpolação de seus valores para confecção de diferentes formatos (regular retangular e irregular triangular), utilizadas para representar a forma do terreno (Figura 3). Através do modelo numérico do terreno é possível calcular volumes, áreas, gerar imagens (sombreadas e em nível de cinza), gerar mapas de declividade, dentre outros produtos e representações.

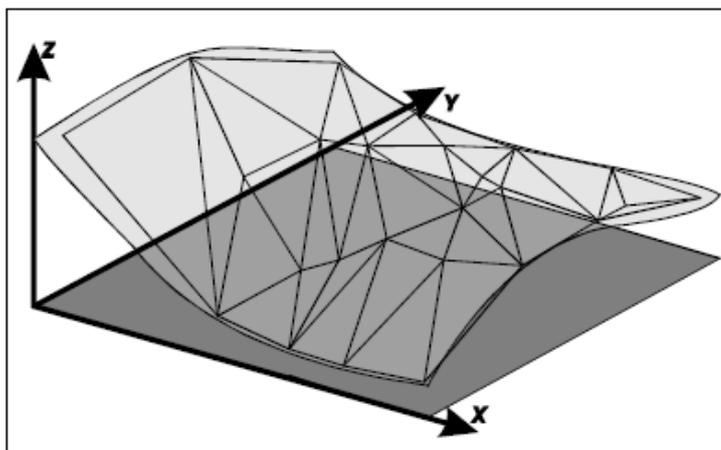


Figura 3: Superfície e malha triangular. Fonte: Câmara & Medeiros (1998c).

2.1.5.1. Grade triangular

Na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos amostrados da superfície. Esta modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as discontinuidades

representadas por feições lineares de relevo (cristas) e drenagem (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim, modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície (Scotton, 2004).

A grade triangular (TIN) é produzida através da união de vários triângulos, e que os lados destes são os pontos amostrados na superfície, que por sua vez subdivide-se em: linear, quádruplo com linha de quebra e quádruplo sem linha de quebra.

A triangulação de Delaunay é uma configuração otimizada em termos angulares, podendo-se demonstrar a superfície em formas triangulares antes da interpolação dos vértices. Os polígonos de Voronoi são utilizados com a triangulação de Delaunay para a interpolação das linhas do terreno. Elas determinam regiões de um plano mais próximo de um vértice do que outro qualquer (Cintra, 1999).

2.1.5.2. Grade retangular

A grade retangular ou regular é um modelo digital que aproxima superfícies através de um poliedro de faces retangulares (Scotton, 2004).

A grade retangular é a forma de modelar a superfície através de poliedros de faces retangulares. Esta variedade de grade apenas simplifica a maioria dos interpoladores, pois ela consiste em fazer média com os oito vizinhos mais próximos. O primeiro passo a ser tomado no processo do modelo numérico de terreno foi à geração de grades regulares (ou retangular com amostras), que por sua vez são subdivididas em quatro: média ponderada por cota e quadrante, média ponderada por quadrante, média ponderada e vizinho mais próximo. A grade retangular é a forma de modelar a superfície através de poliedros de faces retangulares.

A grade regular é uma representação matricial onde cada elemento da matriz está associado a um valor numérico. Para a geração da grade torna-se necessário estimar, através de interpoladores matemáticos, os valores para as células que não possuem medidas de elevação, considerando-se a vizinhança das medidas de elevação conhecidas. (Câmara & Medeiros, 1996a)

A partir das informações contidas nas isolinhas ou nos pontos amostrados, gera-se uma grade que representa de maneira mais fiel possível a superfície (Scotton, 2004).

2.1.6. Grade de declividade

A declividade é um atributo que representa a inclinação da superfície do terreno em relação a um plano horizontal de referência.

Considerando um modelo numérico de terreno (MNT) de dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e traçando um plano tangente a esta superfície num determinado ponto (P), a declividade em P corresponderá à inclinação deste plano em relação ao plano horizontal (Scotton, 2004), conforme a ilustração da Figura 4.

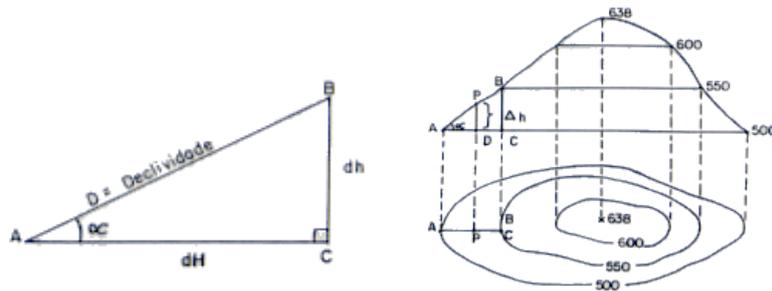


Figura 4: Representação da declividade. Fonte: Scotton (2004).

Em algumas aplicações geológicas, geomorfológicas e outras, é necessário encontrar regiões pouco acidentadas para encontrar a declividade que conta com dois componentes: o gradiente e a exposição. O gradiente é a taxa máxima de variação no valor da elevação, pode ser medido em grau (0 a 90) ou em porcentagem (%), e a exposição é a direção dessa variação medida em graus (0 a 360). O gradiente é dado pela equação:

$$\tan D = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2}$$

Onde z é a altitude e x e y as coordenadas axiais.

A exposição é dada pela equação:

$$\tan A = \left(\frac{-\partial z}{\partial x} / \frac{\partial z}{\partial y}\right), (-\pi < A < \pi)$$

As duas componentes de declividade (gradiente e exposição) são calculadas a partir das derivadas parciais de primeira ordem obtida da grade retangular ou triangular. Na grade retangular, em cada ponto desta grade são calculadas as derivadas parciais, computando-se os valores de altitude em uma janela de 3 x 3 pontos que se desloca sucessivamente sobre a grade. Em uma grade triangular, as derivadas parciais podem ser

calculadas a partir dos 3 pontos que formam cada triângulo considerando uma modelagem por superfícies planas.

Já o fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular ou triangular. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas, ou fatias. A definição dos intervalos de cotas ou fatias dependerá da variação dos valores da grade que se deseja destacar. Uma imagem temática resultante do fatiamento da grade permite visualizar o modelo e ser utilizado em operações de análise como as booleanas do tipo cruzamento de dados temáticos (Câmara et al, 1996b).

2.2. Imagem SRTM

Os dados altimétricos de superfície da SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fez parte do projeto de cooperação entre a NASA (National Aeronautics and Space Administration), NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), DLR (Agência Espacial Alemã) e ASI (Agência Espacial Italiana) com o objetivo de gerar um Modelo Digital de Elevação (MDE) da Terra, utilizando a técnica de interferometria. (Crepani & Medeiros, 2005).

O Projeto SRTM representa a primeira experiência de interferometria à bordo de uma nave espacial. No período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, à bordo da Space Shuttle Endeavour, numa altitude de voo de 233 km e uma inclinação de 57°, um conjunto composto por duas antenas coletou 14 Terabytes de dados que permitiram a avaliação do perfil de altitude da superfície terrestre, para criação de modelo digital tridimensional entre as latitudes 60°N e 58°S (Crepani & Medeiros, 2004).

Está disponível no endereço <http://photojournal.jpl.nasa.gov/mission/SRTM?start=10>, um mosaico de imagens SRTM da América do Sul no formato Tiff de alta resolução com relevo sombreado e cores representando diferentes altitudes. Para criar uma visão ampla de todo continente Sul Americano a resolução da imagem foi reduzida a 30 segundos de arco (928 metros de norte a sul e variável de leste para oeste). As imagens foram Georreferenciadas em relação aos melhores dados topográficos digitais pré-existentes, do GTOPO30 (Crepani & Medeiros, 2005).

A alternativa para se obter imagens fotográficas derivadas de dados SRTM com melhor resolução espacial é utilizar os dados SRTM disponíveis para *download* gratuito em <http://seamless.usgs.gov>, na forma de grade de Modelos Numéricos do Terreno com resolução de 90 metros, para criar imagens com melhor resolução espacial a partir do

refinamento da grade de MNT no SPRING (Crepani & Medeiros, 2004). Conforme pode ser observado na Figura 5, onde ilustra o mosaico para a área de estudo.

A estrutura dos dados permite o uso com aplicativos SIG (Sistemas de Informação Geográfica) ou outro programa de modelagem espacial.

O projeto Brasil em relevo realizado pela EMBRAPA Monitoramento por Satélite utilizou como fonte primária os modelos digitais de elevação, originários da missão de mapeamento do relevo terrestre Shuttle Radar Topography Mission (Miranda, 2005).

Crepani & Medeiros (2004) utilizaram imagens derivadas de MNT do projeto SRTM para fotointerpretação na geologia, geomorfologia e pedologia em pesquisa realizada no INPE.

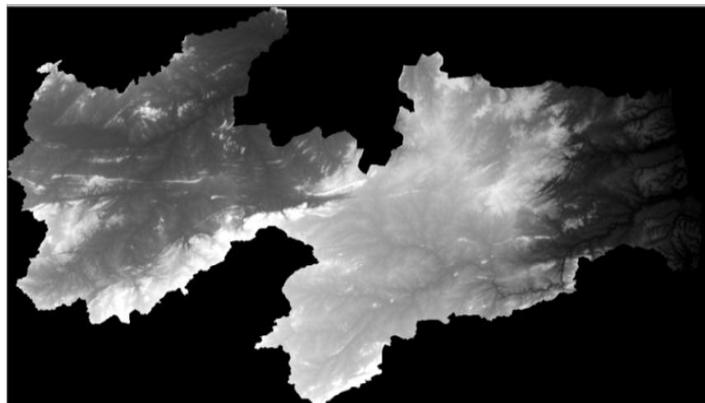


Figura 5: Imagem SRTM do Estado da Paraíba.

2.3. Classificações técnicas

As classificações técnicas, também chamadas de interpretativas, são caracterizadas por utilizarem um pequeno número de atributos para separar os indivíduos em classes e atenderem a um determinado objetivo. No caso da classificação técnica ou interpretativa para o uso e manejo das terras, esta consiste da previsão do comportamento dos solos, sob manejos específicos e sob certas condições ambientais (Steele, 1967, apud Pereira & Lombardi Neto, 2004). É, normalmente, baseada em interpretação de estudos básicos (levantamentos taxonômicos) de solos (Camargo et al., 1987; EMBRAPA, 1999).

No Brasil os sistemas de classificações técnicas para fins de levantamento do potencial de uso do solo mais conhecidos e utilizados são de “aptidão agrícola” (Ramalho Filho et al, 1995) e o de “capacidade de uso”, originalmente desenvolvido nos EUA e adaptado às condições brasileiras (Lepsch, 1983). Em termos agrônômicos, inúmeros trabalhos apresentam critérios interpretativos para agrupamentos de terras, a saber: em

função da aptidão agrícola para determinadas culturas; de acordo com risco de erosão; por necessidade de calagem; com finalidades de irrigação ou drenagem; e em função da capacidade máxima de uso. Para outros fins, as referidas classificações também são de grande utilidade, tais como: geotecnia, construção de aeroportos, engenharia sanitária, taxaço de impostos, engenharia rodoviária e ferroviária (Ramalho Filho & Beek, 1995; Lepsch et al, 1991; Freire, 1984).

2.3.1. Potencial de uso do solo

A principal exigência para se estabelecer o potencial de uso de um solo decorre de um conjunto de interpretações do próprio solo e do meio onde ele se desenvolve (Ranzini, 1969). Tais interpretações pressupõem a disponibilidade de certo número de informações preexistentes, que têm que ser fornecidas por levantamentos apropriados da área de trabalho, ou de levantamentos pedológicos pré-existentes. Para que as informações contidas nos levantamentos sejam melhores utilizadas, é necessário a partir destes levantamentos, sejam compostos mapas temáticos interpretativos baseados nos critérios da classificação técnica utilizada (Ramalho Filho & Beek, 1995).

2.3.2. Aptidão agrícola das terras

O sistema de avaliação da aptidão agrícola, no Brasil, teve início na década de sessenta (Bennema et al, 1964), numa tentativa de classificar o potencial das terras para agricultura tropical. Na sua evolução metodológica, podem ser citadas algumas contribuições como aquelas promovidas por Ramalho Filho (1970), Tomasi et al (1971), Beek (1975) e Ramalho Filho & Beek (1995), dentre outras, apud Pereira & Lombardi Neto (2004).

Neste modelo, a avaliação era feita em quatro classes, indicadas para lavouras de ciclos curto e longo, em vários níveis de manejo. Este fato foi inovador, visto que procurava atender às condições de países de agricultura menos desenvolvida, onde diferentes níveis tecnológicos coexistiam lado a lado (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Este método de interpretação de levantamentos de solos é realizado com base nos resultados de levantamentos pedológicos, apoiado em várias características físico-ambientais, como: solo, relevo, clima e vegetação.

O sistema de aptidão agrícola constitui-se num importante instrumento metodológico de avaliação das terras. Sua maior utilização, no País, tem sido implementada no Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS (antiga Comissão de Solos, sucedida pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos – SNLCS e atualmente EMBRAPA Solos), que a cerca de meio século, vem pesquisando solos e sua ambiência em todo o território nacional (Pereira & Lombardi Neto, 2004).

Aptidão agrícola pode ser definida como a adaptabilidade da terra para um tipo específico de utilização agrícola das terras, pressupondo-se um ou mais diferentes níveis de manejo (Curi et al, 1993).

O sistema de aptidão agrícola das terras, desenvolvido por Ramalho Filho & Beek (1978), tem a finalidade de fornecer a aptidão agrícola das terras, fundamentada no seu melhor uso. São considerados três níveis de manejo e quatro classes de aptidão. É recomendado para locais onde se necessita de um planejamento agrícola regional e trabalhos de zoneamento agrícola. Observa Prado (1998), que neste caso, tem se utilizado os estudos taxonômicos de solos realizados para os Estados, em níveis generalizados, de reconhecimento ou exploratório.

Sinteticamente o sistema de aptidão agrícola se estrutura por: grupos de capacidade de uso que compreendem terras que têm como critério de separação a intensidade do uso agrícola, sendo em número de três, representados pelas letras maiúsculas, A, B e C; classes de capacidade de uso que são em número de oito, representadas por algarismos romanos, de I a VIII com critério de separação das classes conforme o grau de limitação ao uso; subclasses de capacidade de uso é uma subdivisão que utiliza como critério de separação das terras a natureza das limitações e são em número de quatro e representadas por letras minúsculas; unidades de capacidade de uso demonstram a natureza das limitações e são representadas por números arábicos que acompanham as letras das subclasses.

As interpretações de levantamentos pedológicos são previsões de comportamento dos solos, considerando propósitos específicos e sob determinadas condições ambientais. Visam aplicações práticas, principalmente no que tange ao seu uso, manejo e conservação (Steele, 1967, apud Pereira & Lombardi Neto, 2004).

Para a obtenção das classes de aptidão agrícola das terras é feita uma avaliação dos fatores limitantes, relacionados a um determinado nível de manejo, tendo-se como referência um solo que hipoteticamente não apresente problemas de fertilidade, deficiência de água e de oxigênio, não seja suscetível à erosão e nem ofereça impedimentos à mecanização.

A adoção de níveis de manejo, no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras é considerada como um procedimento altamente válido, sobretudo em países como o Brasil, onde, numa mesma região, existe uma grande variedade de condições técnicas e socioeconômicos e conseqüentemente diferenciados níveis de manejo lado a lado (Bennema et al, 1964; Resende et al, 1995).

A partir dos fatores limitantes (fertilidade, água, oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização), Bennema et al (1964), citado por Pereira & Lombardi Neto (2004), davam ênfase no sistema de avaliação da aptidão agrícola um caráter predominantemente ecológico, sobretudo no que tange aos seus três primeiros fatores. Nessa mesma linha, sobre o foco da metodologia, Ramalho Filho & Beek (1995) apesar de mencionarem aspectos referentes à relação custo/benefício e tendência econômica à longo prazo, deixam claro de que o objetivo maior do método reside na orientação, com objetivos ao melhor uso das terras, no planejamento regional e nacional.

Segundo Bennema et al (1964), citado por Pereira & Lombardi Neto, (2004), os fatores de limitação tentam sintetizar as qualidades do ambiente (condições agrícolas das terras). Tais fatores são avaliados pelo grau de limitação (nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte), que por sua vez, geralmente estão relacionados a parâmetros facilmente observáveis ou mensuráveis, estabelecendo-se assim, uma relação considerada como básica nas interpretações de levantamento de solos. Por essa razão, os autores afirmam que essas relações devem ser, sempre que possível, melhorada; para o desenvolvimento do sistema, novas relações devem ser introduzidas.

2.3.3. Sistema de classificação de capacidade de uso da terra

O sistema de classificação de capacidade de uso do solo foi desenvolvido, originalmente, pelo Serviço Nacional de Conservação do Solo dos Estados Unidos para orientar os produtores americanos quanto ao planejamento do uso sustentado de suas propriedades, procurando definir para cada gleba de terra, sua máxima capacidade de uso sem risco de degradação do solo (Santos, 2001). É um sistema conservacionista que considera um nível médio à alto de manejo, adaptado para áreas que possuam levantamentos pedológicos detalhados ou semidetalhado (Prado, 1996).

Conforme Lepsch (1991), as categorias do sistema de classificação em capacidade de uso estão assim hierarquizadas:

2.3.3.1. Grupos de capacidade de uso

Compreende terras que têm como critério de separação a intensidade do uso agrícola, sendo em número de três, representados pelas letras maiúsculas, A, B e C:

- Grupo A: terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou reflorestamento e vida silvestre (comporta as classes I, II, III e IV);
- Grupo B: terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou reflorestamento e/ou vida silvestre, porém cultiváveis em casos de algumas culturas especiais protetoras do solo (compreende as classes V, VI e VII);
- Grupo C: terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou reflorestamento, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água (comporta a classe VIII).

2.3.3.2. Classes de capacidade de uso

As classes de capacidade de uso são em número de oito, convencionalmente representadas por algarismos romanos, de I a VIII. O critério de separação das classes é o grau de limitação ao uso, que aumenta com as classes (Lepsch, 1991).

A caracterização das classes de capacidade de uso leva em conta principalmente a maior ou menor complexidade das práticas conservacionistas, que compreendem além das práticas de controle da erosão, as complementares, de melhoramento do solo.

Dentro de cada grupo as classes de capacidade de uso podem ser assim, descritas:

Grupo A

- Classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
- Classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação;
- Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação;
- Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação.

Grupo B

- Classe V: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, cultiváveis apenas em casos muito especiais;
- Classe VI: terras adaptadas em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação, cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;
- Classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação.

Grupo C

- Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

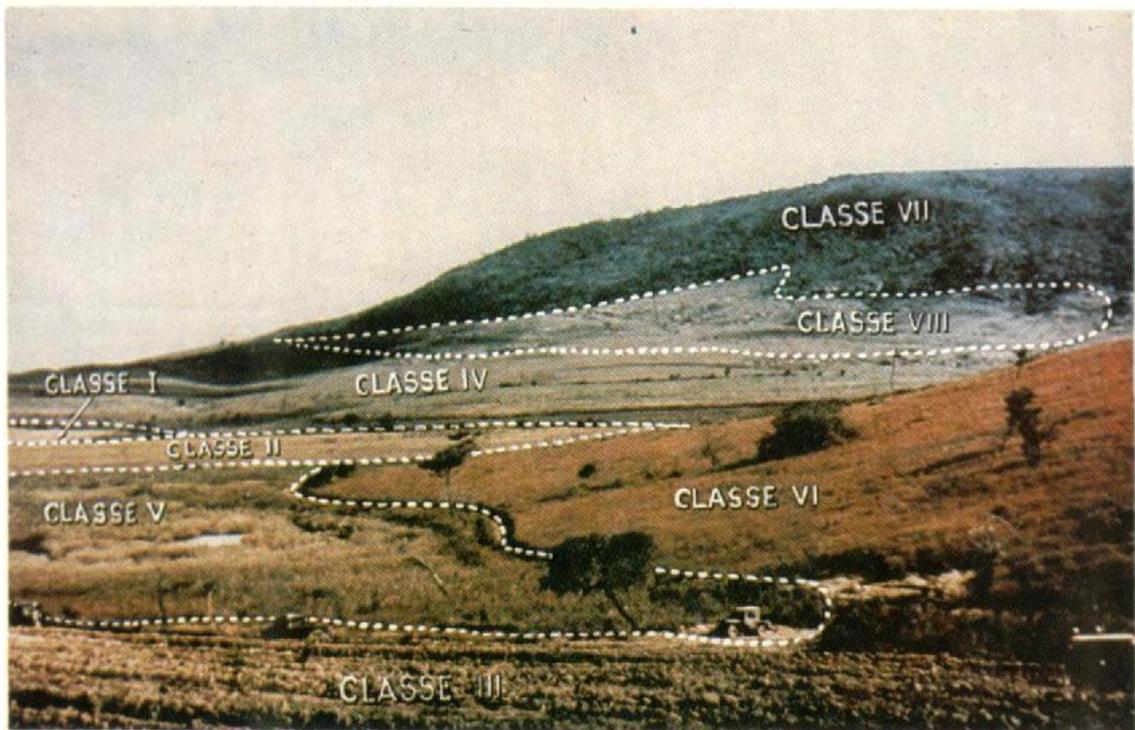


Figura 6. Exemplo de compartimentos de terras segundo as classes de capacidade de uso.
Fonte: Santos (2001).

SENTIDO DAS APTIDÕES E DAS LIMITAÇÕES	CLASSES DE CAPACIDADE DE USO	SENTIDO DO AUMENTO DA INTENSIDADE DE USO →							
		VIDA SILVESTRE E RECREAÇÃO	SILVICULTURA			CULTIVO OCASIONAL OU LIMITADO	CULTIVO INTENSIVO		
			PASTOREIO				PROBLEMA DE CONSERVAÇÃO		
			LIMITADO	MODERADO	INTENSIVO		COMPLEXO	SIMPLES	NÃO APARENTE
↓ AUMENTO DAS LIMITAÇÕES E DOS RISCOS DE USO ↑ AUMENTO DA ADAPTABILIDADE E DA LIBERDADE DE ESCOLHA DE USO	I								
	II								
	III								
	IV								
	V								
	VI								
	VII								
	VIII								

SUB-UTILIZAÇÃO DA TERRA (entre classes II e V)
 MÁXIMA UTILIZAÇÃO RACIONAL DA TERRA (entre classes V e VI)
 SOBRE-UTILIZAÇÃO DA TERRA (entre classes VI e VIII)

Figura 7. Alternativa de utilização das terras segundo as classes de capacidade de uso.
 Fonte: Santos (2001).

2.3.3.3. Subclasses de capacidade de uso

É uma subdivisão das classes, que utiliza como critério de separação das terras, a natureza das limitações. As subclasses são em número de quatro e são representadas por letras minúsculas, que acompanham o algarismo romano representativos de cada classe, são elas:

- e*: limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;
- s*: limitações relativas ao solo;
- a*: limitações por excesso de água;
- c*: limitações climáticas.

Por definição, a classe I, por não ter limitação ao uso, não tem subclasses.

2.3.3.4. Unidades de capacidade de uso

A unidade de capacidade de uso explicita a natureza das limitações, facilitando o estabelecimento das práticas de manejo. As unidades de capacidade de uso são representadas por números arábicos que acompanham as letras das subclasses,

especificando o fator limitante, ou fatores limitantes para um mesmo grau de limitação. Alguns autores têm utilizado uma vírgula para separar fatores de diferentes natureza e graus de limitação (Brasil Neto, 2001; Farias, 2006).

A possibilidade de mecanização agrícola é um atributo importante para definir a aptidão agrícola das terras, uma vez que está diretamente relacionada à produtividade do trabalho, e a rentabilidade da atividade rural (Wadt et al, 2008).

2.4. Mecanização agrícola

A mecanização agrícola compreende a aplicação de máquinas e motores em atividades relacionadas à agricultura (FAO, 1993).

O trator agrícola é a principal fonte de potência na agricultura, utilizado em conjunto com diversos equipamentos na realização de tarefas, desde o preparo do solo, semeadura e transporte, dentre outras. Segundo Mialhe (1980) o trator agrícola é uma máquina autopropelida provida de meios que, além de lhe conferirem apoio estável sobre uma superfície horizontal e impenetrável, capacitam-no a tracionar, transportar e fornecer potência mecânica, para movimentar os órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas (Furlani & Silva, 2006).

A finalidade precípua das máquinas, implementos e ferramentas é executar operações agrícolas constituídas de uma série de eventos que se desencadeiam. Quando uma parcela significativa desses eventos resulta de uma ação mecânica, dizemos que a operação é mecanizada, que tem por objetivo fundamental racionalizar a utilização das máquinas de forma técnica e economicamente organizada, na execução das tarefas exigidas pela produção agrícola, visando obter o máximo de rendimento útil com um mínimo de dispêndio de energia, tempo e dinheiro (Mialhe, 1974).

Mialhe (1974) define as operações agrícolas como "toda atividade direta e permanentemente relacionada com a execução do trabalho de produção agropecuária". "Dentro destas operações incluem-se a de preparo inicial e periódico do solo, semeadura, plantio e transplante, aplicação de defensivos, etc."

A mecanização agrícola é um componente básico na maioria das estratégias de desenvolvimento rural e no aumento da produtividade (Siqueira, 1999).

O uso de máquinas e implementos para o preparo do solo é de fundamental importância para a agricultura, uma vez que, aumenta a produtividade do trabalho, baixando custos e aumentando a produção. Na agricultura moderna, as máquinas com seus

implementos possibilitam que o homem realize as tarefas planejadas dentro do calendário agrícola e de acordo com as exigências de qualidade dos serviços, para as mais diversas condições de trabalho (EMBRAPA, 2006b).

Segundo Sousa (2006) a mecanização só aumentará a produção se permitir cultivar terras que de outra forma não seriam aproveitadas, quer pelas características próprias do solo, ou porque as condições climáticas deixam muito pouco tempo para o trabalho manual.

A mecanização reduz a utilização de mão de obra na agricultura, ao mesmo tempo em que, aumenta a produtividade do trabalho ao permitir que cada homem cultive mais hectares. A mecanização é parte integrante do desenvolvimento econômico (Sousa, 2006).

2.4.1. Adequação à mecanização

Pode ser considerado como um atributo da terra relacionado às possibilidades e limitações ao uso de máquinas e implementos agrícolas. Fatores como declividade, pedregosidade, profundidade efetiva, drenagem, natureza e percentagem de argila, tamanho e frequência de ocorrência de sulcos de erosão podem limitar, em diferentes graus, a mecanização agrícola das terras. É comum, nas classificações técnicas, que avaliação do grau de limitação dos atributos da terra seja escalonada em cinco classes: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte (Ramalho Filho e Beek, 1995; BRASIL, 1972; Gleriani, 2000).

Não só a declividade pode limitar drasticamente a mecanização agrícola das terras da região semiárida. Outros atributos comuns dos seus solos que podem limitar o uso de máquinas agrícolas são: a presença de pedras e calhaus; afloramentos de rochas; baixa profundidade efetiva; solo muito argiloso e com argila de atividade alta; transição abrupta, propiciando baixa permeabilidade, bem como, o caráter solódico (Resende, 2000). Para este autor, muitos desses fatores não se constituem impedimentos às atividades de grande parte dos agricultores da região semiárida, que utilizam ferramentas manuais ou a tração animal, para cultivar as suas terras.

Para Fasolo (1996) o grau de impedimento à mecanização é avaliado pelos critérios que definem as seguintes classes:

a) Nulo: terras que permitem em qualquer época do ano o emprego de todos os tipos de máquinas e implementos agrícolas e que apresentam declividade inferior a 3%;

b) Ligeiro: permitem o emprego de máquinas durante todo o ano e apresentam declividade entre 3 a 8%;

c) Moderado: terras que permitem o emprego de máquinas durante uma parte do ano e, ou apresentam declividade entre 8% a 20 %;

d) Forte: terras que permitem apenas o uso de implementos de tração animal ou máquinas especiais, e, ou apresentam declividade entre 20 a 45%.

e) Muito forte: terras que não permitem o uso de máquinas e que, só com muita dificuldade, podem ser utilizadas com implementos de tração animal. A declividade é igual ou superior a 45%.

2.4.2. Possibilidades de melhoramento das terras

A maior parte dos obstáculos à mecanização tem caráter permanente, ou apresenta tão difícil remoção que se torna economicamente inviável o seu melhoramento. No entanto, algumas práticas, ainda que dispendiosas, poderão ser realizadas, como é o caso da construção de estradas, drenagem, remoção de pedras, sistematização do terreno e adequação de áreas ao trabalho de máquinas agrícolas (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Os melhoramentos para o uso de implementos agrícolas, em geral requerem grande emprego de capital, conforme se verifica nos casos de nivelamento de terreno, preparo de terraços e estradas de contorno. Na zona semiárida a pedregosidade e rochividade restringem ou impedem o uso de máquinas agrícolas. A remoção de pedras superficiais, visando o uso de implementos agrícolas, quando não é feita em larga escala, deve ser aplicada quando for facilmente viável. Esta medida parece tornar-se antieconômica quando feita em larga escala o que não se justifica nas condições atuais do Brasil, onde a terra não é escassa. Não há viabilidade de melhoramento no caso de rochividade (BRASIL, 1972).

A classificação da aptidão agrícola é feita, portanto, com base na viabilidade de melhoramento dos graus de limitação das condições agrícolas das terras. As terras consideradas passíveis de melhoramento parcial ou total são classificadas de acordo com as limitações persistentes, tendo em vista os níveis de manejo considerados. No caso do nível de manejo A, a classificação é feita de acordo com as condições naturais da terra, uma vez que esse nível não implica técnicas de melhoramento. A classe de aptidão agrícola, de acordo com os diferentes níveis de manejo, é obtida em função do grau limitativo mais forte, referente a qualquer um dos fatores que influenciam a sua utilização agrícola: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água (deficiência de oxigênio), susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. As terras consideradas inaptas

para lavouras têm suas possibilidades analisadas para usos menos intensivos (pastagem plantada, silvicultura ou pastagem natural). No entanto, as terras classificadas como inaptas para os diversos tipos de utilização considerados têm como alternativa serem indicadas para preservação da flora e da fauna, ou algum outro tipo de uso não agrícola (Ramalho Filho e Beek, 1995).

Conforme previsto na metodologia de Ramalho Filho & Beek, (1995) a viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras em suas condições naturais, mediante a adoção dos níveis de manejo B e C, é expressa em quatro classes:

Classe 1 - Melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital;

Classe 2 - Melhoramento viável com práticas intensivas e mais sofisticadas e considerável aplicação de capital. Essa classe ainda é considerada economicamente compensadora;

Classe 3 - Melhoramento viável somente com práticas de grande vulto, aplicadas a projetos de larga escala, que estão, normalmente, além das possibilidades individuais dos agricultores;

Classe 4 - Sem viabilidade técnica ou econômica de melhoramento. Não havendo possibilidades de melhoramento do fator limitativo.

2.4.3. Mecanização no Estado da Paraíba

Com a revolução industrial e os passos tecnológicos subsequentes, a agricultura alcançou um estágio técnico e científico que possibilitou o aumento da produção sem a necessidade de ampliação da área de cultivo, baseado apenas no aumento da produtividade. Esta fase ficou conhecida como Revolução Agrícola. Após a Segunda Guerra, e com o processo de descolonização em marcha, os países desenvolvidos criaram uma estratégia de elevação agrícola mundial: a Revolução Verde.

A chamada Revolução Verde, que teve sua maior força no Brasil, na década de 1970, era baseada no incentivo ao aumento da produção agrícola, utilizando agrotóxicos, fertilizantes químicos, mecanização intensiva e também a facilidade ao crédito agrícola. Como resultado desta chamada Revolução Verde, ocorreu muitos problemas ambientais, como poluição e assoreamento dos rios; o revolvimento intensivo do solo, pela mecanização; a intoxicação dos trabalhadores agrícolas; o êxodo rural ocasionado pela

substituição por máquinas e implementos agrícolas; e perda de pequenas áreas de terras devido à inadimplência dos financiamentos bancários (Ushiwata, 2008).

O processo de modernização da agricultura brasileira, que teve início a partir dos anos 50, do século passado, com a introdução de um novo padrão tecnológico que somente tomou impulso a partir dos anos 60 (Moreira et al, 2004). No Nordeste brasileiro a constituição do meio mecanizado se deu de forma pontual e pouco densa pela razão do tipo e da natureza das atividades (sobretudo uma agricultura pouco intensiva) como em virtude da estrutura da propriedade as inovações tecnológicas só foram parcialmente absorvidas, alicerçada, sobretudo no trabalho manual na agricultura, evidenciou baixos índices de mecanização (Marcondes, 2009; Sousa, 2006).

No Litoral paraibano a modernização agrícola para a produção canavieira e a instalação de destilarias de álcool, boa parte da força de trabalho ficaram por conta das máquinas. Em algumas áreas do Brejo paraibano houve junção do processo produtivo. Muitos engenhos continuaram funcionando, utilizando o homem, como força principal de trabalho, em especial, nas áreas mais acidentadas, em que o relevo impedia o uso de máquinas. Contudo, essa incorporação do progresso técnico propiciado pelo processo de modernização da agricultura ocorreu de forma desigual. Considerando-se o uso de trator como o principal elemento da mecanização da agricultura brasileira, este dado referente à Paraíba pressupõe um processo de modernização bastante modesto (Moreira & Targino, 1997).

Segundo Moreira & Targino (1997), a atenuação do processo de modernização da agricultura paraibana em relação ao Centro-Sul do país, pode ser mais bem evidenciado, pelos seguintes indicadores relativos ao ano de 1980: a) apenas 3,8% dos estabelecimentos agropecuários utilizavam adubos químicos; b) o número de arados mecânicos existentes era inferior a 3.000 para um total de 167.485 estabelecimentos rurais (em média, para cada mil estabelecimentos existiam 13,5 arados mecânicos); c) o gasto dos estabelecimentos com defensivos agrícolas correspondia a 1,6% do total de suas despesas; e d) a área irrigada representava apenas 0,4% da área dos estabelecimentos rurais existentes no Estado.

Observam aqueles autores, que embora estes valores baixos venham a indicar um grau ainda muito baixo de tecnificação da agricultura paraibana em 1980 quando comparados aos valores existentes em 1970, mostram um expressivo crescimento, em face de intensificação da utilização de processos mecânicos (tratores, arados, colhedoras) e de insumos químicos (fertilizantes, corretivos, defensivos) induzidos pelas atividades do Proálcool, nas terras da Zona da Mata e no Agreste do Estado, estimulado através da

concessão de subsídios para a aquisição de insumos, máquinas e equipamentos e para a ampliação do parque industrial sucro-alcooleiro.

O progresso técnico na agricultura paraibana segundo Moreira & Targino (1997), teve repercussões na utilização do solo, no emprego rural e no espaço físico. A expansão da utilização da mecanização e de tecnologias químicas tanto permitiu incorporar novas áreas ao processo de produção agrícola como favoreceu o aumento da produtividade no trabalho. Ela também foi importante em algumas microrregiões sertanejas, em particular, naquelas onde a expansão da atividade pecuária ocorreu de modo significativo. O avanço da mecanização se deu notadamente nos médios e grandes estabelecimentos agropecuários, atingindo, sobretudo as culturas do abacaxi e da cana-de-açúcar, durante algumas etapas do ciclo produtivo.

Em 1980, do total de tratores e arados mecânicos utilizados, apenas 15,9% e 13,7%, respectivamente, pertenciam aos pequenos estabelecimentos. Em contrapartida, do total dos estabelecimentos que utilizavam adubos químicos e defensivos agrícolas 80,1% e 85,8%, respectivamente, eram menores de 50 hectares. O que vale dizer, que a tendência da tecnificação dos pequenos produtores da Paraíba, do mesmo modo que acontece para o conjunto do país, é de absorver principalmente as tecnologias físico-químicas e, num grau muito menor, as tecnologias mecânicas. Com isto, tem-se uma comprovação de que a fraca tecnologia, na agricultura de pequena produção é patente, por conta da pouca, ou nenhuma utilização da mecanização, cuja tecnologia é advinda de tradição, isto é, repassada de pai para filho, portanto, resistente ao progresso em suas terras (Sousa, 2006).

Teixeira Neto (2008) considerando o número de tratores por grupos de área total constatou que as pequenas propriedades agrícolas detêm 21,75% do total de tratores. À primeira vista, esse número poderia sugerir a indicação de que um baixo nível tecnológico predominaria nas pequenas propriedades. Porém, o indicador que parece mais consistente é o que relaciona área por trator.

Sousa & Targino (2009) afirmam que quanto ao uso de tratores segundo as mesorregiões, constata-se que dos estabelecimentos que indicaram o uso de tratores, a mesorregião que apresenta uma maior participação quanto ao número de tratores existentes é o Agreste Paraibano, contando com 38,52% do número de tratores do Estado. Em seguida, tem-se a Mata Paraibana (29,05%), o Sertão (22,60%) e a Borborema (15,75%). A respeito da utilização de tratores na pequena propriedade, tem-se que as mesorregiões com maior uso desse equipamento foram o Agreste (25,30%) e a Mata Paraibana (20,47%). O Sertão possui uma participação com (19,20%) e a Borborema (18,46%). Observa-se que o total de tratores nos pequenos estabelecimentos de cada mesorregião, indicando uma

diferenciação quanto ao nível tecnológico das mesorregiões paraibanas, concluindo que é na mesorregião do Agreste que se apresenta um maior índice do uso desse tipo de tecnologia.

Sousa (2006) afirma que alguns fatores explicativos para a utilização da terra, de forma extensiva, em algumas microrregiões, normalmente aparecem como justificativa de um baixo grau de tecnologia, que são as secas e a posição da região semiárida que impedem grandes volumes de produção, pelo maior uso da terra, permitindo apenas a sobrevivência, de alguns pequenos agricultores familiares ou não, que não têm recursos para mecanizarem a terra ou até mesmo usarem com mais abundância os fertilizantes que aumentam a produtividade da terra. Apesar de um nítido recuo no processo de mecanização o perfil tecnológico da agricultura regional continua reproduzindo o modelo implantado pelo processo de modernização agrícola levado a efeito no país a partir dos anos 60 do século XX (Moreira & Targino, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição e localização da área de estudo

O Estado da Paraíba está localizado na região Nordeste do Brasil, e apresenta uma área de 56.372 km², que corresponde a 0,662% do território nacional. Seu posicionamento encontra-se entre os paralelos 6^o02'12" e 8^o19'18" de latitude sul e entre os meridianos de 34^o45'54" e 38^o45'45" de longitude oeste. Ao norte limita-se com o Estado do Rio Grande do Norte; a leste, com o Oceano Atlântico; a oeste, com o Estado do Ceará; e ao sul, com o Estado de Pernambuco, como mostra a Figura 8.

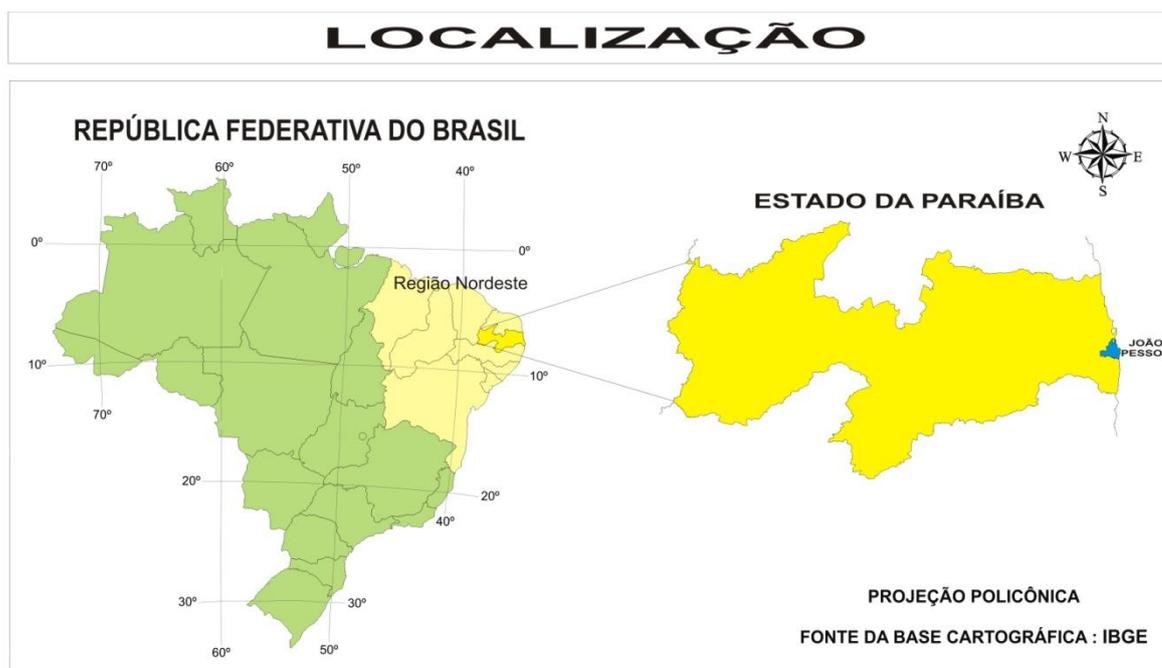


Figura 8. Mapa de localização do Estado da Paraíba. Fonte: IBGE.

3.1.1. Clima e relevo

Relacionando-se clima e altitude é possível se individualizar, de maneira geral, três macrorregiões no Estado da Paraíba:

a) Planície Atlântica, englobando a encosta oriental do Planalto da Borborema – o terço leste do Estado, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' -

Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno (Figura 9). Nesta região as chuvas são formadas pelas massas atlânticas trazidas pelos ventos alísios de sudeste, e a altitude, na planície, inferior a 200 m, pode ultrapassar a 600 m, nos pontos mais elevados dos contrafortes do Planalto (Figura 10). A precipitação decresce do litoral (1800 mm.ano⁻¹) para o interior da região (600 mm.ano⁻¹) devido, principalmente, a depressão do relevo, e volta a subir nos contrafortes do Planalto para 1450 mm.ano⁻¹.

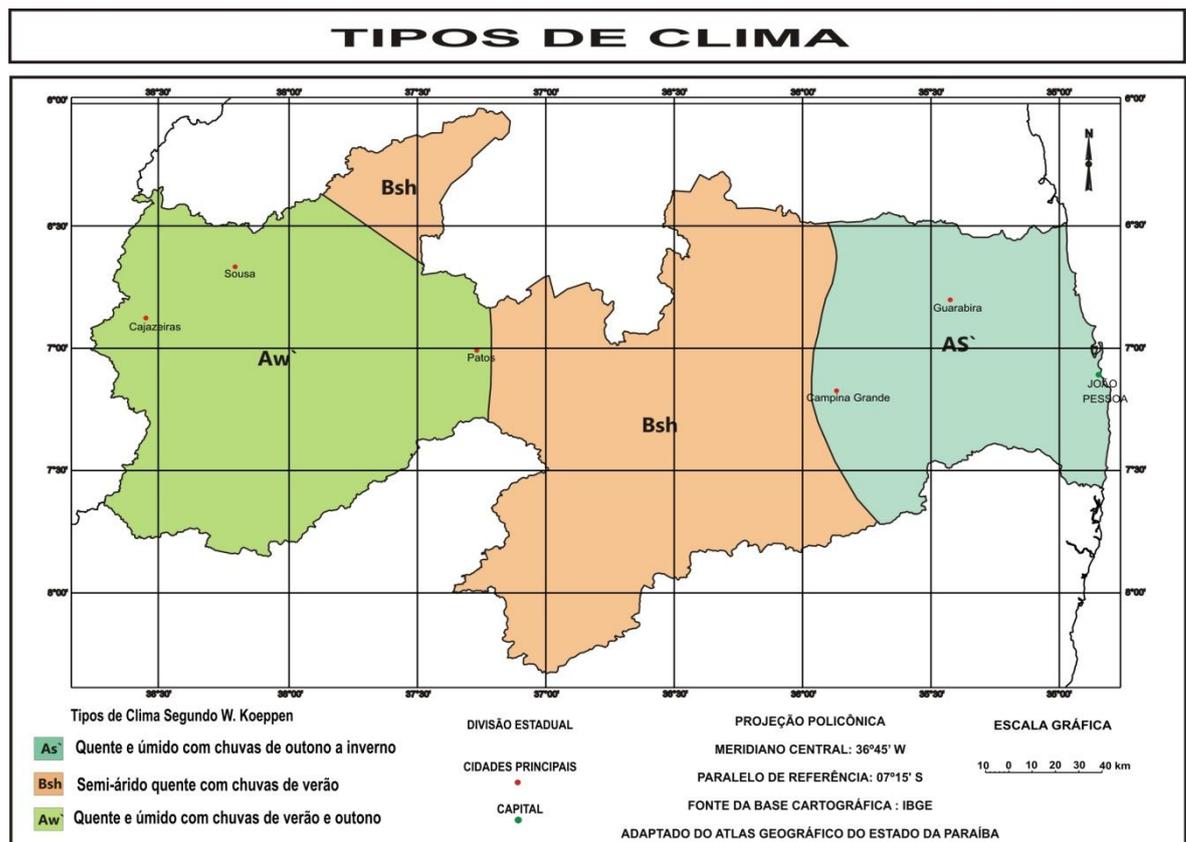


Figura 9: Tipos de clima do Estado da Paraíba, segundo a classificação de Köppen.
Fonte: Atlas geográfico do Estado da Paraíba

b) Planalto da Borborema – a porção central do Estado, com clima do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400m a 700m). As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte;

c) Sertão – região que ocupa o terço oeste do Estado, formada pela depressão do rio Piranhas e seus contribuintes, com clima do tipo Bsh Semiárido quente, nas áreas mais baixas (<300 m) e Aw' – Tropical Quente e Úmido com chuvas de verão-outono, nas áreas mais altas da depressão e em todos os contrafortes e topo do Planalto de Princesa ao sul, divisa com Pernambuco, e na área a oeste, com o Estado do Ceará.

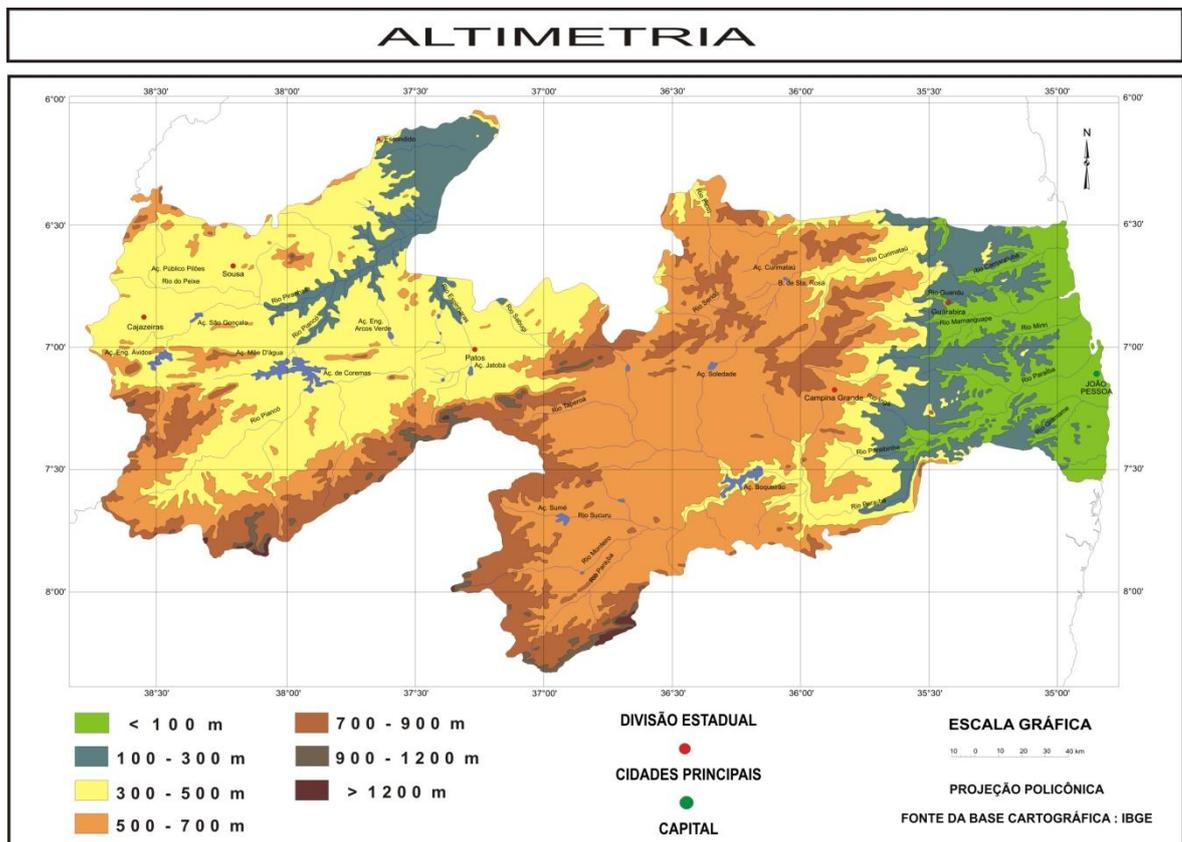


Figura 10: Relevo do Estado da Paraíba. Fonte: IBGE.

3.1.2. Regiões geográficas e uso da terra

O uso da terra é determinado pelas potencialidades e limitações ambientais. Na Paraíba, devido à baixa latitude, a luz e o calor são fatores abundantes para a produção agrícola. Assim, é a água na forma de chuva, pela sua quantidade e distribuição, que determina as atividades agropecuárias no Estado.

As regiões e sub-regiões geográficas do Estado (Figura 10) guardam uma estreita relação com a ocorrência dos solos e a ocupação e uso das terras, dados que podem ser comprovados das informações apresentadas no Levantamento de Solos da Paraíba (Boletim 15) BRASIL (1972), Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978) e no Atlas Geográfico da Paraíba (PARAÍBA, 1985). Assim, as regiões e sub-regiões geográficas podem ser descritas:

Litoral – É a região geográfica formada pelas Várzeas e Tabuleiros, a precipitação varia de 1.000 a 1.800 mm.ano⁻¹ e se distribuem, em grande parte, de fevereiro a agosto. Nas áreas de várzeas e baixadas litorâneas, com exceção das Dunas e dos Mangues, a terra é intensivamente ocupada pela cana-de-açúcar, coqueiros, fruteiras diversas e culturas de subsistência. Nas áreas de Tabuleiros, os solos são originados de sedimentos argilosos da

era Terciária – formação Grupo Barreiras ao sul (Latossolos e Argissolos), e ao norte, por sedimentos arenosos desta mesma formação (Neossolos Quartzarênicos), Figura 12. Nos tabuleiros costeiros os solos são comumente pobres e ácidos. Apesar da baixa fertilidade dos solos, pela correção e adubação química, estas áreas são hoje, amplamente ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar, além de abacaxi, inhame e mandioca.

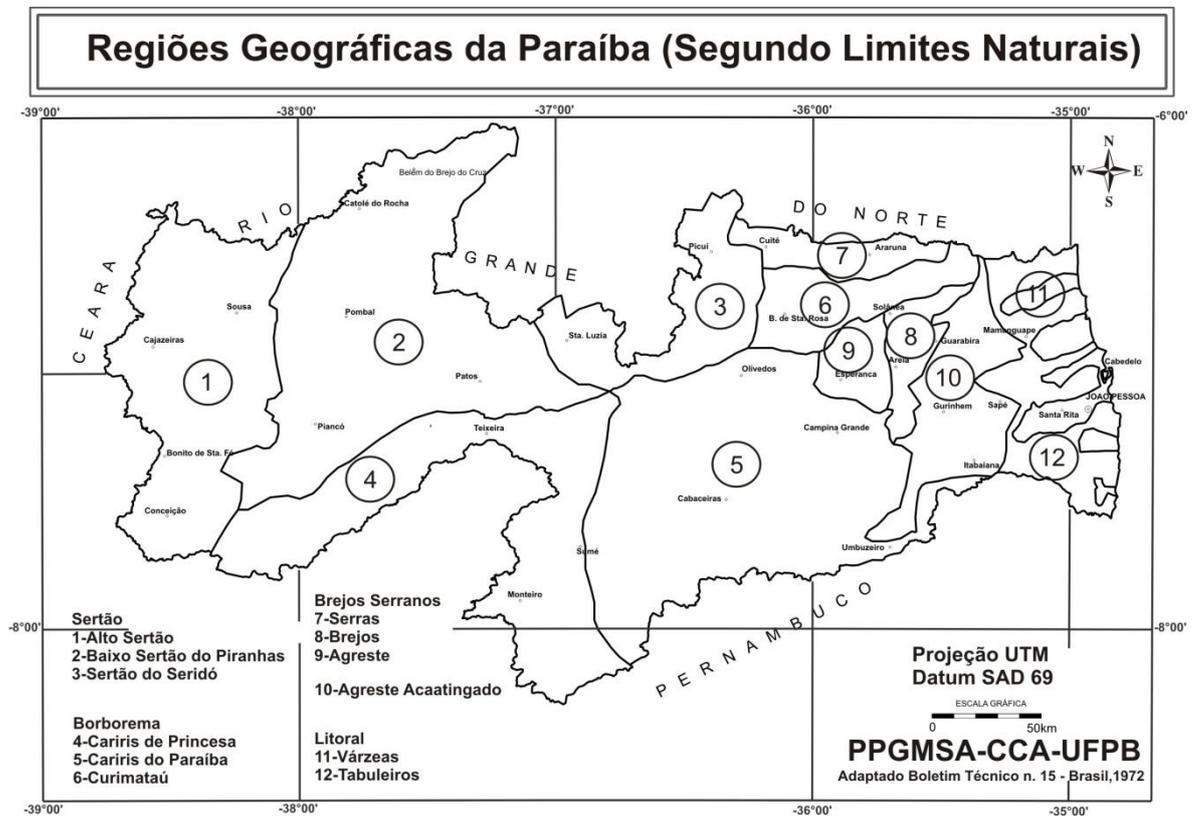
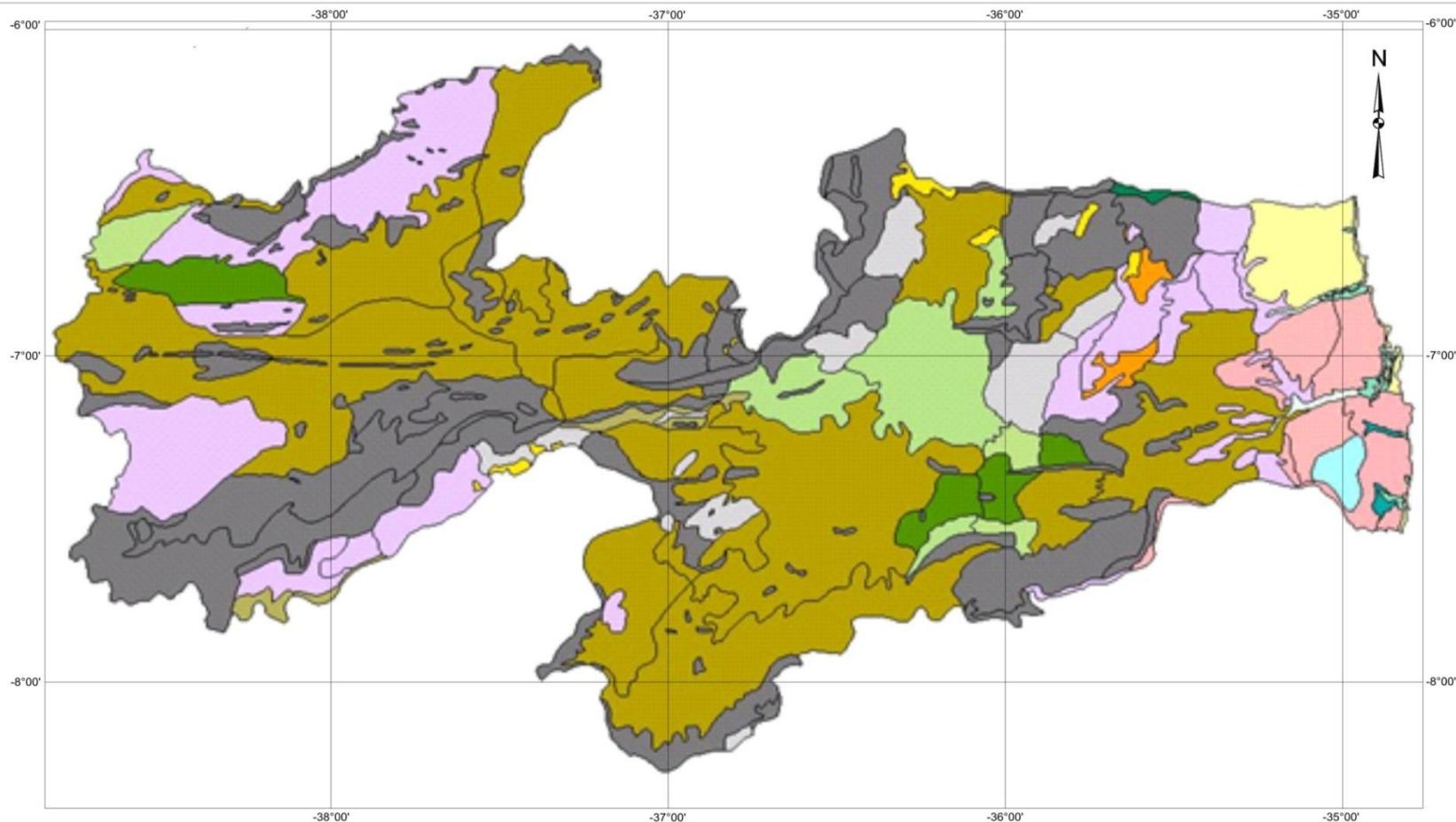


Figura 11. Regiões geográficas do Estado da Paraíba. Fonte: BRASIL, 1972.

Agreste Acaatingado - é uma região geográfica com características de clima semiárido que se inicia na área da Planície Atlântica, devido à depressão formada pela dissecação dos rios Paraíba e Mamanguape. Ocorre logo após os Tabuleiros, fazendo diminuir a precipitação (600 a 800 mm.ano⁻¹) e se estende a sudoeste, até os limites superiores dos contrafortes orientais do Planalto da Borborema, atingindo as cidades de Campina Grande, Queimadas e Umbuzeiro na divisa com o Estado de Pernambuco. À noroeste, a partir da cidade de Alagoa Grande, o limite da região se dá com a área úmida do Brejo Paraibano, ao longo do sopé do Planalto, até a cidade de Belém, e daí para o norte, ao longo do divisor com o rio Curimataú, até a divisa com o Rio Grande do Norte. Já foi área de cultivo de algodão, agora com cultivo de milho para forragem e agricultura de feijão e fava. Predominam solos medianamente profundos a rasos, férteis e argilosos.

SOLOS DO ESTADO DA PARAIBA



- | | | |
|--|--|---------------------------------|
| Afloramento de Rocha | Planosol Solódico Eutrófico | Solos Aluviais |
| Areias Quartzosas Marinhas Distróficas | Podzol Hidromórfico | Solos Gleys Distróficos |
| Areias Quartzosas Distróficas | Podzólico Vermelho Amarelo | Solos Indiscriminados de Mangue |
| Bruno não Cálcico | Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico | Solos Litólicos Eutróficos |
| Cambisol Eutrófico | Podzólico Vermelho Amarelo Mesotrófico | Terra Roxa Estruturada |
| Latosol | Regosol | Vertisol |
| Litólico Distrófico | Solonetz Solodizado | |

ESCALA GRÁFICA
 10 0 10 20 30 40 km

PROJEÇÃO POLICÔNICA
 MERIDIANO CENTRAL: -36°45'
 PARALELO DE REFERÊNCIA: -07°15'
 FONTE DA BASE CARTOGRÁFICA : IBGE

Figura 12. Mapa de solos do Estado da Paraíba. Fonte: IBGE.

Na área central da depressão, e ao longo da encosta do Planalto a sudoeste, ocorrem os Luvisolos Crômicos Planossólicos com relevo suave ondulado e ondulado, associados à Planossolos Solódico nas áreas mais planas e aos Neossolos Litólicos Eutróficos nas áreas mais declivosas, como pode ser observado na Figura 12. Os Neossolos Litólicos são solos mais rasos e pedregosos e rochosos, associado a Afloramentos de Rochas, predominantes em área de relevo forte ondulado e montanhoso ao sul, acompanhando a calha do rio Paraíba e a oeste da região, entre as cidades de Itatuba, Alagoa Grande e Campina Grande. Ao norte, na proximidade da cidade de Guarabira, após o rio Mamanguape até o limite com o Rio Grande do Norte, a precipitação é mais elevada e ocorrem solos mais arenosos, planos à suave ondulado (Argissolos Vermelho Amarelo Eutróficos plúntico textura média) associados aos Argissolos Vermelho Amarelo Eutróficos em relevo suave ondulado e aos Neossolos Litólicos em relevo ondulado (Figura 10), onde se ampliam as áreas de cultivo e é comum o plantio de mandioca.

Brejos Serranos - compreende as sub-regiões geográficas do Brejo, Agreste e Serras.

a) Brejo - O termo brejo é um termo relacionado a áreas úmidas, da encosta oriental do Planalto, onde os totais da precipitação voltam a crescer aos níveis do Litoral (Figura 11). A precipitação chega a ultrapassar os $1.400 \text{ mm.ano}^{-1}$ e a altitude atinge os 600 metros. Apesar do relevo forte ondulado e montanhoso, os solos argilosos (Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico e Nitossolo Vermelhos Eutróficos) e a boa disponibilidade de umidade, dão suporte ao cultivo da cana-de-açúcar, banana, citros, pastagem, fruteiras diversas e culturas alimentares.

b) Agreste - contíguo ao Brejo, é uma área de transição para regiões mais secas do interior do Planalto. A precipitação declina aos 800 mm.ano^{-1} e a altitude varia de 500 a 750 m. É uma região densamente povoada. Os solos predominantes na área mais úmida são os Neossolos Regolíticos Distróficos, polarizada pela cidade de Esperança, onde até pouco tempo era conhecida pelo cultivo da batatinha, hoje feijão e erva doce; na área mais seca, ao norte, ocorrem os Neossolos Regolíticos Eutróficos e os Luvisolos Crômico Litólico, área polarizada pela cidade de Arara, grande produtora de feijão, milho e fava.

c) Serras - é a região localizada ao norte, na divisa com o Estado do Rio Grande do Norte, e se estende de leste para oeste. Predominam os terrenos forte ondulado e montanhosos com solos rasos e pedregosos com vegetação de caatinga hipoxerófila (Neossolo Litólico Eutrófico). Em posições de topo aplainado, em altitude próxima a 600 m, ocorrem solos argilosos e profundos (Latosolo Vermelho Amarelo Eutrófico), originados do capeamento terciário, Série Serra de Martins (Figura 12). São áreas mais

agrícolas, com vegetação diferenciada das áreas do entorno, conhecidas como Serras de Dona Inês e de Araruna, mais ao leste e mais úmidas, com forte influência das massas oceânicas de sudeste, e depois Serra do Bom Bocadinho e mais para oeste e com maior extensão a Serra de Cuité.

Borborema - é a região geográfica que compreende as sub-regiões Cariris de Princesa, Cariris do Paraíba e Curimataú (Figura 11). Com exceção de parte da sub-região do Cariri de Princesa, que fica no terço oeste do Estado, a região da Borborema tem em comum, o clima Semiárido Quente e a sua localização sobre o Planalto da Borborema.

a) Curimataú - localizada ao norte, compreende as áreas das depressões das drenagens dos rios Curimataú e Jacú. As cordilheiras das Serras ao norte, divisa com Rio Grande do Norte, e as elevações das regiões do Brejo e Agreste a sudeste, dificulta a circulação das massas úmidas atlânticas de norte e de sudeste fazendo diminuir as precipitações ($<400 \text{ mm.ano}^{-1}$), e aumentar as temperaturas ($>26 \text{ }^{\circ}\text{C}$), provocando forte aridez. A vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila, os solos são rasos e pedregosos (Neossolos Litólicos Eutróficos e Afloramento de Rochas), relevo suave ondulado e ondulado de biotita-xisto, predominando na bacia contribuinte do riacho de Algodão de Jandaíra, área mais seca e pastoril; e o Luvisolo Crômico Vértico relevo ondulado, nas bacias de drenagem do riacho de Barra de Santa Rosa, contribuinte do rio Curimataú, e na bacia do rio Jacú, áreas, que pela fertilidade deste solo, já foram grande produtora de algodão e agave, e hoje, produzem palma forrageira, milho para forragem e culturas alimentares.

b) Cariris do Paraíba (Figura 11) compreende em grande parte, a área da bacia de contribuição do açude de Boqueirão, que apresenta a montante, duas bacias contribuintes, a do Alto Paraíba e a do rio Taperoá. É uma área aberta, sobre o planalto, com relevo suave ondulado, altitude variando em grande parte entre 400 m a 600 m, e drenagem voltada para o leste, o que facilita a penetração uniforme das massas atlânticas de sudeste, propiciando temperaturas amenas ($<26^{\circ}\text{C}$), e uma maior amplitude térmica diária. Nas áreas com relevo mais deprimido a precipitação média anual é inferior a 400 mm, aumentando com a altitude no sentido dos divisores da drenagem. Os solos mais representativos é o Luvisolo Crômico Vértico fase pedregosa relevo suave ondulado, predominante em grande parte da região; os Vertissolos relevo suave ondulado e ondulado predominam nas partes mais baixa, no entorno do açude de Boqueirão e os Planossolos Nátricos relevo plano e suave ondulado, ao norte, ao longo da BR-230, trecho Campina Grande - Juazeirinho, na bacia do rio Taperoá. Nas áreas mais acidentadas, ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos fase pedregosa substrato gnaisse e granito. Em toda a área, a vegetação é do tipo caatinga

hiperxerófila. É uma região tradicionalmente pastoril, onde tem predominando a criação de caprinos. Outrora com produção expressiva de algodão e na atualidade cultiva palma e culturas alimentares.

c) Cariris de Princesa – corresponde, no terço médio do Estado, as cabeceiras do rio Paraíba, e no terço oeste, as do rio Piranhas. São áreas mais elevadas (>550m), ao longo da divisa com o Estado de Pernambuco (Figura 11). A precipitação é superior a 600 mm, contudo, a área que corresponde à bacia do rio Paraíba, é mais seca (clima Bsh), apresentando vegetação do tipo caatinga hiperxerófila e predominância de solos Luvisolos Crômicos bem desenvolvidos, em relevo suave ondulado. Pelas limitações climáticas apresenta o mesmo sistema de exploração agrícola, pecuária e agricultura de subsistência. Nas cabeceiras do rio Piranhas, Planalto de Princesa, a altitude ultrapassa os 700m e a precipitação chega aos 900 mm. É área com maior densidade populacional, com produção comercial de feijão, e culturas alimentares de feijão, milho e mandioca. Também produzia algodão e agave. O solo predominante é o Argissolo Vermelho Amarelo orto fase caatinga hipoxerófila, relevo ondulado e forte ondulado, e o Argissolo com textura cascalhenta, associados aos Neossolos Litólicos Eutróficos substratos gnaisse e granitos. Em menor proporção ocorrem Neossolos Regolíticos Eutróficos com fragipan relevo suave ondulado e ondulado e Latossolos Vermelhos Amarelos Eutróficos textura média relevo plano fase caatinga hipoxerófila, próximo à cidade de Teixeira, e Cambissolos Háplicos Eutróficos latossólico relevo forte ondulado, a oeste, no final do planalto, no entorno da cidade de Princesa Isabel.

Sertão – Esta região é subdividida em Alto Sertão, Baixo Sertão do Piranhas e Sertão do Seridó.

a) O Alto Sertão corresponde à faixa de terra mais a oeste do Estado, ao longo da divisa com o estado do Ceará. Ao sul da região, limite com o estado de Pernambuco, cabeceira do alto rio Piancó, em área mais rebaixada, relevo forte ondulado e montanhoso e caatinga hiperxerófila ocorrem Neossolos Litólicos fase pedregosa e rochosa substrato filito-xisto. Seguindo para o norte, ocorre o maciço da Serra Grande, onde volta a predominar os mesmos solos do Planalto de Princesa, os Argissolo Vermelho Amarelo orto relevo ondulado e forte ondulado e o Neossolo Litólico Eutrófico forte ondulado e montanhoso substrato gnaisse e granito. Da encosta norte da Serra, nasce o rio Piranhas e da oeste, o rio Aguiar e inúmeros tributários do rio Piancó. Após a Serra, a altitude cai abruptamente para menos de 400 m, área de domínio do solo Luvisolo Crômico fase pedregosa associado à Neossolo Litólico fase pedregosa e rochosa em vegetação do tipo caatinga hiperxerófila. Em seguida, a bacia do Rio do Peixe, com ocorrência de Argissolo,

Luvissolo e Neossolo Litólico, nas áreas mais altas das cabeceiras ao norte, limite com o Rio Grande do Norte; no nível médio de altitude o Planossolo Nátrico e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico textura argilosa cascalhenta e raso textura média cascalhenta, e o Vertissolo Háptico relevo plano na bacia sedimentar do Rio do Peixe, afluente do rio Piranhas, que corta a cidade de Sousa. Em todo o Alto Sertão, pela mais alta precipitação ($>650 \text{ mm.ano}^{-1}$), fertilidade dos solos e predominância de relevo suave ondulado são áreas de cultivo milho, feijão (algodão) associadas à criação de gado, sendo frequente nas várzeas, o cultivo do arroz.

b) Baixo Sertão do Piranhas - é polarizada pelas cidades de Patos, Piancó, Pombal e a margem esquerda do rio Piranhas, ao norte, Catolé do Rocha. A altitude quase sempre é inferior a 350m, os solos predominantes é o Luvissolo Crômico fase pedregosa relevo suave ondulado associado ao Neossolo Litólico Eutrófico fase pedregosa e rochosa relevo ondulado; ocorrendo a presença de Luvissolo Crômico vértico à medida que a altitude decresce para nordeste, ao longo da drenagem, decrescendo também a precipitação. Na região de Catolé do Rocha, predomina a mesma associação de solos da região do Alto Sertão, o Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico associado à Neossolo Litólico Eutrófico fase pedregosa rochosa caatinga hiperxerófila. Área tradicional de cultivo de algodão, hoje com pecuária e agricultura de subsistência.

c) Sertão do Seridó - é formada pela área da bacia do rio Seridó, que na Paraíba compreende as encostas ocidentais do Planalto da Borborema, e a área da depressão sertaneja polarizada pelas cidades de Santa Luzia e São Mamede. Na linha das cabeceiras, sobre o Planalto, ocorrem os Neossolos Regolíticos Eutrófico, áreas mais agrícolas, em seguida, em relevo forte ondulado e montanhoso os solos Neossolos Litólicos de biotita-xisto, na região dos municípios de Pedra Lavrada e Picuí, e de gnaiss e granito em Santa Luzia. Área de pastejo extensivo e mineração. Na área da depressão ocorre o Luvissolo Crômico vértico fase pedregosa relevo suave ondulado, associado à Neossolo Litólico Eutrófico suave ondulado e ondulado substrato gnaiss e granito e Luvissolo Crômico relevo suave ondulado, todos em vegetação caatinga hiperxerófila. Área de pecuária e cultura de subsistência, antes produtora de algodão perene e algodão mocó.

3.2. Materiais

3.2.1. Levantamento de dados

Neste trabalho, a base principal de dados, é o Boletim Técnico (N.º 15), do Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972), e o mapa de solos, na escala de 1:500.000, representando a área de estudo e a ocorrência e distribuição das classes de solos predominantes no Estado. De forma auxiliar foram também utilizadas as informações do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), do Atlas Geográfico da Paraíba (PARAÍBA, 1985) e o trabalho de Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba realizado por Campos & Queiroz (2006) (Anexo A). Consultas bibliográficas complementares foram feitas em livros, artigos, periódicos técnico-científicos e trabalhos acadêmicos de dissertações e teses.

3.2.2. Informações cartográficas

Como material básico de apoio e referência pedológica neste estudo foi utilizado o mapa do Levantamento Exploratório e de Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba na escala de 1:500.000 (BRASIL, 1972) onde a área de estudo está representada por unidades de mapeamento, constituídas de associações e inclusões de classes de solos.

O mosaico digital SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), fornecido pela NASA (Agência Espacial Americana), dos quadrantes SB 24 ZA, SB 24 ZB, SB 24 ZC, SB 24 ZD, SB 25 YA, SB 25 YC, SC 24 XB, com dados de altimetria, para pontos espaçados numa malha quadrada de 90 metros de distância. Além do arquivo digital da Malha municipal digital 2001, do mapa do estado da Paraíba, na escala de 1:500.000, elaborado pela Coordenação de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

3.2.3. Equipamentos e programas computacionais

Como instrumentos para a obtenção e manipulação dos dados foram utilizados um microcomputador e uma impressora.

Foi utilizado um programa de editoração gráfica, um software para design gráfico e edição, para a conversão do mapa de solos do formato JPG para TIFF para ser importado pelo SPRING.

Entre outros programas utilizados, o CAD (*Computer Aided Design*) foi de grande importância, uma vez que é uma ferramenta utilizada no desenho digital permitindo a representação precisa de diversos dados e informações geográficas, possibilitando assim a sua utilização em conjunto com o SIG (Franco & Rosa, 1998).

Outro software utilizado foi o GLOBAL MAPPER, para a geração das curvas de nível. Um software rico em funcionalidades capaz de exibir os mais populares formatos de raster, vetores e dados de elevação. Utilitário de conversão e manuseio de dados, pois converte, edita e permite que se use toda a funcionalidade de um SIG, podendo acessar múltiplas fontes de imagem, mapas topográficos e grids de terreno. Suas principais funcionalidades são: permitir a reprojeção e a exportação em batch, o cálculo de distâncias e áreas, na combinação raster, nos recobrimentos, nas análises espectrais e ajustes de contraste, os cálculos de volume, bem como na capacidade avançada para correção de imagens e geração de curvas de nível (Freire & Paredes, 2007).

Para elaboração dos mapas e classificação da imagem foi utilizado o programa SPRING versão 4.3.3, assim como os módulos IMPIMA (visualização da imagem), SCARTA (editor de elementos da carta) e ILOT (preparar para impressão), com os quais se fez a leitura das imagens para elaboração dos mapas e classificação da imagem, gerou-se o layout dos mapas e foi feita a impressão (Silva, 2006).

3.3. Metodologia

A metodologia está resumida nas etapas que estão apresentadas no fluxograma da Figura 13, que, esquematicamente, apresenta os passos metodológicos para obtenção do mapa das classes de terras para mecanização agrícola do Estado da Paraíba. Observa-se que os dados de entrada, para o processamento automático no Programa SPRING, foram o Mapa de Solos da Paraíba (Escala 1:500.000), que após georreferenciado no subprograma SCARTA, foi introduzido no banco de dados; o banco de dados da altimetria, do arquivo SRTM, que após processado no programa GLOBAL MAPPER gerou um arquivo com as curvas de nível; e o arquivo digital do Mapa dos Municípios do IBGE (2001), que serviu para vetorização dos polígonos, atualizando os limites do Estado e das unidades de mapeamento dos solos (mapa de solos atualizado).

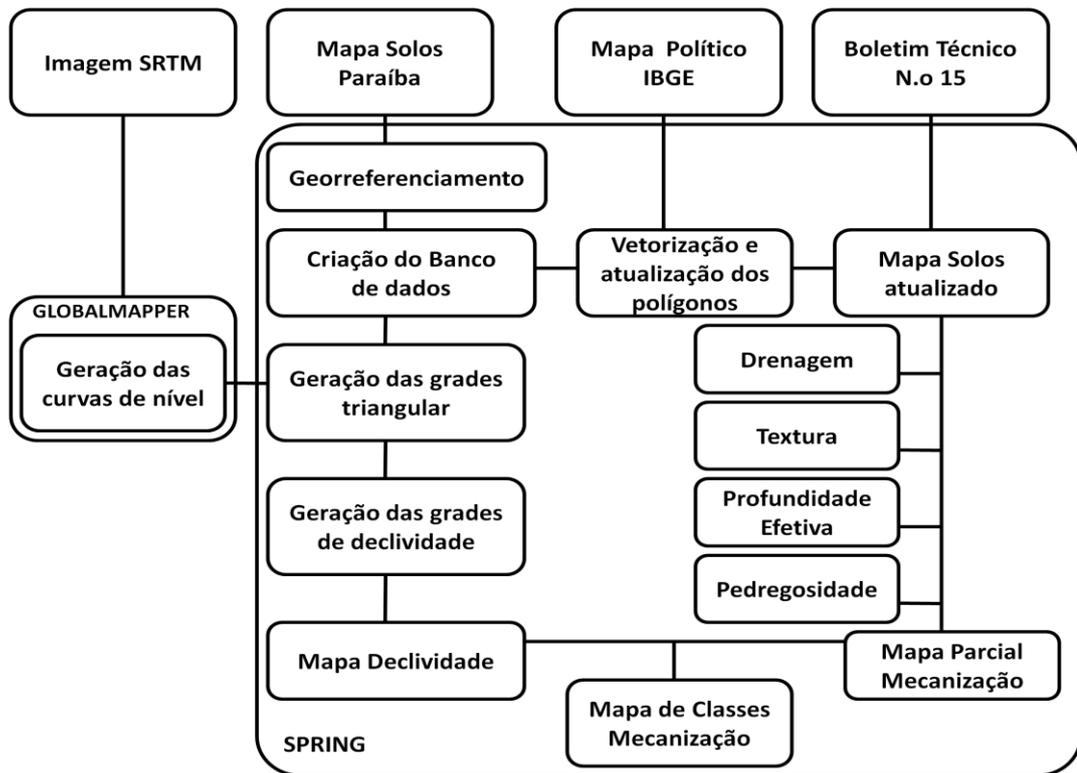


Figura 13: Fluxograma de trabalho.

Os dados de drenagem, textura, profundidade efetiva e pedregosidade foram obtidos dos perfis representativos de cada unidade de mapeamento, extraídos do Boletim de Solos da Paraíba, sendo interpretados e classificados de acordo com o grau de limitação à mecanização (nula, ligeira, moderada, forte, muito forte e extremamente forte) e introduzidos manualmente no SPRING, gerando os respectivos mapas temáticos.

De acordo com os critérios da classificação foi realizado manualmente, uma interpretação parcial dos dados, hierarquizando-se os fatores de maiores graus de limitações definidores das classes, e suas origens, definidores das subclasses, obteve-se um mapa parcial de classes de terras para mecanização.

O mapa de declividade foi gerado a partir do mapa de curvas de nível, por processo de modelagem por grade triangular, possibilitando a determinação automática da declividade, sua classificação e mapeamento. Sendo realizado um refinamento das áreas não mapeáveis com objetivo de eliminar áreas menores de 3 km².

Finalmente, através do programa LEGAL, por operação booleana conforme descrito no Apêndice A, cruzando-se as informações dos mapas de declividade e do mapa parcial de mecanização, obteve-se o mapa final de Classes de Terras para Mecanização.

3.3.1. Mapa de solos

O mapa de solos do estado da Paraíba foi obtido no formato de imagem jpg no sistema de projeção policônica e datum Clarke disponibilizada pelo ISRIC - World Soil Information Database, Wagenigen, Holanda em: ><http://library.wur.nl/isric/index2.html?url=http://library.wur.nl/WebQuery/isric/3046>.

Em seguida, foi transformado para o formato TIFF, e aberto no programa IMPIMA, sendo salvo no formato nativo do SPRING (dsc). Para o georreferenciamento do mapa no SPRING, foi utilizado o datum SAD 69 e o sistema de projeção UTM. Sendo após realizada a análise estatística pela equação polinomial de 2.º grau para a correção geométrica da imagem, como pontos de controle foram utilizados as intersecções das coordenadas, conforme são apresentados na Tabela 1, resultando um erro de 65,16 metros fora de sua posição geográfica.

Tabela 1: Pontos de controle para o georreferenciamento da imagem

Pontos de controle	Coordenadas	
	Longitude	Latitude
1	36'00	6'00
2	36'30	6'30
3	35'00	6'30
4	38'30	7'30
5	37'00	8'00
6	35'00	7'30

A exatidão do posicionamento define quanto uma imagem com correção de sistema está fora de sua posição geográfica correta, portanto este erro no registro da imagem, que estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas, comparado com outros trabalhos, como no realizado por Almeida (2005) apud Santos (2009) onde se encontrou 65,54 metros de erro, apresentando um consistente resultado, pois o pixel da imagem SRTM é de 90 metros, e o erro encontrado foi de 65,16 metros de deslocamento, portanto 0,73% de um pixel em toda a área de estudo.

Ainda nesta etapa foi criado um banco de dados georreferenciado para a área de estudo, após foi importado o mapa de solos georreferenciado para o SPRING e vetorizado em tela, sendo em seguida realizada a correção dos limites do mapa de solos pelos limites atuais do IBGE.

3.3.2. Elaboração de mapas temáticos

A partir dos 64 perfis de solos do Boletim do Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972), foram interpretadas as unidades de solos considerando sua representatividade onde foi realizada uma editoração no SPRING para os seus respectivos polígonos.

Considerando que os parâmetros utilizados para a avaliação do impedimento a mecanização, são atributos intrínsecos de cada solo representativo das unidades de mapeamento, adotou-se os mesmos polígonos do mapa de solos, gerando-se os mapas temáticos de: textura (t), pedregosidade (s), profundidade efetiva (p) e drenagem (a); cada um deles, contendo cinco classes representativas do grau de impedimento à mecanização, ou seja: nulo, ligeiro, moderado, forte e muito forte, conforme propuseram Lepsch et al, (1991) e Lombardi Neto & Beek (1995), como mostra a sequencia a seguir:

3.3.2.1. Mapa de drenagem do solo

A drenagem é uma propriedade relacionada às condições hidrodinâmicas dos solos, determinante para o desenvolvimento das plantas. A drenagem pode ser entendida como a retirada do excesso de água do perfil do solo. Esta propriedade está relacionada à porosidade, que por sua vez depende da textura, da estrutura, da natureza e do teor da matéria orgânica e da argila do solo. É também influenciada por condicionantes, como: permeabilidade da rocha subjacente, presença de camada adensada no perfil, posição do solo na paisagem, e pela presença do sódio como agente dispersante.

Para a elaboração do mapa de drenagem foi utilizado o arquivo no formato nativo do SPRING (dsc), dos polígonos das unidades de mapeamento dos solos da Paraíba, que serviram como referência para espacialização das classes de impedimento à mecanização devido à drenagem (Quadro 1). Em listagem dos perfis representativos de cada unidade de mapeamento, utilizando-se a planilha EXCEL, foi introduzido à classe de impedimento interpretada para cada solo, conforme a correspondência referente a cada classe de drenagem utilizando-se os critérios estabelecidos por BRASIL (1972) conforme o Quadro 1, sendo classificado o grau de impedimentos às classes de mecanização e editorado no programa SPRING.

Quadro 1: Descrição dos critérios da classe de drenagem

Classificação da Drenagem	Impedimento à mecanização
Fortemente/Acentuadamente	Nula
Bem drenada	Ligeira
Moderadamente	Moderada
Imperfeitamente	Forte
Mal drenada	Muito Forte

Fonte: BRASIL (1972)

A geração do mapa foi feito no SPRING no módulo SCARTA de onde foram editados aspectos como título, tamanho, texto, escala, legenda, localização, contraste de padrões, cor. Quanto às cores foi adotado o azul claro, verde claro, amarelo, laranja, vermelho, marrom escuro, azul escuro, marrom claro para representar no mapa de impedimentos as classes de impedimentos nula, ligeira, moderada, forte, muito forte, extremamente forte, água e classe especial respectivamente.

3.3.2.2. Mapa de textura do solo

A textura do solo refere-se, especificamente, às proporções relativas das partículas ou frações de areia, silte e argila. É o atributo do solo que menos sofre alteração ao longo do tempo (EMBRAPA, 2003). Influencia quando secos em solos muito duros, dificultando o preparo do solo pelas máquinas e quando úmido, com uma maior plasticidade e pegajosidade ocasionando maior aderência aos implementos de preparo do solo e plantio, facilitando ou dificultando o trabalho das máquinas.

A interpretação dos dados foi feita utilizando-se os critérios da classificação textural utilizada por Lepsch et al (1991) e EMBRAPA (2006), sendo criadas mais duas classes relativas a solos com argila de atividade alta, a classe Argilosa 2:1 e a Muito Argilosa 2:1, conforme estão apresentadas no Quadro 2.

Para a elaboração do mapa de textura foi utilizado o arquivo no formato nativo do SPRING (dsc), dos polígonos das unidades de mapeamento dos solos da Paraíba, que serviram como referência para espacialização das classes de impedimento à mecanização devido à textura (Quadro 2). Em listagem dos perfis representativos de cada unidade de mapeamento, utilizando-se a planilha EXCEL, foi introduzido à classe de impedimento

interpretada para cada solo, conforme a correspondência referente a cada classe de textura (Quadro 2).

Quadro 2: Descrição dos critérios da classe de textura do solo

Textura do solo	% Areia	% Argila	Imp. à mecanização
Arenosa	Areia		Nula
Média	>15%	<35%	Ligeira
Siltosa	<15%	<35%	Ligeira
Argilosa		35 a 60%	Moderada
Argilosa 2:1		35 a 60%	Forte
Muito Argilosa		>60%	Forte
Muito Argilosa 2:1		>60%	Muito Forte

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2006) e Lepsch (1991)

A geração do mapa foi feito no SPRING no módulo SCARTA de onde foram editados aspectos como título, tamanho, texto, escala, legenda, localização, contraste de padrões, cor. Quanto às cores foi adotado o azul claro, verde claro, amarelo, laranja, vermelho, marrom escuro, azul escuro, marrom claro para representar no mapa de impedimentos as classes de impedimentos nula, ligeira, moderada, forte, muito forte, extremamente forte, água e classe especial respectivamente.

3.3.2.3. Mapa de profundidade efetiva do solo

A profundidade efetiva é definida como a profundidade na qual, as raízes das plantas penetram livremente no solo à procura de umidade e nutrientes. Esta é um atributo importante para o planejamento do uso agrícola da terra, uma vez que, está relacionada ao desenvolvimento dos sistemas radiculares, ao armazenamento de água no solo e as possibilidades de mecanização agrícola (Fasolo, 1990).

Neste sentido, considerando que a profundidade de trabalho da maioria dos implementos agrícolas de preparo convencional do solo é de 40 cm, adotou-se este limite como referência, modificando-se os critérios da classificação proposta por Lepsch (1991) e EMBRAPA (2006), conforme é apresentado no Quadro 3.

Para a interpretação dos dados dos perfis, para classificação da profundidade efetiva dos solos, foi considerada a profundidade até o horizonte ou camada onde a presença das raízes foi descrita como sendo igual ou maior que a classe “poucas”, desprezando-se assim, as classes raras e ausentes (Lepsch 1991).

Para a elaboração do mapa de profundidade efetiva foi utilizado o arquivo no formato nativo do SPRING (dsc), dos polígonos das unidades de mapeamento dos solos da Paraíba, que serviram como referência para espacialização das classes de impedimento à mecanização devido à profundidade efetiva (Quadro 3). Em listagem dos perfis representativos de cada unidade de mapeamento, utilizando-se a planilha EXCEL, foi introduzido à classe de impedimento interpretada para cada solo, conforme a correspondência referente a cada classe de profundidade (Quadro 3).

A geração do mapa foi feito no SPRING no módulo SCARTA de onde foram editados aspectos como título, tamanho, texto, escala, legenda, localização, contraste de padrões, cor. Quanto às cores foi adotado o azul claro, verde claro, amarelo, laranja, vermelho, marrom escuro, azul escuro, marrom claro para representar no mapa de impedimentos as classes de impedimentos nula, ligeira, moderada, forte, muito forte, extremamente forte, água e classe especial respectivamente.

Quadro 3: Descrição dos critérios da classe de profundidade efetiva do solo

Classificação da Profundidade	Profundidade em metros	Impedimento à mecanização
Muito Profundo	> 0,8	Nula
Profundo	0,6 a 0,8	Ligeira
Moderadamente Profundo	0,4 a 0,6	Moderada
Raso	0,2 a 0,4	Forte
Muito Raso	0 a 0,2	Muito Forte

Fonte: Adaptado de Lepsch et al (1991) e EMBRAPA-CNPS (1999)

3.3.2.4. Mapa de pedregosidade do solo

A pedregosidade e a rochosidade são fatores limitantes à mecanização de grande importância, pois restringe as atividades agrícolas, e podem causar sérios prejuízos às máquinas e implementos. Estes são de grande importância e, juntamente com o relevo, fornece os principais subsídios para o estabelecimento dos graus de limitações ao emprego de implementos agrícolas (BRASIL, 1972).

Para a avaliação do grau de impedimento a mecanização imposta pela pedregosidade e rochosidade foi adotada as descrições morfológica e analítica dos perfis descritos no Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Os limites das classes de pedregosidade: ausente, poucas, muitas, bastante e grande quantidade, conforme a nomenclatura adotada pelo Manual para o Levantamento

Utilitário do meio físico e Classificação de terras no sistema de capacidade de uso (Lepsch, 1991) foi modificada para os valores percentuais de 0%, <5%, <20%, <50%, >50%, respectivamente.

A interpretação dos percentuais de pedras (cascalho e calhaus) para o enquadramento dos solos foi feita com base nos percentuais analíticos descritos no Boletim N^o 15, para os horizontes ou sub-horizontes até a profundidade de 40 cm, levando-se em conta também, a descrição da ocorrência de pedregosidade descrita para a classe de solo representativa da unidade de mapeamento.

Para a elaboração do mapa de pedregosidade foi utilizado o arquivo no formato nativo do SPRING (dsc), dos polígonos das unidades de mapeamento dos solos da Paraíba, que serviram como referência para espacialização das classes de impedimento à mecanização devido à pedregosidade (Quadro 4). Em listagem dos perfis representativos de cada unidade de mapeamento, utilizando-se a planilha EXCEL, foi introduzido à classe de impedimento interpretada para cada solo, conforme a correspondência referente a cada classe de pedregosidade (Quadro 4).

A geração do mapa foi feito no SPRING no módulo SCARTA de onde foram editados aspectos como título, tamanho, texto, escala, legenda, localização, contraste de padrões, cor. Quanto às cores foi adotado o azul claro, verde claro, amarelo, laranja, vermelho, marrom escuro, azul escuro, marrom claro para representar no mapa de impedimentos as classes de impedimentos nula, ligeira, moderada, forte, muito forte, extremamente forte, água e classe especial respectivamente.

Quadro 4: Descrição dos critérios da classe de pedregosidade do solo

Classificação da Pedregosidade	% de presença de pedras	Impedimento à mecanização
Ausente	0	Nula
Poucas	< 5%	Ligeira
Muitas	< 20%	Moderada
Bastante	< 50%	Forte
Grande Quantidade	> 50%	Muito Forte

Fonte: Adaptado de BRASIL (1972) e Lepsch (1991)

3.3.2.5. Mapa de declividade

Para a geração do mapa de declividade inicialmente foi utilizado um mosaico digital do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da NASA, na escala de 1:500.000

dos quadrantes 24-ZA, 24-ZB, 24-ZC, 24-ZD, 25-YA, 25-YC e 24-XB da área de estudo utilizando o programa GLOBAL MAPPER e a partir delas foram geradas as curvas de nível com equidistância de 10 metros.

Para gerar a grade triangular foi utilizado o SPRING e utilizadas as curvas de nível como amostra sem as linhas de quebra e com tolerância de isolinhas 50, tolerância entre pontos de isolinhas 100 e tolerância de linhas de quebra 50 e com a menor aresta de triangulação de 50 metros.

Em seguida foi feito o fatiamento da grade triangular com seus valores de cotas originando um plano de informação da categoria temática representando um aspecto particular do modelo numérico de terreno, sendo associada a uma classe temática previamente definida no esquema conceitual do banco de dados ativo para gerar o mapa.

Para geração do mapa de declividade foram estabelecidas as fatias (Quadro 5) em função dos valores de declividade em porcentagem adaptados de Ramalho Filho & Beek (1995).

Quadro 5: Classes de declividade

Limites de Classe (%)	Classes de Declividade
0-3	Plano
3-6	Suave Ondulado
6-12	Moderadamente Ondulado
12-20	Ondulado
20-40	Forte Ondulado
> 40	Montanhoso

Fonte: Ramalho Filho & Beek (1995)

Para sua finalização o mapa foi vetorizado no SPRING a partir da imagem fatiada em classes, obtendo polígonos simplificados, com o objetivo de eliminar áreas não mapeáveis na escala de 1:500.000, facilitando assim sua interpretação.

3.3.2.6. Mapa parcial de classes de mecanização

A interpretação para elaboração do mapa parcial de classes e sub-classes de mecanização foi feito manualmente, a partir da interpretação do grau de limitações que as características diagnósticas, drenagem, textura, profundidade efetiva e pedregosidade. O maior grau de limitação a mecanização definiu a Classe e a especificação da característica,

fator ou fatores limitantes, a Sub-Classe, com o objetivo de facilitar o cruzamento com o mapa de declividade através do LEGAL.

Para a elaboração do mapa parcial de classes foi utilizado o arquivo no formato nativo do SPRING (dsc), dos polígonos das unidades de mapeamento dos solos da Paraíba, que serviram como referência para espacialização das classes e subclasses de impedimento à mecanização (Tabela 2). Em listagem dos perfis representativos de cada unidade de mapeamento, utilizando-se a planilha EXCEL, foi introduzido resultado interpretado da classe e subclasse impedimento interpretada para cada polígono, conforme a correspondência referente a cada classe de solo, representativa da unidade de mapeamento.

A geração do mapa foi feito no SPRING no módulo SCARTA de onde foram editados aspectos como título, tamanho, texto, escala, legenda, localização, contraste de padrões, cor. Quanto às cores foi adotado o azul claro, verde claro, amarelo, laranja, vermelho, marrom escuro, azul escuro, marrom claro para representar no mapa de impedimentos as classes de impedimentos nula, ligeira, moderada, forte, muito forte, extremamente forte, água e classe especial respectivamente.

3.3.3. Mapa de classes e subclasses das terras para mecanização

O Mapa de Classes e Subclasses de Terras para Mecanização foi obtido a partir do cruzamento, entre o mapa de declividade e o mapa parcial de classes e subclasses provisórias de terras para mecanização utilizando-se o LEGAL. A editoração do mapa foi realizada no programa de design gráfico, onde foi aberto o arquivo e acrescentados os itens complementares, como: título, tamanho, texto, escala, legenda e localização.

Estas classes e subclasses foram interpretadas, a partir das informações do solo representativo de cada unidade de mapeamento, descritas pelos dados morfológicos e analíticos do Boletim do Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado (BRASIL, 1972), os parâmetros, drenagem (a), textura (t), profundidade efetiva (p), e pedregosidade (s), além da declividade (d) obtida pelo mapeamento eletrônico, utilizando-se os critérios especificados para as classes de impedimento: nula, ligeira, moderada, forte e muito forte. Estes modificados de Lepsch (1991) e Lombardi Neto & Beek (1995), conforme é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Chave para interpretação do grau de impedimento à mecanização agrícola

Classes de Impedimento	Declividade %	Pedregosidade %	Profundidade Efetiva (m)	Textura	Drenagem	
Nula	0-3	Ausente	0	> 0,8	Arenosa	Fortemente/ Acentuadamente
Ligeira	3-6	Poucas	< 5%	0,6 a 0,8	Média/Siltosa	Bem Drenada
Moderada	6-12	Muitas	< 20%	0,4 a 0,6	Argilosa	Moderadamente
Forte	12-20	Bastante	< 50%	0,2 a 0,4	Muito Argilosa	Imperfeitamente
Muito forte	20-40	Grande Quantidade	>50%	0 a 0,2	Muito Argilosa 2:1	Mal Drenada
Extremamente Forte	>40	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de BRASIL (1972); Ramalho Filho & Beek (1995); SNLCS Manual Classificação de Solos; Lepsch et al. (1991); EMBRAPA-CNPS (1999).

3.3.3.1. Classificação de terras para mecanização – pressupostos

A classificação proposta neste trabalho corresponde a uma interpretação técnica-interpretativa, que visa agrupar tipos de solos em relação à adequação a prática de preparo convencional mecanizado, sem considerar variações de condições climáticas e, ou, alternativas outras de uso e preparo de solo. Aplicada a um levantamento de solos do nível exploratório-reconhecimento, os resultados obtidos incorporam as abstrações impostas por este tipo de trabalho.

Baseada em atributos da terra facilmente obtidos ou estimados, relacionados à prática de preparo de solo mecanizada, a classificação proposta, pretende, de forma preliminar e exploratória, ser uma ferramenta técnica auxiliar, norteadora de práticas agrícolas mecanizadas para o Estado da Paraíba.

À aplicação desta classificação admite os seguintes pressupostos:

1. A ordenação e o enquadramento das terras devem ser feitos, segundo a adequação ao preparo convencional para o plantio de culturas anuais, utilizando-se arado e grade de discos e trator de média potência, máquinas e equipamentos, mais comumente utilizados na agricultura do Estado;

2. A profundidade limite, adotada para avaliação do grau de impedimento a mecanização, devido à pedregosidade e a textura, é de 40 cm, por se considerar que este é o alcance máximo de penetração dos referidos implementos no solo;

3. A profundidade efetiva e não a profundidade do solo foi considerada como parâmetro de avaliação para a mecanização, mais pelo efeito de conservação do solo, do que pelas condições de resistência a mecanização;

4. Os valores limites das classes relativas à declividade são adotados da classificação conservacionista de Capacidade de Uso, considerando-se que estas classes têm uma relação direta com o grau de dificuldade de trabalho com máquinas agrícolas;

5. A drenabilidade do solo foi obtida da descrição pedológica do perfil, independente das variações climáticas, relativas à duração e a frequência da precipitação e da capacidade de armazenamento de água do solo;

6. Unidades de mapeamento, na maioria dos casos, representam associações de classes de solos.

A interpretação dos atributos diagnósticos para o enquadramento das terras foi feito para a classe de solo representativa de cada unidade de mapeamento. Com o cruzamento com as classes de declividade, unidades de mapeamento foram fracionadas gerando algumas classes e subclasses falsas de terras para mecanização, uma vez que, quase sempre, variações de declividade representam mudanças de classes de solo, não identificadas por esta metodologia.

3.3.3.2. Definição das classes e subclasses de terras para mecanização

A classificação de terras para mecanização é composta de dois níveis categóricos, classes e subclasses. A exemplo da Classificação de Capacidade de Uso das Terras (Lepsch et al, 1991), as Classes de Terras para Mecanização são definidas pelo mais alto grau de limitação imposto por um, ou mais, atributo diagnóstico. As classes de terras para mecanização são em número de seis, e são representadas por números romanos, de I a VI, sendo assim, definidas por este trabalho:

Classe I – São terras que não apresentam nenhuma restrição ao preparo mecanizado, apresentando um grau de limitação à mecanização nula, para todos os atributos diagnósticos considerados na classificação. Ou seja, declividade inferior a 3%, ausência de pedras, profundidade efetiva superior a 80 cm, textura arenosa e drenagem forte a acentuada.

Classe II – São terras que apresentam um ou mais atributos diagnósticos com um grau de limitação considerado ligeiro. Ou seja, declividade entre 3% a 6%, poucas pedras na superfície ou até 5% da massa do solo, profundidade efetiva entre 60cm e 80cm, textura média/siltosa e bem drenado.

Classe III – São terras que apresentam um ou mais atributos diagnósticos com um grau de limitação considerado moderado. Ou seja, declividade entre 6% a 12%, muitas pedras na superfície ou até 20% da massa do solo, profundidade efetiva entre 40cm e 60cm, textura argilosa e moderadamente drenado.

Classe IV – São terras que apresentam um ou mais atributos diagnósticos com um grau de limitação considerado forte. Ou seja, declividade entre 12% a 20%, bastante pedras na superfície ou até 50% da massa do solo, profundidade efetiva entre 20cm e 40cm, textura muito argilosa ou argilosa 2:1 e imperfeitamente drenado.

Classe V – São terras que apresentam um ou mais atributos diagnósticos com um grau de limitação considerado muito forte. Ou seja, declividade entre 20% a 40%, grande quantidade de pedras na superfície ou mais de 50% da massa do solo, profundidade efetiva de 0cm e 20cm, textura muito argilosa 2:1 e mal drenada.

Classe VI - São terras que apresentam declividade superior a 40%, independente do grau de limitação dos demais atributos diagnósticos.

As Subclasses são subdivisões das Classes, e especificam a natureza, ou naturezas, dos seus fatores limitantes. A representação da subclasse é feita utilizando-se letras minúsculas, em seguida do número da classe, obedecendo a seguinte ordem hierarquicamente de representação: declividade (d), profundidade (p), pedregosidade (s), textura (t) e drenabilidade (a).

A classe I, como não tem fator limitante, não tem subclasse.

A classe VI, obrigatoriamente, tem a declividade como fator limitante, em grau extremamente forte.

As demais classes apresentam subclasses, sendo representados, apenas, os três primeiros fatores limitantes, na ordem decrescente do grau de limitação. Para um mesmo grau de limitação, é obedecida a seqüência da ordenação dos fatores limitantes, apresentada acima. Para representar fatores limitantes, em diferentes graus de limitação, utiliza-se uma, ou mais vírgulas. Exemplos:

IVdsa: subclasse com fatores limitantes de mesmo grau de limitação, forte;

IVds,a: subclasse com fatores declividade e pedregosidade em grau forte e drenabilidade, moderado, e

IVd,,sa: subclasse com fator declividade em grau forte e pedregosidade e drenabilidade em grau moderado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos estão apresentados de forma sequenciada, de acordo com os procedimentos adotados no processamento, interpretação e classificação dos dados.

4.1. Ajustes do mapa de solos

Utilizando-se da superposição digital dos mapas de relevo, obtido da base de dados SRTM, sobre o mapa de solos do Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba de BRASIL (1972), na escala de 1:500.000, observou-se que, muitos dos polígonos referentes às unidades de mapeamento de solos, estavam deslocados, ou não correspondiam exatamente, em forma e em tamanho, as descrições do relevo das unidades de mapeamento; desta forma, ajustes foram feitos, quando possível, delimitando-se unidades de solos pelos padrões de relevo, descritos para os componentes das associações (Figura 14). Tal fato pode estar relacionado às distorções e ajustes da fotointerpretação e representação cartográfica utilizados na montagem do mapa de solos da Paraíba de BRASIL (1972) (Apêndice B).

Outro fator que causou modificação nas unidades de mapeamento dos solos foi à atualização dos limites do Estado, com base no mapa digital do IBGE (2001). Fato que provocou alterações da área do estado com um aumento em 52,5 km², modificando principalmente as áreas das unidades de solos contíguas aos Estados vizinhos.

A unidade de mapeamento de solo, Re₁₈, representativa da associação de solos Neossolos Litólicos Eutrófico (RLe) e Afloramento de Rochas, com 79 ocorrências, que em grande parte descrevem linhas de serras, ou serras isoladas comuns em toda a depressão Sertaneja foi o exemplo mais frequente e de fácil visualização e correção, pelo contraste com as áreas de relevo mais suaves do entorno. Observa-se no Quadro 6, que com este procedimento, ocorreu um aumento da área desta unidade de mapeamento, de 1.194,5 Km², que corresponde a um percentual de 8,45% de aumento. Esta unidade ocupa no Estado uma área 15.325 Km², que corresponde a 27,16% do seu território.

Pode-se observar que devido a este aumento de área da unidade Re₁₈, ocorreu, proporcionalmente, uma diminuição significativa dos Luvisolos (TCo e TPo), uma vez que, com maior frequência estes solos estão anexos ou circundam os polígonos dos Neossolos Litólicos, como se pode observar no mapa de Solos do Estado (Figura 12).

Outras unidades de mapeamento possíveis de serem corrigidas foram as áreas de ocorrência dos Latossolos (LVd₁, LVd₂, LVe₂ e LVe₃), situadas nas regiões Serras e Brejo (Figura 11). Estas são unidades de mapeamento simples, formadas apenas por uma classe de solo, o Latossolo, que tem como característica, ser normalmente planos, muito profundos, muito porosos, acentuadamente ou fortemente drenados (EMBRAPA, 1999a). No caso da ocorrência destes solos na Paraíba, que ocupam a posição de topo aplainado de serras, contrastando com o relevo das escarpas, os seus limites, foram facilmente identificados. Para estes solos ocorreu uma diminuição da área mapeada, de 36,41 Km², que corresponde a uma redução percentual de 12,5% da área anteriormente mapeada, como se pode observar no Quadro 6.

Alterações dos limites do Estado, devido à atualização do mapa de solo pelo mapa dos municípios do IBGE de 2001, promoveram alterações de áreas de unidades que ocorrem ao longo das divisas do Estado. Unidade de Planossolo que ocorre na divisa com o Rio Grande do Norte, a nordeste, diminuiu em 13,4% e Areias Quartzosas (AM - Marinhas Distróficas, AMd - Dunas e AQd - Distróficas), próximo ao litoral, em 8,3%; unidades de Luvisolos associados à solos Litólicos relevo forte ondulado, que ocorrem ao longo das divisas, nas regiões do Cariri e Sertão, sofreram redução de área de 3,5%. Área de Cambissolos (Ce₁) que ocorrem sobre o planalto de Princesa, no Cariris de Princesa, na divisa com o Estado de Pernambuco, aumentaram em 11,8%.

Quadro 6. Classes de solos com suas respectivas áreas de ocupação espacial

Classes de solos	N.º de Polígonos	Área Anterior		Área atual		Diferença	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
Areias Quartzosas (AM - Marinhas Distróficas, AMd – Dunas e AQd - Distróficas)	8	1256,7	2,23	1152	2,04	-105	-8,3
Bruno não Cálcico (NC)	18	22160	39,31	21386,5	37,9	-773	-3,5
Cambissolo (Ce - Eutrófico)	3	430	0,76	480,6	0,85	51	11,8
Latosolo (LVd-Latosol Vermelho Amarelo Distrófico e LVe-Latosol V.A. Eutrófico)	8	291,2	0,52	254,8	0,45	-36	-12,5
Litólico (Re - Eutróficos)	122	14130,5	25,07	15325	27,16	1194	8,5
Planossolo (PL - Solódico)	1	87,5	0,15	75,8	0,13	-12	-13,4
Podzol Hidromórfico (HP)	1	275	0,49	274,6	0,49	-0,4	-0,1
Podzólico Vermelho Amarelo (PV e PE - Equivalente Eutrófico)	33	10022,7	17,8	10015,7	17,75	-7	-0,1
Regossolo (REd Distrófico e REe Eutrófico)	11	2009,2	3,56	1983,2	3,51	-26	-0,1
Solonetz Solodizado (SS)	7	3495	6,2	3435,7	6,09	-59	-1,7
Solos Aluviais (Ae - Eutróficos)	1	150	0,26	145,5	0,26	-4	-3
Solos Gley Distróficos (HGd - Indiscriminado)	2	64	0,11	60,9	0,11	-3	-4,8
Solos Indiscriminados de Mangue (SM)	9	140	0,25	134	0,24	-6	-4,3
Terra Roxa Estruturada (TRe - Eutrófica)	2	292,5	0,52	296,3	0,52	4	1,3
Vertissolo (V)	4	1462,5	2,59	1367,9	2,43	-95	-6,5
Águas interiores		105	0,18	35,9	0,07	-69	-65,8
Total Geral	230	56372	100	56424,5	100	52,5	0

Fonte: BRASIL (1972)

SOLOS DO ESTADO DA PARAIBA

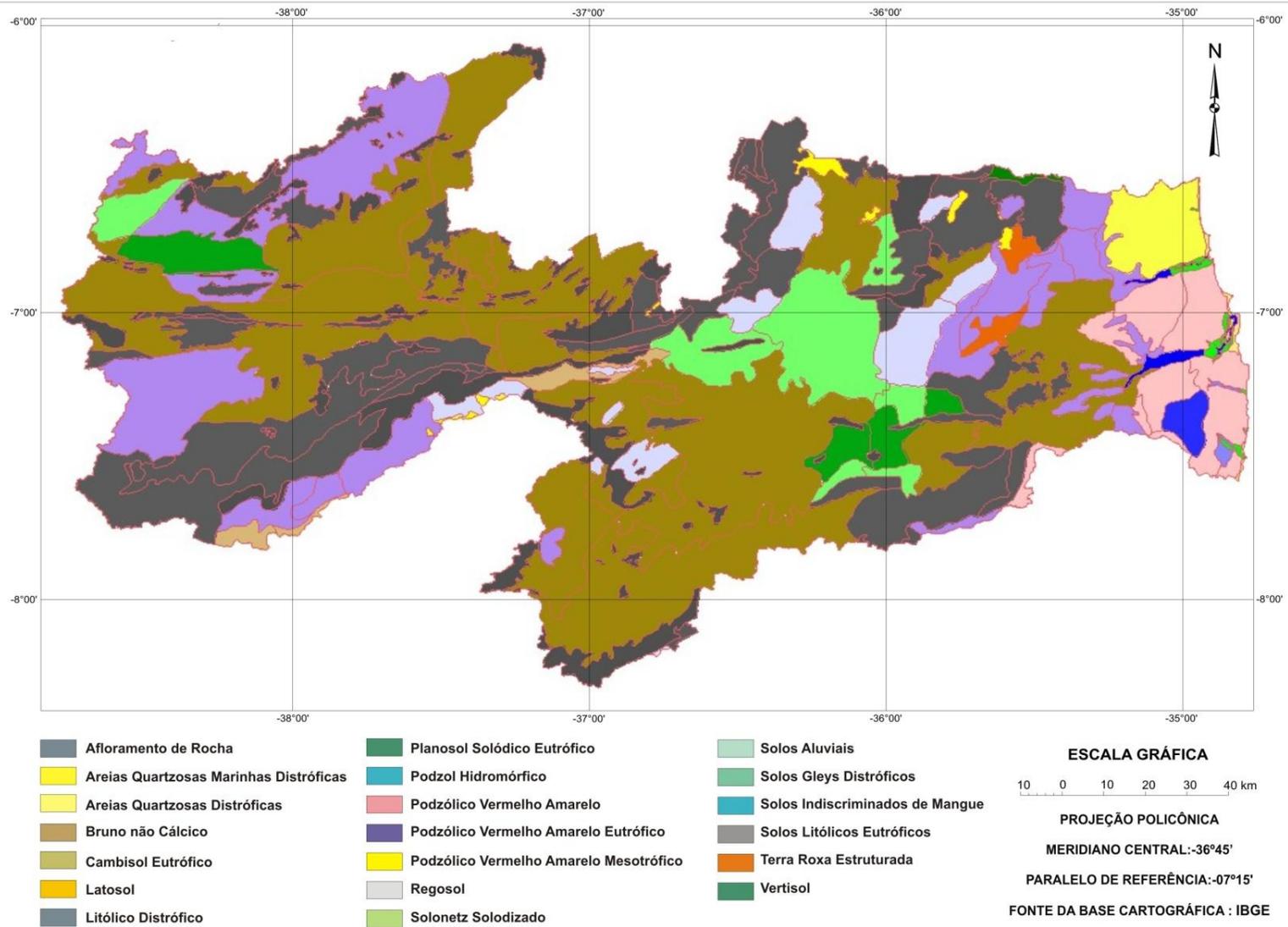


Figura 14. Mapa de solos do Estado da Paraíba atualizado.

4.2. Mapa de drenagem

O solo é considerado um reservatório natural de água para as plantas. (Jury et al, 1991, apud Loyola & Prevedello, 2003). Este sofre influências das práticas agrícolas, uma vez que, estas podem alterar suas características de superfície, fazendo diminuir a quantidade de água de infiltração, aumentando o escoamento e acelerando a erosão. Uma vez no solo, a distribuição da água se dá pelas forças de adsorção e capilaridade dos componentes orgânicos e minerais (potencial matricial) que determinam a permeabilidade de cada horizonte ou camada do solo. Para condição de solo saturado, a força gravitacional é que determina o fluxo da água, que pode drenar lateralmente, ou em profundidade, através da rocha subjacente. A drenagem refere-se à rapidez com que a água, movida pela gravidade, é retirada do perfil do solo. Esta dependerá da permeabilidade da rocha ou a de alguma camada ou sub-horizonte do perfil, de menor fluxo drenante (Silva et al. 2009).

Como se pode observar no Quadro 7, a classe Nula de impedimento à mecanização corresponde às classes fortemente a acentuadamente drenado, descritas por BRASIL (1972). Abrange, proporcionalmente, a menor área, 18,7 % do Estado. Corresponde em sua maioria, a solos com características de textura arenosa e ou média. Nas regiões mais úmidas do Litoral, ao sul, os Argissolos Vermelho Amarelos (PAd), planos, profundos e imtemperizados (latossólicos), ao norte, o Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), as conhecidas Areias Quartzosas distróficas e em área contígua, do Agreste Acaatingado, o Argissolo Vermelho Amarelo (PAd) e Neossolo Litólicos (RLe) textura arenosa e/ou média, este ocorrendo no sopé do Planalto da Borborema, da cidade de Belém à cidade de Tacima, na divisa com o Rio Grande do Norte.

Outras unidades de mapeamento, representativas da classe Nula de impedimento à mecanização devido a drenagem, oferecendo uma maior facilidade para as práticas de aração e gradagem do terreno, são os solos Neossolos Regolíticos (RRe), da região Agreste, distróficos nas áreas mais úmidas, no entorno da cidade de Esperança, e Eutróficos nas áreas mais secas, no entorno da cidade de Arara, ocorrendo também, em posições elevadas de divisor aplainado de bacias hidrográficas, sobre o Planalto da Borborema e em algumas áreas do Sertão não mapeadas pela base de dados utilizada por este trabalho. Cavalcante et al, (2005) em sua consideração sobre os Neossolos Quartzarênico Órtico típico (RQo) afirma que estes solos têm baixa capacidade de retenção de água, e apresentam drenagem excessiva devido a sua textura arenosa, sendo contudo, facilmente mecanizados.

Distribuídas de forma difusa, em diferentes regiões do Sertão, Cariris e Serras ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos (RLe), com textura arenosa e/ou média, que, associada a forte declividade, apresentam-se com drenagem forte à acentuada. Os Neossolos são solos pouco evoluídos e que não apresentam um horizonte B diagnóstico. O horizonte A assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr, e apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 1999a).

Ocorrendo também, em unidades isoladas, está associada à classe Nula de impedimento a mecanização devido à drenagem, as unidades de Latossolos Vermelho Amarelo eutrófico textura média (LAd), que ocorrem na região Serrana e no Cariri de Princesa, região de Teixeira, divisa com o Estado de Pernambuco; bem como, nesta mesma região os Cambissolos Eutróficos latossólicos (Cxbe), textura média, na proximidade da cidade de Princesa Isabel. Observa Pinto (2003) que os Latossolos são solos que ocorrem, normalmente, nas posições mais estáveis da paisagem, têm alta taxa de infiltração, têm boa capacidade de retenção de água, são profundos e acentuadamente drenados. Estes solos variam de fortemente a bem drenados, são normalmente profundos, sendo a espessura do *solum* raramente inferior a um metro e são típicos de regiões tropicais (EMBRAPA, 2006a).

A classe Ligeira de impedimento à mecanização corresponde à classe de drenagem Bem Drenada (Quadro 7), compreendendo 32,2% da área do Estado, que corresponde a 18.167 Km². São os principais representantes desta classe de impedimento à mecanização, os Luvisolos Crômicos típicos (Tco) das regiões do Alto Sertão e Baixo Sertão do Piranhas, ocorrendo também na região do Cariris de Princesa, nas cabeceiras do rio Paraíba; os Argissolos Vermelho Amarelo textura argilosa cascalhenta (PVAe) com ocorrência, do Alto Sertão, região de Souza, ao Baixo Sertão de Piranhas, região de Catolé do Rocha, e unidades com caráter órtico e com textura média, que ocorrem sobre o planalto, na região dos Cariris de Princesa.

No Litoral a classe Ligeira de impedimento à mecanização, devendo oferecer uma resistência ligeira as ações de aração e gradagem das terras, está relacionada aos Argissolos Vermelho Amarelo com fragipan, textura indiscriminada e/ou média (PAd). Aos Neossolos Regolíticos mais rasos e Neossolos Litólicos textura média fase pedregosa (RRe) nas regiões do Seridó, Curimataú e Serras e aos Litólicos (RLe) nos contrafortes orientais da Borborema na região do Agreste Acaatingado (Figura 15). Fazem parte desta classe também, o solo denominado de Terra Roxa Estruturada Similar, reclassificada como Argissolo Vermelho Eutrófico abrupto (LAd) (Campos e Queiroz, 2006), localizado na

transição entre as regiões do Brejo e Agreste Acaatingado e o Latossolo Amarelo Distrófico argissólico de Cuité.

A classe Moderada de impedimento à mecanização corresponde aos solos descritos como Moderadamente Drenados (Quadro 7), que ocupam 11.548 Km², correspondendo a 20,46% da área do Estado. São eles os Luvisolos Hipocrômico Órtico típico (Tco), com caráter planossólico, segundo BRASIL (1972), do Agreste Acaatingado e os Argissolos Vermelho Amarelo (PVAd), com A proeminente e relevo forte ondulado a montanhoso, da região do Brejo Paraibano. Nas regiões do Curimataú são representantes o Planossolo Háptico Eutrófico típico (Sxe), classificados como Bruno Não Cálcico vértico (BRASIL, 1972) e o Neossolo Litólico Eutrófico típico (RLe), originados de biotita-xisto, que também ocorre em relevo forte ondulado, nas proximidades da cidade de Picuí, na região do Seridó.

Na região do Sertão, a classe Moderada de impedimento à mecanização, devido à drenagem, está representada pelos Neossolos Litólicos originados de filito e xisto, que se distribuem ao longo da encosta do planalto de Princesa, na área de transição para Baixo Sertão de Piranhas, na bacia do rio Piancó, estendendo-se do município de Patos a cidade de Conceição, no Alto Sertão, no extremo sudoeste do Estado (Figura 15).

A classe Forte de impedimento à mecanização devido à drenagem corresponde aos solos descritos como Imperfeitamente Drenados, que ocupam no Estado, uma área de 15.916 Km², que corresponde a 28,2% do território paraibano. Para Cavalcante et al. (2005) solos imperfeitamente drenados da região semiárida são normalmente pouco profundos e apresentam horizontes subsuperficiais com má condição física, associados a elevados teores de sódio trocável.

Em grande parte, os solos desta classe de impedimento, encontram-se na região do Cariris do Paraíba, nas bacias do Alto Paraíba e Taperoá, representados pelos Luvisolos Crômico vértico, anteriormente denominados de Bruno Não Cálcico vértico (BRASIL, 1972) e o Planossolo Nátrico Órtico típico, denominados de Solonetz Solodizado, em BRASIL (1972).

No Alto Sertão os solos descritos como imperfeitamente drenados são representados pelos Vertissolo Cromado Órtico solódico (Vco), de Souza, e o Planossolo Nátrico Órtico típico (Solonetz Solodizado), de Uiraúna. E na região do Baixo Sertão de Piranhas e Seridó, os Luvisolos Crômicos Órticos típicos.

Como classe Especial, em termos de drenagem, foram consideradas as áreas de mangue e dunas.

Quadro 7: Distribuição das classes de drenagem dos solos no Estado da Paraíba

Classes de Drenagem	Classes de Impedimentos à Mecanização	Tipo de solo	Localização	Área (km ²)	Área (%)
Fortemente/ Acentuadamente	Nula	RQo	Litoral	10.541,00	18,7
		PAd	Litoral e Agreste		
		RRe	Agreste		
		RLe	Borborema/Sertão/Cariris/Serras		
		PVAd	Borborema		
		RRd	Borborema e Sertão		
		CXbe	Cariris de Princesa		
		PVAe			
Bem drenada	Ligeira	PAd	Litoral	18.167,00	32,2
		PVe	Brejo/Agreste		
		LAd	Serras		
		RRe	Agreste Acaatingado/Serras/Curimataú/ Sertão do Seridó		
		RLe			
		TCo	Alto Sertão/Baixo Sertão/ Cariris de Princesa		
PVAe					
Moderadamente	Moderada	TCo	Agreste Acaatingado	11.548,00	20,46
		PVAd	Brejo		
		TPo	Curimataú		
		RLe	Curimataú/Sertão/Baixo Sertão/ Alto Sertão		
Imperfeitamente	Forte	SNo	Cariris do Paraíba/Alto Sertão	15.916,00	28,2
		TPo	Cariris de Princesa		
		Vco	Alto Sertão		
Mal drenada	Muito Forte	-	-	0	0
	Especial			217	0,38
	Água			35	0,06
Total				56.424,00	100

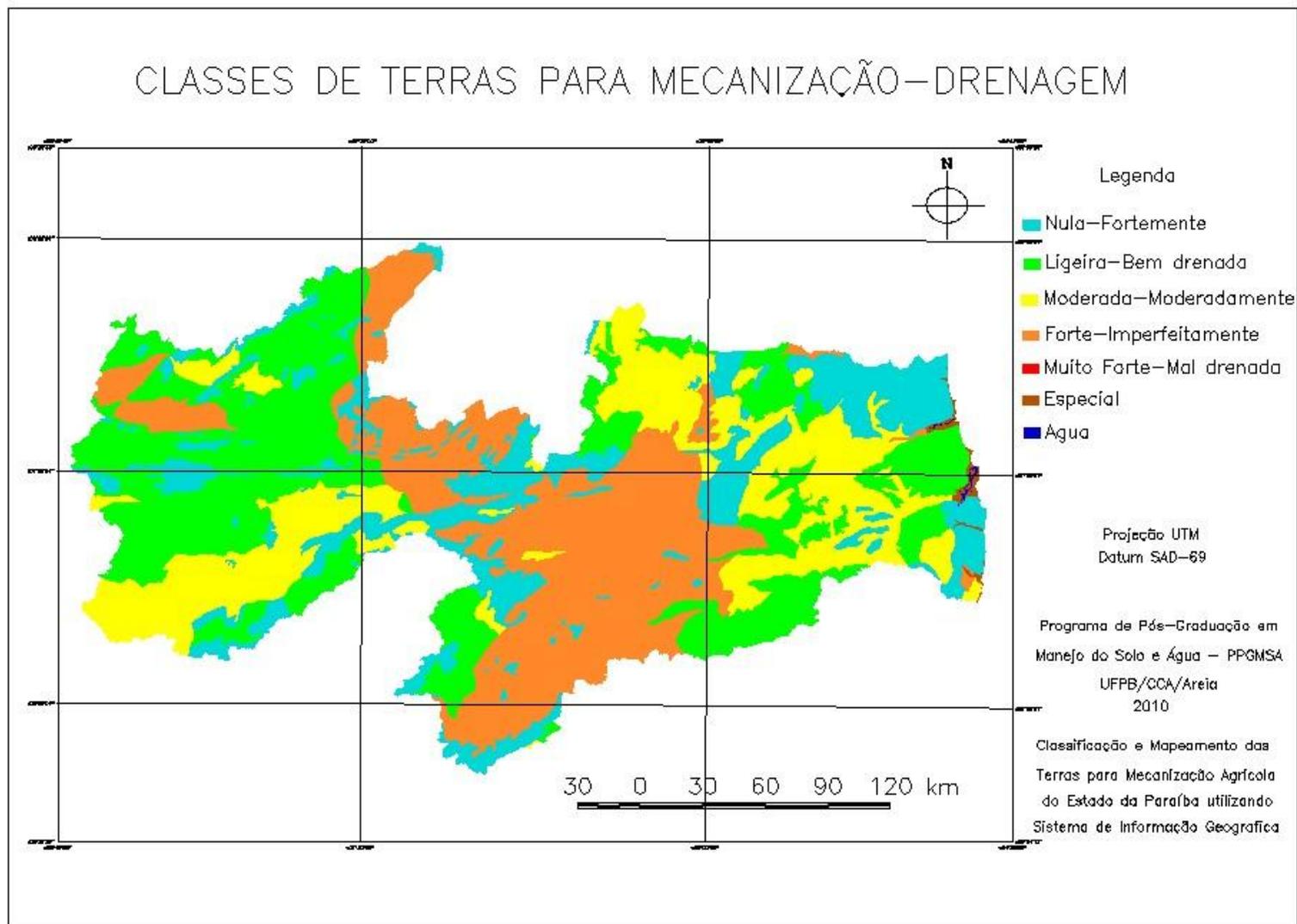


Figura 15. Mapa de classes de terras para mecanização devido à drenagem dos solos do Estado da Paraíba.

4.3. Mapa de textura

A textura do solo refere-se à proporção relativa das frações granulométricas que compõem a massa do solo. É considerada uma característica básica do solo porque não está sujeita a mudança, podendo servir como critério para sua classificação. O uso e o manejo do solo afetam muito pouco a textura, implicando dizer que na propriedade rural, em áreas com a mesma classe textural, as variações da qualidade física estão associadas a outros atributos do solo (Reinert & Reichert, 2006).

No Quadro 8, pode-se observar que a classe Nula, de impedimento à mecanização devido à textura, e de acordo com os critérios estabelecidos, são solos que se apresentam altos teores de areia (textura arenosa), abrange 27,2% das terras da Paraíba. De acordo com os critérios estabelecidos por esta classificação, são solos que apresentam mais de 45% de areia e menos de 35% de argila, nos horizontes e sub-horizontes até 40 cm de profundidade; condições que deve oferecer uma baixa resistência trativa, nas práticas de aração e gradagem do terreno.

São representantes da classe Nula devido à textura, os Argissolos Vermelho Amarelo (PAd) e Neossolos Quartzarênico dos Tabuleiros (RQo), no Litoral (Figura 16); os Argissolos Vermelho Amarelo do Agreste Acaatingado, localizados ao sul, na região polarizada pela cidade de Guarabira; sobre o Planalto da Borborema, os Neossolos Regolíticos do Agreste e de unidades de mapeamento que ocorrem em posições interiores e elevadas, nos divisores de drenagem, nos limites das regiões do Curimataú e Cariris do Paraíba com o Seridó, e na região do Cariris de Princesa nos limites com o Estado de Pernambuco; e, de forma difusa, ocorrendo nas diversas regiões do Estado, com exceção do Litoral, os Neossolos Litólicos com textura arenosa e franco arenosa, originados de gnaisses e granito e de biotita-xisto (BRASIL, 1972).

A classe Ligeira de impedimento à mecanização devido à textura compreende uma área de 14,02% do Estado (Quadro 8). Nesta classe, a textura dos horizontes e sub-horizontes superficiais dos solos, até a profundidade de 40 cm, devem apresentar teores de areia e de argila, inferiores a 45% e 35%, respectivamente, devendo oferecer uma resistência ligeira as ações de aração e gradagem das terras.

Os solos que, predominantemente, apresentam estas condições no Estado são os Neossolos Litólicos Eutróficos com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa caatinga hipoxerófila relevo ondulado e em relevo forte ondulado e montanhoso substrato gnaisses e granito, que ocorrem no Cariris do Paraíba, no limite com o Agreste Acaatingado, na divisa com o Estado de Pernambuco e nas regiões geográficas do

Curimataú e Serras, no limite com o Rio Grande do Norte; e os Neossolos Litólicos Eutróficos textura média fase pedregosa e rochosa originados de filito e xisto, que ocorrem na região do Baixo Sertão do Piranhas em relevo suave ondulado e ondulado e nas áreas contíguas da encosta do Planalto, em relevo forte ondulado e montanhoso, ao longo das regiões do Cariris de Princesa e do Alto Sertão.

Em menores áreas de ocorrência, esta classe de textura ocorre também no Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico com A proeminente textura argilosa fase floresta subperenifólia, associados a Solos Litólicos de gnaisses e granito, da região do Brejo; em Cambissolos Eutróficos, ao longo do planalto, na região do Cariris de Princesa e no Alto Sertão, na bacia do Rio do Peixe, divisa com o Estado do Ceará, em Planossolo Solódico textura indiscriminada fase caatinga hiperxerófila relevo plano substrato arenito e folhelho.

A classe Moderada de impedimento à mecanização devido à textura é a de maior expressão geográfica no Estado, ocorrendo em 39,05% do seu território. Para a classificação utilizada, foram considerados os solos com 35% a 60% de argila de atividade baixa, definida, segundo o critério utilizado pela Classificação Brasileira de Solos (Embrapa, 2006), que estabelece valores iguais ou menores que 27 cmol_c/kg de argila.

A classe textural Moderada ocorre em todas as regiões geográficas do Estado, sendo representada pelos Argissolos Vermelho Amarelo Eutrófico com A proeminente textura argilosa fase floresta subcaducifólia, das regiões mais secas do Litoral transição para o Agreste Acaatingado e do Brejo; por Argissolos Vermelho Amarelo Eutrófico orto fase floresta caducifólia e caatinga hipoxerófila das regiões do Alto Sertão e do Cariris de Princesa nas posições mais elevadas e com relevo variando de ondulado a montanhoso e por Argissolos Vermelho Amarelo Eutrófico textura argilosa cascalhenta associados a solos raso textura média cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo ondulado substrato gnaisses e granito, que ocorrem da região do Alto Sertão, proximidades da cidade de Souza, ao Baixo Sertão de Piranhas, região polarizada pela cidade de Catolé do Rocha.

Outro solo de grande expressão da classe textural Moderada é o Luvisolo Crômico Órtico vértico que ocorrem em ampla extensão sobre o planalto da Borborema, nas regiões dos Cariris de Princesa e do Paraíba a região do Curimataú, e nas áreas de cotas mais baixas das regiões do Baixo Sertão do Piranhas e Seridó. E por fim, o Planossolo Nátrico Órtico típico, que ocorrem nas regiões dos Cariris do Paraíba e Curimataú. Este solo apesar de apresentar um horizonte superficial franco arenoso, apresenta uma resistência moderada a mecanização, devido à influência do horizonte argiloso e nátrico de subsuperfície.

A classe Forte de impedimento à mecanização devido à textura ocorre em 19,25% do Estado, correspondendo a uma área de 10.864 km². Esta classe textural é caracterizada

por solos que apresentam teores de argila igual ou maior que 60%, ou de 35% a 60% de argila de atividade alta, em algum horizonte ou sub-horizonte superficial, até 40 cm de profundidade.

A classe textural Forte de impedimento à mecanização devido à textura na região do Litoral, que de acordo com a classificação utilizada foram considerados os solos Argiloso 2:1 e/ou muito Argiloso, ocorre nos Neossolos Flúvicos argilosos, das várzeas dos rios Paraíba e Mamanguape. Na região do Agreste Acatingado a classe Forte de impedimento à mecanização está relacionada à ocorrência do Luvisso Crômico Planossólico, que ocorrem nas bacias dos rios Mamanguape, Gurinhem e acompanha a área a margem esquerda do rio Paraíba, até o sopé do Planalto da Borborema, no município de Ingá. Este solo embora apresente um horizonte A, com textura franco arenosa, a franco argila arenosa, este é pouco espesso e muitas vezes ausente, devido à erosão. Neste caso, o horizonte argílico subsuperficial, com argila de atividade alta, é quem determina a resistência à mecanização.

Em área contígua, já nos contraforte da Borborema, adentrando na região do Cariris do Paraíba a classe forte de textura é representada pelos Vertissolos, Ebânico de cores cinza escuras, e Cromado, de cores avermelhadas. Estes solos são caracterizados por apresentarem argilas expansivas, serem muito plásticos e pegajosos (BRASIL, 1972) dificultando assim, a utilização de equipamentos mecânicos para práticas de preparo e cultivo. Vertissolo Cromado também ocorre na região do Alto Sertão, abrangendo as áreas sedimentares dos rios Piranhas e do Peixe, nas proximidades da cidade de Souza.

Outro solo representativo da classe Forte de Textura é o Luvisso Crômico relevo suave ondulado e ondulado, que ocorre associado à Neossolos Litólicos e Luvisso Crômico vértico e ocupa uma grande área das regiões do Alto Sertão e Baixo Sertão de Piranhas. Este tem representação também na região dos Cariris de Princesa, cabeceiras do rio Paraíba, na divisa com o Estado de Pernambuco. Da mesma forma, que os Luvisso do Litoral, estes solos apresentam um horizonte A superficial, de pouca espessura, expondo assim, o horizonte subsuperficial argílico as práticas de mecanização.

No Estado da Paraíba a ordem dos Argissolos corresponde à terceira ordem mais abrangente. A de textura arenosa ou média desses solos facilita seu preparo para o plantio, contudo, nos de textura argilosa em superfície e, especialmente nos de argila de atividade alta, que, a maior consistência (> adesão, coesão, plasticidade e pegajosidade) se reflete em maior dificuldade no preparo do terreno para o plantio, especialmente para os agricultores que só dispõem de tração animal.

Quadro 8: Distribuição das classes de textura dos solos no Estado da Paraíba

Classes de Textura	Classes de Impedimentos à Mecanização	Tipo de solo	Localização	Área (km ²)	Área (%)
Arenosa	Nula			15.365,00	27,24
Média/Siltosa	Ligeira	RLq	Alto Sertão/	7.913,00	14,02
		RLe	Sertão do Seridó/		
		Rre	Cariris de Princesa		
		CXve			
		RRq			
		RQo	Brejos		
		PVAd			
		PACd			
Argilosa	Moderada	PVe	Alto Sertão/ Baixo Sertão do Piranhas/Brejos	22.030,00	39,05
		PAd	Litoral		
		PVAe	Cariris de Princesa/Brejos/Agreste Acaatingado		
		TCo	Baixo Sertão Piranhas		
		TPo	Cariris do Paraíba		
		SNo	Sertão do Seridó/Cariris do Paraíba/Curimataú		
		RUve	Litoral		
Argilosa 2:1/ Muito Argilosa	Forte	TPo	Agreste Acaatingado	10.864,00	19,25
		VEo	Cariris do Paraíba/Alto Sertão		
		VCo			
		RLe	Alto Sertão/Baixo Sertão do Piranhas/Cariris de Princesa		
		TCo			
Muito Argilosa 2:1	Muito Forte	-	-	0	0
	Especial			217	0,38
	Água			35	0,06
Total				56.424,00	100

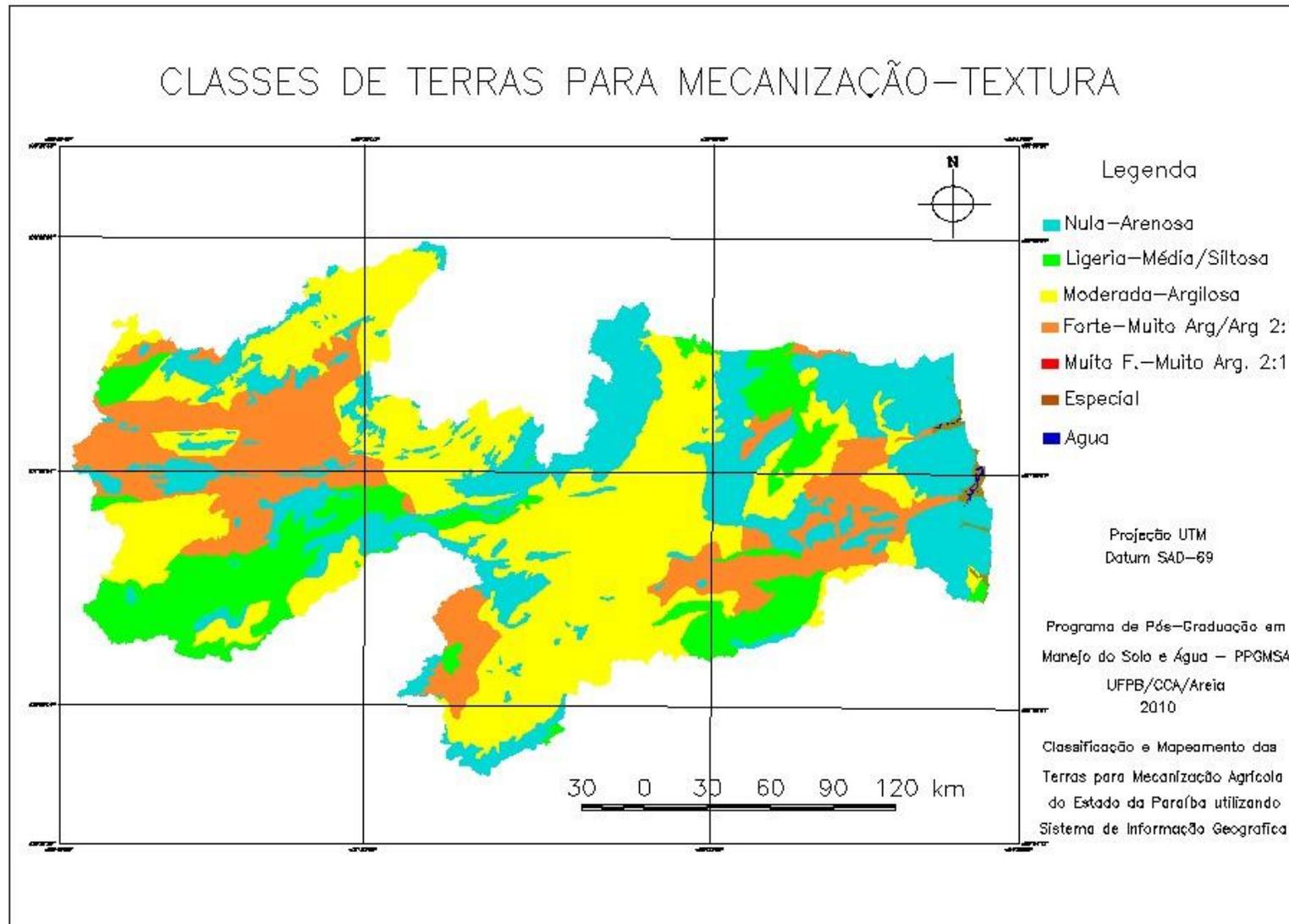


Figura 16. Mapa de classes de terras para mecanização devido à textura dos solos do Estado da Paraíba.

4.4. Mapa de profundidade efetiva

A profundidade efetiva refere-se à profundidade máxima que a maioria das raízes penetra livremente no corpo do solo, sem impedimentos, proporcionando às plantas suporte físico e condições para absorção de água e nutrientes (Lepsch, 1991).

Como se pode observar no Quadro 9, os solos considerados Muito Profundos, e, portanto, que apresentam o grau de impedimento Nulo em relação ao preparo mecanizado, abrange uma área de 9.185,0 Km², que representa 16,28% do território do Estado. Comparando-se o mapa das classes de profundidade efetiva, Figura 17, com o mapa de solos do Estado, Figura 12, pode-se observar que os solos considerados como muito profundos correspondem praticamente a todos os solos das classes dos Argissolos (PAd) que ocorrem na região do Litoral, Agreste Acaatingado e Brejo. No Litoral está incluída também, a unidade do Podzol Hidromórfico ao sul, e do Neossolo Quartzarênico (RQo) ao norte.

Sobre o Planalto da Borborema inclui-se na classe Nula de impedimento à mecanização, as unidades de mapeamento representadas pelas classes dos Neossolos Regolíticos (RRq) que predominam na região do Agreste e em unidades isoladas nos divisores de bacias, entre as regiões do Seridó com as regiões do Curimataú e Cariris do Paraíba; na região de Serras, proximidade da cidade de Araruna, e na região do Cariris de Princesa. Nesta mesma região são incluídos como muito profundos, os solos das classes Cambissolo Latossólico (Cxbe), Latossolo Vermelho Amarelo eutrófico textura média (PVAe) e Argissolos Vermelho Amarelo orto textura média (PVAe), com exceção da unidade Argissolo Vermelho Amarelo orto, que ocorre no entorno da cidade de Água Branca, que é mais raso, e tem relevo ondulado à forte ondulado.

A classe Ligeira de impedimento à mecanização é representada por solos considerados Profundos, ou seja, que apresentam uma profundidade efetiva entre os 60cm e 80cm. Esta classe de solos abrange apenas a 635,0 Km² de superfície, que corresponde a 1,12% do território estadual. Foram classificados nesta classe de impedimento à mecanização apenas as unidades representadas pelos Argissolos Vermelho Amarelo textura argilosa, que ocorrem em áreas descontínuas na região dos Tabuleiros, na transição para o Agreste Acaatingado, e nesta região, em área piemontina, na transição para a região do Brejo, em unidade alongada na direção norte para o sul, que tem como centro a cidade de Guarabira.

A classe Moderada de impedimento à mecanização devido à profundidade efetiva (Quadro 9) corresponde aos solos da classe Moderadamente Profundo, entre 40 cm e 60

cm de profundidade efetiva. Na Paraíba, ocupam uma área de 14.748 Km² que correspondem a 26,14% do seu território.

No Litoral, apenas os solos Neossolos Flúvicos das várzeas do rio Paraíba e do Mamanguape são da classe Moderada. Na região do Agreste Acaatingado são desta classe de profundidade efetiva os Luvisolos Hipocrômico Órtico típico (TPo), reclassificados por Campos e Queiroz (2006), contudo em BRASIL (1972), é ressaltado o seu caráter planossólico. São solos com grande representatividade geográfica nesta região.

É desta classe de profundidade efetiva o Neossolo Litólico Eutrófico léptico, com horizonte A fraco e textura arenosa. Ocorre contíguo a região do Agreste Acaatingado, na parte baixa da região do Curimataú. Compreende a unidade de mapeamento que abrange as cidades de Belém, Caiçara e Tacima, indo até a divisa com o Estado do Rio Grande do Norte.

Com o maior número de ocorrência no Estado, o Neossolo Litólico Eutrófico (RLe) textura arenosa e/ou média fase pedregosa e rochosa, originado de gnaisses e granito, foi descrito como sendo da classe Moderada de limitação à mecanização. São solos que ocorrem em associações complexas com Afloramentos de Rochas, e encontram-se normalmente em terrenos de relevo forte ondulado e montanhoso, representados pelas serras isoladas da depressão sertaneja; áreas das encostas do planalto de Princesa, nas vertentes para o Rio Espinharas e do planalto da Borborema, nas serras de Santa Luzia, vertentes para o rio Sabugí; e em linhas de serras nas divisas com o Estado de Pernambuco e Rio Grande do Norte. Embora esta classe de solo, baseado no seu perfil representativo, tenha sido classificada como de moderadamente profundo, é de se esperar, que, em áreas mais antropizadas, predominem solos mais rasos, devido a forte declividade, que contribui para a intensificação do processo erosivo.

Outra classe de solo de grande representatividade, classificada como de solos moderadamente profundo, são os Argissolos Vermelhos Amarelos eutrófico orto textura argilosa (PVAe), e com textura argilosa cascalhenta, que ocorrem no Cariri de Princesa, sobre o planalto; na região do Alto Sertão, na Serra Grande e no vale do rio do Peixe; e na região do Baixo Sertão do Piranhas, polarizada pelo cidade de Catolé do Rocha. Foi também classificado como de profundidade moderada, a unidade de Vertissolo Cromado Órtico solódico (VCo), que ocorre no vale do rio do Peixe, onde se localiza a cidade de Souza.

A classe Forte de limitação à mecanização corresponde a solos da classe Raso, de profundidade efetiva entre 20 cm e 40 cm. Abrange 49,4% da área do Estado, totalizando uma área de 27.868,0 Km² (Quadro 9). São representantes desta classe de profundidade os

Luvissoles Crômicos (TCo) e Hipocrômicos (TPo), órticos e típicos, ou com caráter litólico, vértico ou planossólico, que se localizam, predominantemente, sobre o Planalto da Borborema e em grande parte do Baixo Sertão do Piranhas (Figura 17), ocorrendo também em áreas do Alto Sertão e do Seridó. Estes solos por terem sido intensivamente cultivado com a cultura do algodão e serem particularmente susceptíveis a erosão, encontram-se bastante degradados, representando na Paraíba, as áreas com mais altos graus de desertificação (Sá e Angelotti, 2009).

Ainda, nesta classe de profundidade efetiva encontram-se os Planossolos Nátrico Órtico (SNo), que ocorre entre os municípios de Soledade e Campina Grande e no Alto Sertão, no vale do Rio do Peixe; os solos Neossolos Litólicos (RLe) originados de biotita-xisto do Seridó, na região polarizada pelo município de Picuí, e os originados de gnaisse e granito, que ocorrem em várias unidades localizadas nas encostas orientais do Planalto da Borborema, na região do Agreste Acaatingado, e nas regiões do Curimataú e Serras.

A classe Muito Forte de impedimento à mecanização compreende os solos da classe Muito Raso, ou seja, com profundidade efetiva inferior a 20 cm. Na Paraíba, foram classificados como representante desta classe, os solos Neossolos Litólicos Eutróficos com A fraco, textura média, (RLe) originados de filito e xisto (BRASIL, 1972), que ocupam uma área de 3.736 Km², correspondente a 6,62% do Estado.

Estes solos ocorrem nas encostas do Planalto de Princesa, em relevo forte ondulado e montanhoso e nos terrenos contíguos, suave ondulados e ondulados do vale do rio Piancó, na região do Baixo Sertão do Piranhas, estendendo-se as cabeceiras do rio, no extremo sudoeste do Estado, sul da região do Alto Sertão.

Os Neossolos Litólicos são solos pouco desenvolvidos, que apresentam o horizonte A, assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr, e devem apresentar um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2006). Estudando a área com a ocorrência desses solos, Fasolo et al (EMBRAPA, 2002) observa que, em áreas mais declivosas, além da diminuição da profundidade, ocorre também maior ocorrência de afloramentos de rochas, aumentando as limitações ao uso e manejo agrícola.

Quadro 9: Distribuição das classes de profundidade dos solos no Estado da Paraíba

Classes de Profundidade Efetiva	Grau de Impedimentos à Mecanização	Tipo de solo	Localização	Área (km ²)	Área (%)
Muito Profundo	Nula	RQo	Litoral	9.185,00	16,28
		PAd			
		Fte	Brejos/Agreste Acaatingado		
		PVAd			
		PVe			
		RLe	Sertão do Seridó		
		LAd	Curimataú/Serras		
		PVAd	Cariris do Paraíba		
		PAd			
		LAd			
PVAe					
CXbe	Cariris de Princesa				
RQo					
RRq					
Profundo	Ligeira	PVAd	Tabuleiros/Agreste Acaatingado	635	1,12
Moderadamente Profundo	Moderada	RUve	Litoral	14.748,00	26,14
		TPO	Agreste Acaatingado/Curimataú		
		RLe	Sertão/Borborema		
		PVAe	Cariri de Princesa/Alto Sertão/ Baixo Sertão		
		VCo	Alto Sertão		
Raso	Forte	TPO	Cariris do Paraíba	27.868,00	49,4
		RLev			
		TCO	Cariris do Paraíba/ Baixo Sertão do Piranhas		
		SNo	Cariris do Paraíba/Curimataú		
		RRe	Sertão do Seridó/Brejos		
RLe					
Muito Raso	Muito Forte	RLe	Alto Sertão/Baixo Sertão do Piranhas/ Cariris de Princesa	3.736,00	6,62
	Especial			217	0,38
	Água			35	0,06
Total				56.424,00	100

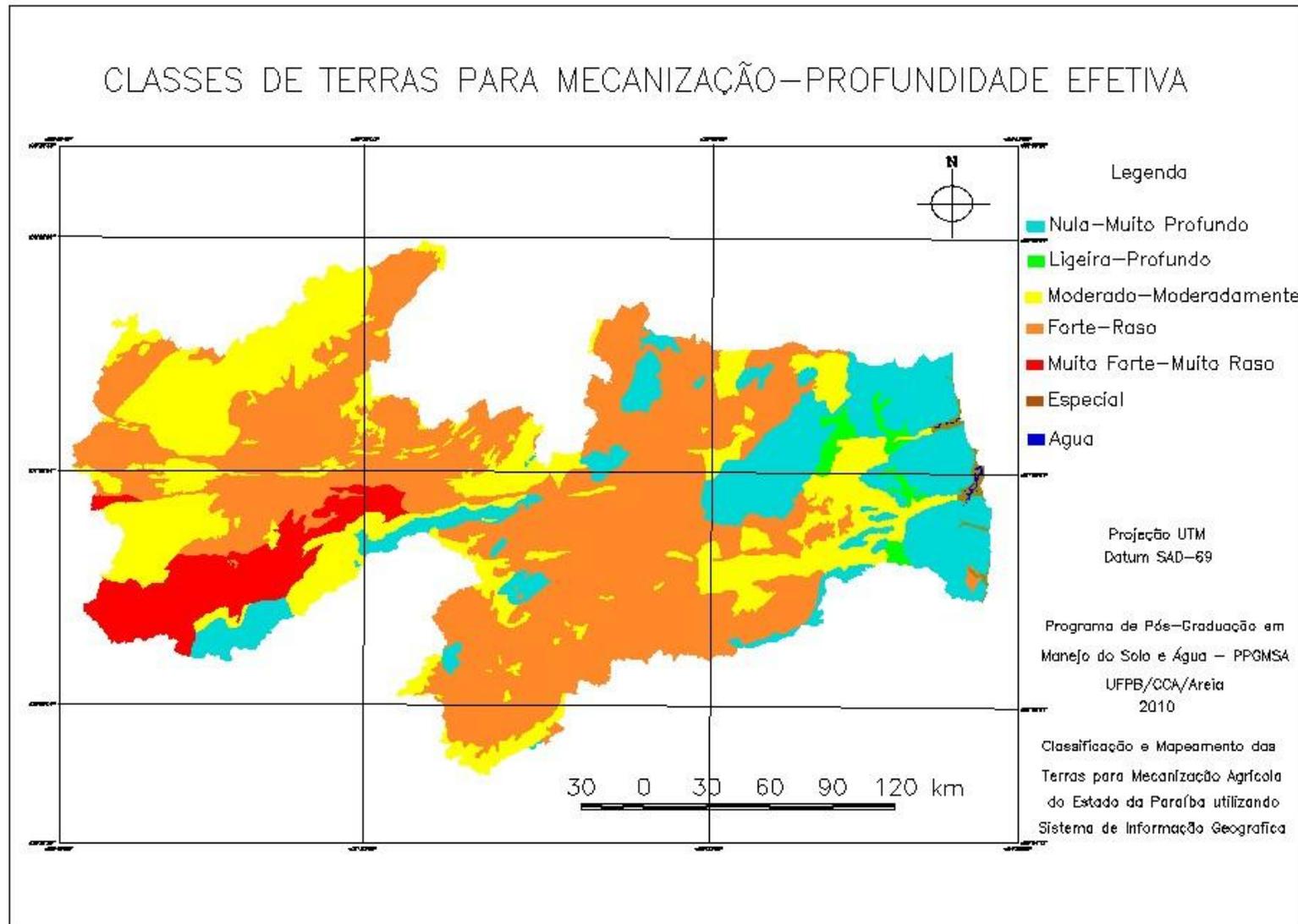


Figura 17. Mapa de classes de terras para mecanização devido à profundidade efetiva dos solos do Estado da Paraíba.

4.5. Mapa de pedregosidade

A pedregosidade é um atributo em que a presença superficial ou subsuperficial de quantidades expressivas de calhaus e matações interfere no uso das terras, sobretudo no emprego de máquinas e equipamentos agrícolas (IBGE, 2007).

Observa-se no mapa da Figura 18, que o maior grau de impedimento à mecanização devido à pedregosidade, representado pela classe Muito Forte, relativa a solos com quantidade de pedras (cascalho e calhaus), igual ou superior a 50%, nos primeiros horizontes e sub-horizontes até 40 cm de profundidade, ocupa na Paraíba, uma área de 6.730,0 km², correspondente a 11,93% da área do Estado (Quadro 10). Na sua grande maioria, os solos representativos desta classe de pedregosidade, são os Neossolos Litólicos textura arenosa e/ou média relevo forte ondulado e montanhoso originados de gnaisse e granito (RLe). Estes são representativos de unidades de mapeamento que representam linhas de serras, que ocorrem nos divisores de bacias hidrográficas; em área da divisa com os estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte; em áreas da encosta ocidental do Planalto da Borborema nas cabeceiras do rio Seridó e do Planalto de Princesa, cabeceiras do rio Piancó, bacia do Piranhas; bem como, em elevações interiores, frequentes nas regiões do Baixo Sertão de Piranhas e Seridó, e em menor quantidade, na bacia do rio Paraíba, sobre o Planalto da Borborema e na região de Serras, a nordeste do Estado, bacia do rio Curimataú.

Outro solo representativo da classe Muito Forte de limitação à mecanização devido à pedregosidade é o Neossolo Litólico de biotita-xisto (RLe), que ocorre nas regiões do Curimataú, em relevo suave ondulado e ondulado, e na região do Seridó, proximidade da cidade de Picuí, onde ocorre também em relevo forte ondulado a montanhoso. Em diagnóstico ambiental do município de Floresta, no vizinho Estado de Pernambuco, Araújo Filho et al (EMBRAPA, 2001) classificaram os Neossolos Litólicos como áreas com maiores limitação ao uso agrícola, devido serem rasos e pedregosos e que ocorrerem em áreas declivosas, encontrando-se intensamente erodidos.

A classe Forte de limitação à mecanização devido à pedregosidade ocupa uma área de 17.930,00 Km², que representa 31,78% do Estado da Paraíba. São solos que apresentam de 20% a 50% de pedras nos horizontes e sub-horizontes até 40 cm de profundidade. Observa-se na Figura 18, confrontando com o mapa de solos do Estado (Figura 12), que esta classe de pedregosidade está representada pelos Luvisolos Crômicos (TCo) e Hipocrômicos vérticos (TPo), que ocorrem na bacia do rio Paraíba, sobre o planalto da Borborema e na região do Sertão do Seridó e nas áreas mais baixa do Baixo Sertão de

Piranhas; os Neossolos Litólicos de filito-xisto (RLe) que ocorrem ao longo da encosta e da base do Planalto de Princesa, até o extremo sudoeste do Estado, compreendendo as áreas limites entre as regiões do Baixo Sertão do Piranhas e Cariris de Princesa e a área sul da região do Alto Sertão; e os Argissolos Vermelho Amarelo textura argilosa cascalhenta (PVe), associados à fase rasa cascalhenta e a solos Neossolos Litólicos, unidade de mapeamento (PE₅) Brasil, 1972, que se estende de região do Alto Sertão, bacia do rio do Peixe, a região do Baixo Sertão do Piranhas no limite com o Rio Grande do Norte, área polarizada pela cidade de Catolé do Rocha.

A classe Moderada de limitação à mecanização devido à pedregosidade abrange uma área de 11.260,00 Km², que corresponde a 19,96% da área do Estado. É representada por solos com 5% a 20% de pedras em horizontes e sub-horizontes até 40 cm de profundidade. Faz parte desta classe de pedregosidade os solos Neossolos Litólicos Eutrófico (RLe), originados de gnaisses e granito, com A fraco textura arenosa e/ou média fase caatinga hipoxerófila em relevo ondulado e em relevo forte ondulado e montanhoso. Ocorrem nos contrafortes orientais do Planalto da Borborema, distribuindo-se ao sul, acompanhando a calha do rio Paraíba, na transição entre as regiões do Cariris do Paraíba para o Agreste Acatingado; no centro, nas serras entre as cidades de Ingá e Alagoa Grande e ao norte, nas regiões de Serras e Curimataú.

Sobre o Planalto da Borborema, mais para o norte, os solos representativos da classe Moderada de limitação à mecanização devido à pedregosidade são o Luvissole Crômico vértico relevo ondulado (TCo) e o Neossolo Litólico (RLe) fase pedregosa e rochosa caatinga hiperxerófila, originados de gnaisses e granito, associado à Planossolo Nátrico Órtico típico (SNo), representativos das unidades de mapeamento, que ocorrem nos divisores das bacias dos rios Jacu, Curimataú e Seridó, nas regiões geográficas do Curimataú e Seridó. Para o sul, abrangendo os municípios de Monteiro e Sumé, até a divisa com o Estado de Pernambuco, região do Cariri de Princesa, cabeceiras do rio Paraíba, o Luvissole Crômico órtico (TCo) fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado, associado à Neossolo Litólico com A fraco textura arenosa e/ou média fase pedregosa rochosa caatinga hiperxerófila substrato gnaiss e granito.

Representa também a classe Moderada de pedregosidade, o Luvissole Crômico órtico, fase pedregosa caatinga hiperxerófila relevo suave ondulado, associada à Neossolos Litólicos e/ou Luvissoles vérticos que ocorre em uma grande área da região do Baixo Sertão do Piranhas prolongando-se pela região do Alto Sertão até a divisa com o Estado do Ceará, na altura do município de Cajazeiras e ao longo da divisa com o Estado do Rio Grande do Norte. São solos, que devido a sua alta fertilidade e relativa profundidade,

foram intensivamente cultivados, pelo sistema algodão x gado x lavoura alimentar, predominante das regiões semiáridas do Estado, até os anos setenta do século passado (Carvalho, 2009). Por esta razão, são áreas que apresentam níveis elevados de degradação, a exemplo do núcleo de desertificação do Seridó, onde predominam a ocorrência dos Luvisolos, caracterizado como de grau severo de desertificação (Sá e Angelotti, 2009).

A classe Ligeira de limitação à mecanização devido à pedregosidade abrange uma área de 6.230,00 Km², que corresponde a 11,04% da área do Estado. A classe Ligeira admite até 5% de pedras em horizontes a sub-horizontes até 40 cm de profundidade. Esta classe está representada por diferentes solos, de diferentes graus de desenvolvimento e textura, que ocorrem nas mais diversas regiões do Estado. A exemplo dos solos da classe Vertissolo Cromado Órtico (VEo), que ocorrem nos municípios de Queimadas e Boqueirão da região do Cariris do Paraíba e em Souza, na região do Alto Sertão; da classe Planossolo Nátrico Órtico (Campina a Soledade); Luvisolo Crômico Órtico típico (SNo), de Fagundes e Arara; a Terra Roxa Estruturada de Alagoa Grande, reclassificada por Campos e Queiroz (2006) como Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico (PVe); Neossolo Litólico Eutrófico com A fraco textura arenosa e/ou média de gnaisses e granito (RLe), de Belém e Tacima; e o Argissolo Vermelho Amarelo orto, relevo ondulado, que ocorre no município de Princesa Izabel, sobre o Planalto de Princesa.

Finalmente, a classe Nula de impedimento à mecanização devido à pedregosidade, que abrange uma área de 14.020,00 Km², que corresponde a 24,85% da área do Estado, que é representada por solos que não apresentam ocorrência de pedras no perfil até 40 cm de profundidade. Observa-se este atributo nos solos mais profundos e intemperizados dos Tabuleiros; em grande parte da região do Agreste Acatingado, com a ocorrência dos Luvisolos Crômicos planossólicos (TPo) associados à Planossolo Háptico Eutrófico solódico (SXe). E também, os Argissolos Vermelho Amarelo do Brejo, e os órticos, que ocorrem sobre o Planalto de Princesa e no Alto Sertão, além dos Neossolos Regolítico do Agreste da Borborema e de outras unidades de mapeamento que ocorrem nas mais diversas regiões geográficas de clima semiárido, no Estado.

Fernandes et al, (1998) em sua pesquisa na Bacia do Seridó entre os municípios de Picuí, Frei Martinho e nova Palmeira onde ocorre solos Litólicos Eutróficos, possuindo relevo fortemente ondulado, com muita pedregosidade e afloramentos rochosos, nos diz que são áreas inaptas ao uso agrícola, pois apresentam limitações muito fortes, principalmente pela escassez de precipitações na região, além da pequena profundidade desses, relevo movimentado, muita pedregosidade e rochosidade descartando-se, portanto,

qualquer possibilidade de utilização agrícola ou pecuária, destinando-se então à preservação.

Quadro 10: Distribuição das classes de pedregosidade dos solos no Estado da Paraíba

Classes de Pedregosidade	Graus de Impedimentos à Mecanização	Tipo de solo	Localização	Área (km ²)	Área (%)	
Ausente	Nula	RQo	Litoral	14.020,00	24,85	
		PAd				
		SXe	Agreste Acaatingado			
		TPo				
		PVAd	Brejos			
		RLe	Sertão do Seridó			
		LAd				
		PVe	Alto Sertão			
		SNo				
		CXbe/CXve	Cariris de Princesa/Curimataú			
RQo						
Poucas	Ligeira	PVe/LAd	Cariris do Paraíba	6.230,00	11,04	
		PVe				Agreste Acaatingado
		SNo				
		VEo				
		RLe				
		PVAe				Cariris de Princesa
Muitas	Moderada	VCo	Cariris do Paraíba/Alto Sertão	11.260,00	19,96	
		RLe	Cariris do Paraíba/Serras/Curimataú/Sertão do Seridó/Cariris de Princesa			
		TCo/SNo	Curimataú/Seridó/Cariris de Princesa/Alto Sertão/Baixo Sertão			
Bastante	Forte	RLq	Agreste Acaatingado	17.930,00	31,78	
		TPo	Borborema/Sertão do Seridó/Baixo Sertão/Cariris do Paraíba/Cariris de Princesa/Alto Sertão			
		TCo				
		PVe	Alto Sertão/Baixo Sertão do Piranhas			
		RLe	Cariris de Princesa/ Sertão do Seridó/Baixo Sertão			
Grande Quantidade	Muito Forte	RLe	Serras/Curimataú/Agreste/Sertão do Seridó/Cariris de Princesa/Cariris do Paraíba/Alto Sertão/Baixo Sertão/Sertão do Seridó	6.730,00	11,93	
		RLq	Curimataú/Sertão do Seridó			
	Especial			217	0,38	
	Água			35	0,06	
Total				56.424,00	100	

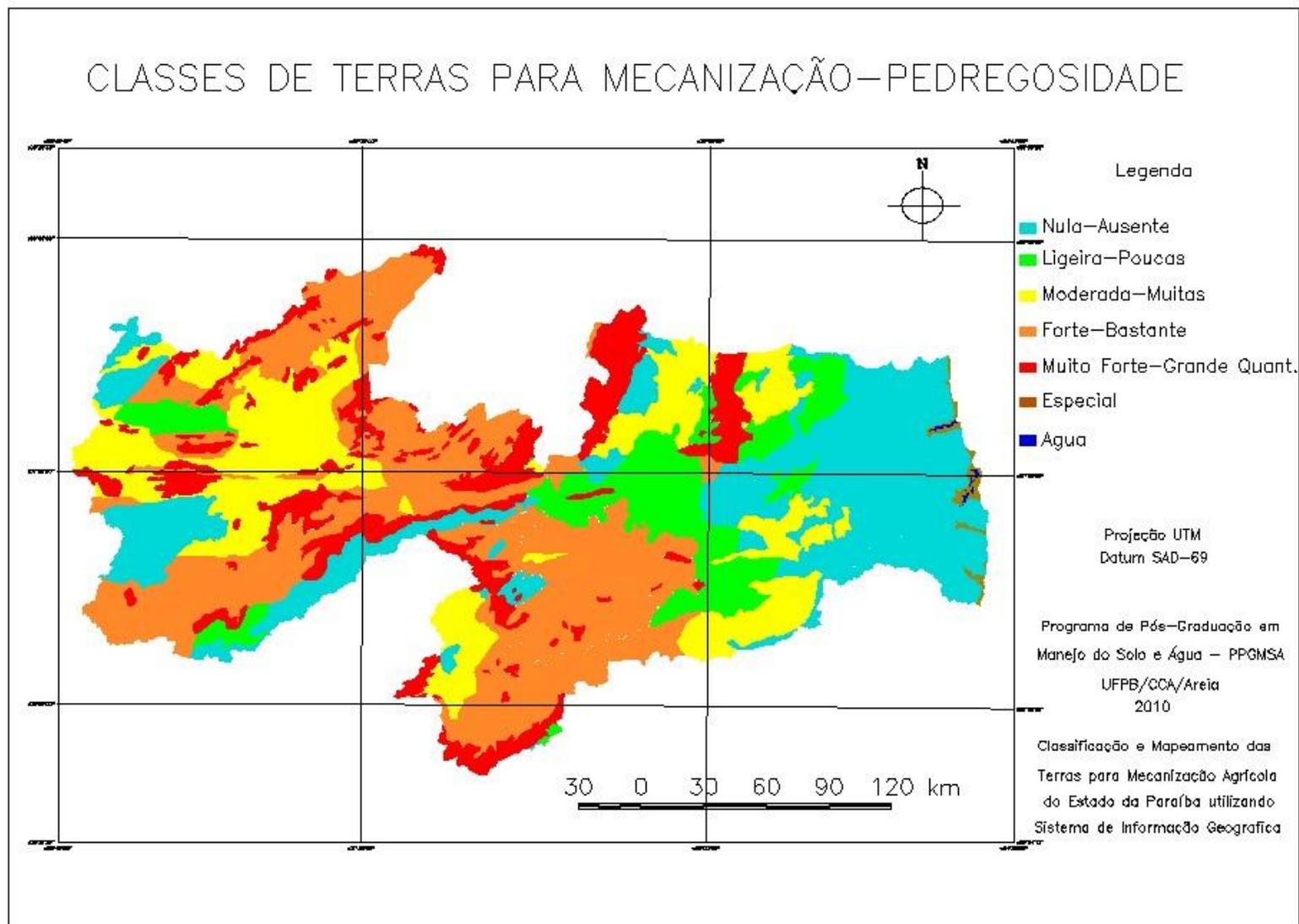


Figura 18. Mapa de classes de terras para mecanização devido à pedregosidade dos solos do Estado da Paraíba

4.6. Mapa de declividade

A declividade do terreno é um parâmetro importante para a avaliação das terras tendo em vista a mecanização agrícola, uma vez que guarda uma relação direta com a estabilidade da máquina no terreno; além de que, é um atributo da terra, facilmente identificado e determinado.

Pelos dados apresentados no Quadro 11, pode-se observar que para a metodologia utilizada, 21,63% das terras da Paraíba, apresentam um relevo plano, ou seja, está na classe Nula, de impedimento a mecanização. Somando-se a classe Ligeira, este percentual chega a 56%, dado que, isoladamente, demonstra um alto percentual de adequação das terras do Estado à mecanização agrícola. Considerando-se o valor percentual médio acumulado, para 50% das terras do Estado, a declividade média obtida é de 3,8%.

Utilizando-se da mesma metodologia deste trabalho, a base de dados SRTM e o programa SRING, Andrade (2008) encontrou para a bacia do açude de Camará (104 Km²), localizada na transição entre as regiões do Agreste, com predominância de solos Neossolos Regolíticos e o Brejo Paraibano, com Argissolos ondulados à forte ondulados, uma declividade média de 8,4%. Fazendo a mesma comparação, dos valores acumulados das terras até 6% de declividade, observa-se que para a bacia de Camará, a percentagem corresponde a apenas 36,4%, o que corrobora a maior declividade média da área, em relação às terras do Estado.

Contudo, para áreas de solos mais planos, a região do Cariris do Paraíba, na bacia hidrográfica do açude Namorados, em São João do Cariri (15 Km²), Chaves et al (2006) trabalhando a partir de uma planta topográfica, escala 1:10.000 e curvas de nível a cada 5 metros, obtida de restituição aerofotogramétrica, encontraram uma mesma declividade média de 8,4%, porém, uma distribuição percentual das classes de declividade diferente.

Quadro 11: Distribuição das classes de declive no Estado da Paraíba

Classes	Declividade		Área por Classe
	%	km ²	%
Nula	0 – 3	12.200,00	21,63
Ligeira	3 – 6	19.400,00	34,38
Moderada	6 – 12	12.080,00	21,40
Forte	12 – 20	3.140,00	5,56
Muito Forte	20 – 40	9.270,00	16,43
Extr. Forte	> 40	334,00	0,60
Total	-	56.424,00	100,00

Para terras com declividade de até 6%, um percentual de 22,4%, e para declividades intermediárias, de 6 a 20%, que neste trabalho, Quadro 11, o percentual é de apenas 26,96%, na bacia do açude Namorados (Chaves et al., 2006) encontrou um percentual de 68,7%. Mesmo para a área mais declivosa da bacia Camará, o percentual de terras nesta faixa de declividade chega a 56,1% (Andrade, 2008), inferior ao encontrado no Cariri.

Confrontando-se o mapa de declividade (Figura 19), com os mapas de solos e das regiões geográficas, Figuras 12 e 11 respectivamente, observa-se que a distribuição das áreas mais planas do Estado, está associada, predominantemente, na Planície Costeira, na região do Litoral, aos solos Argissolos, Latossolos e Neossolo Quartzarênico, originados dos Sedimentos Barreiras, e aos Neossolos Flúvicos, que formam as várzeas dos rios litorâneos, e no Agreste Acatingado, aos Luvisolos Crômicos Planossólicos e Planossolos Solódico; sobre o planalto da Borborema, aos Planossolo Nátrico e Luvisolo Crômico Vértico, da região dos Cariris do Paraíba; e no Sertão, nas áreas mais baixas do Seridó e do Baixo Sertão de Piranhas aos Luvisolos Crômicos fase pedregosa e o Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico, da região de Catolé do Rocha, e no Alto Sertão, aos Vertissolo Háplico e Planossolo Nátrico da bacia sedimentar do Rio do Peixe, no entorno dos municípios de Souza e São João do rio do Peixe.

As áreas mais declivosas do Estado estão relacionadas a solos Neossolos Litólicos e Argissolos, que se distribuem nos contrafortes orientais do Planalto da Borborema, no Sertão, nos contrafortes ocidentais da Borborema, do planalto de Princesa, na Serra Grande, no Alto Sertão e em serras isoladas do interior da Depressão Sertaneja. Apresentam declividades acima de 20%, e abrangem 9.604 Km², que corresponde a 17% do território estadual. Valladares et al, (2008), em seu trabalho de Mapeamento da Aptidão Agrícola das Terras do nordeste do estado de São Paulo, constatou que os solos mais rasos ocorrem em regiões de maior declive, a exemplo dos Cambissolos e os Neossolos Litólicos, e por estas razões apresentaram maiores limitações quanto à trafegabilidade, apresentam alta erodibilidade e baixa aptidão agrícola quando comparados com os Latossolos, Nitossolos e Argissolos de relevo pouco declivoso.

Bardales et al (2007), a partir das interpretações do relevo originados de dados altimétricos (SRTM), delimitaram unidades de solos, relacionando-os aos modelos fisiográficos da área de estudo. Com isto, foi possível, com maior facilidade e agilidade, realizar a identificação de diferentes tipos de solos, ressaltados pelos aspectos texturais e a disposição na paisagem, melhorando e muito os dados cartográficos e definição de classes de solos. Neste sentido, os autores dão ênfase ao método da análise fisiográfica e geração

de classes de declividade, para classificação e mapeamento de solos, considerando que o relevo é um atributo importante na distinção das classes de solos.

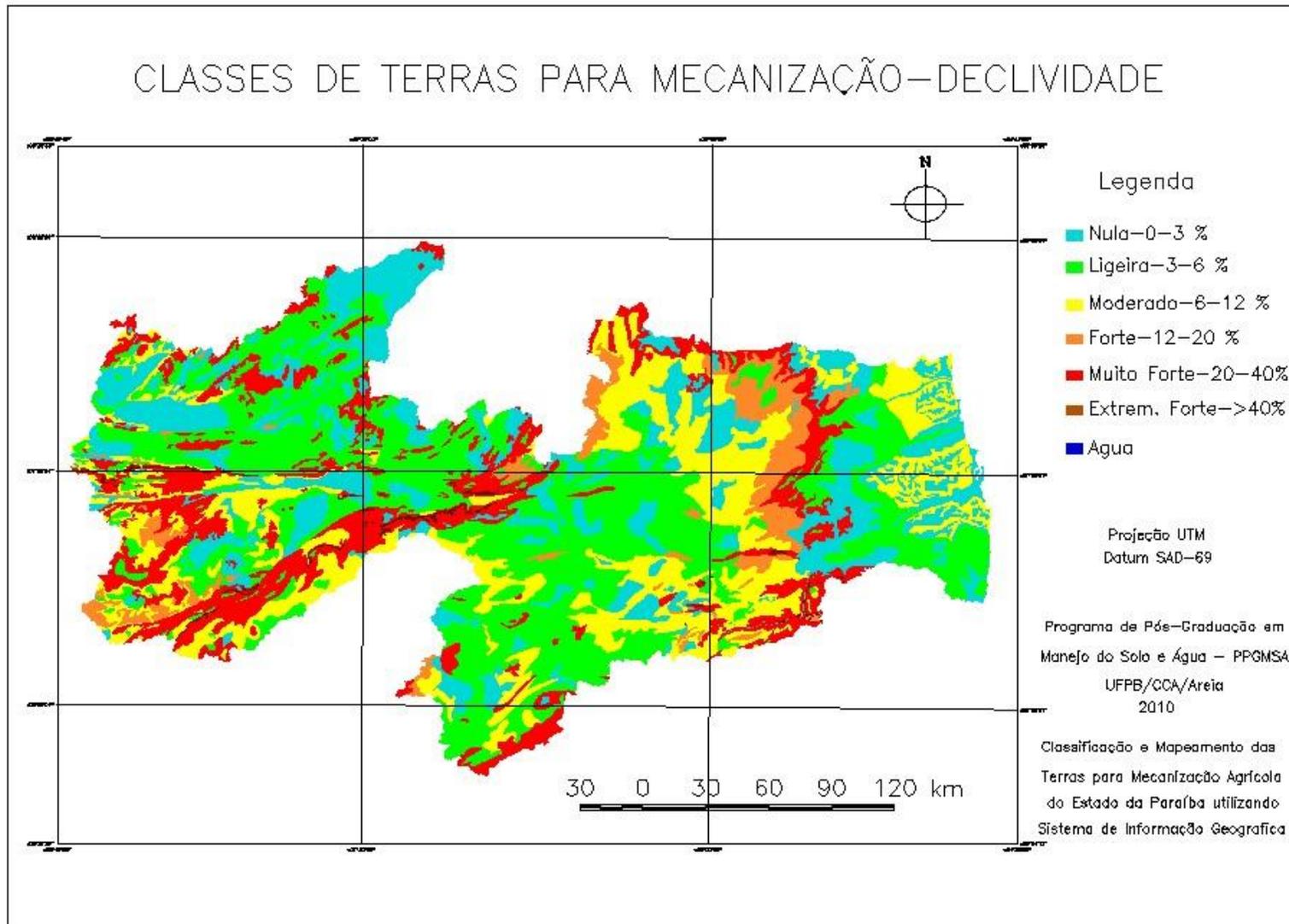


Figura 19. Mapa de classes de terras para mecanização devido à declividade do Estado da Paraíba.

4.7. Mapa parcial de classes

O mapa da Figura 20 apresenta apenas as Classes Parciais de Terras para Mecanização, embora em seu arquivo de texto, estejam especificadas as subclasses interpretadas a partir dos dados correspondentes as classes de solo, representativas, de cada unidade de mapeamento.

Pode-se observar que, o grau de limitação forte, relativo à classe IV de mecanização, predomina em todo Estado, contudo, por não estarem especificadas as subclasses, não é possível se saber quais os fatores limitantes, nem suas especializações. Outra observação que pode ser feita neste mapa, é que, não aparece a classe relativa ao grau de limitação extremamente forte, relativa às terras com mais de 40% de declividade, Classe VI de mecanização, uma vez que, este ainda não incorpora os dados de declividade.

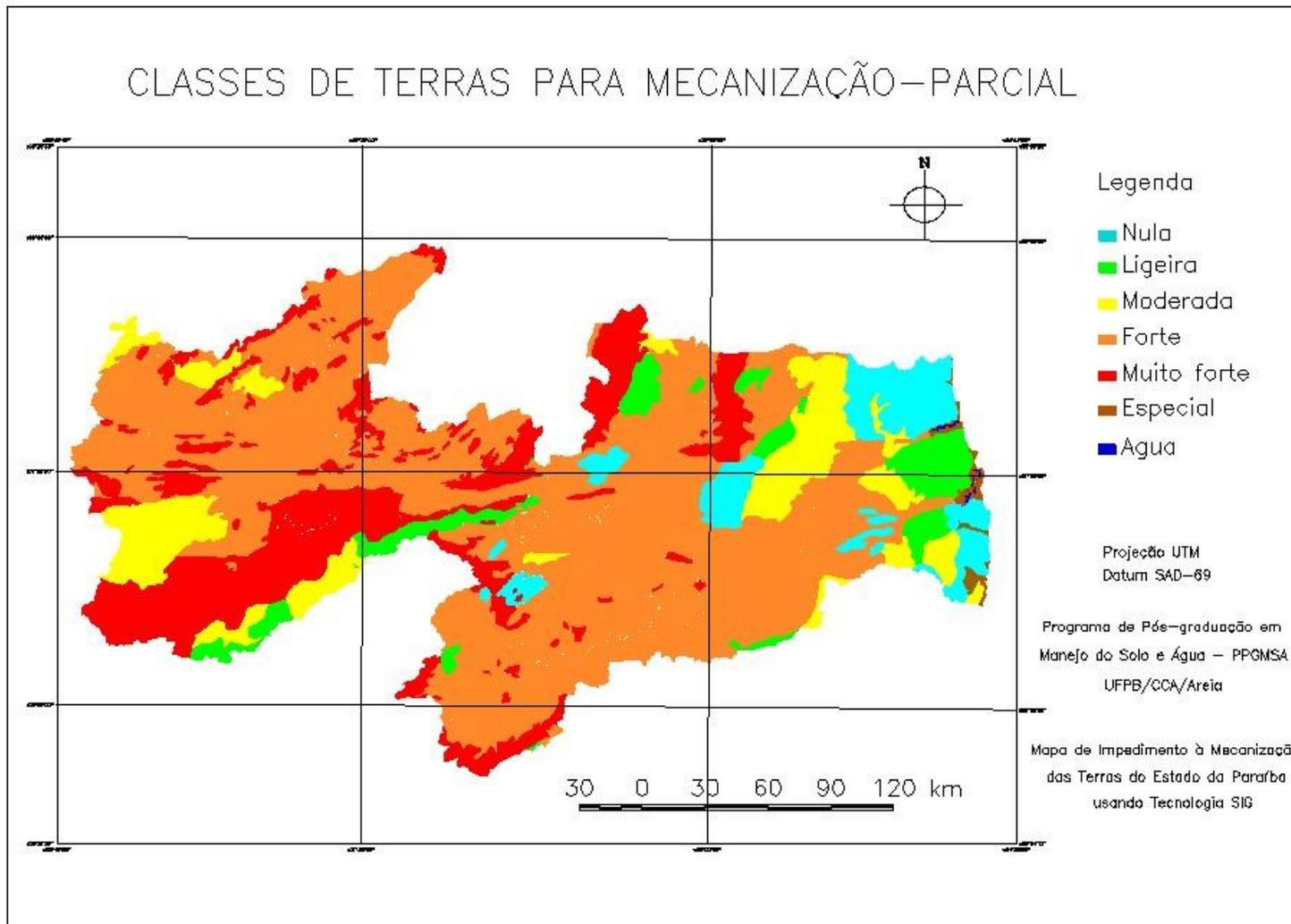


Figura 20. Mapa parcial de classes de terras para mecanização do Estado da Paraíba.

4.8. Mapa de classes e subclasses das terras para mecanização

Pelos parâmetros aqui utilizados para avaliação das terras para o uso de máquinas agrícolas no preparo do solo, observa-se no Quadro 12 que 49,61% das terras da Paraíba apresentam um grau de impedimento Forte a mecanização (classe IV), e 32,35%, grau Muito forte (classe V), compreendendo estas duas classes a 81,96% da área do Estado. Em grande parte, a ocorrência destas classes de terras está nas regiões semiáridas do Estado (Figura 21), sendo representadas pelos solos Neossolos Litólicos, Luvisolos Crômicos e Argissolos Vermelho Amarelo, normalmente, compreendendo suas fases rasas, declivosas e/ou pedregosas. E também, em alguns casos, solos com horizontes B argilosos, muito argilosos ou nátricos dentro dos 40 cm de profundidade, como no caso dos Planossolos Solódicos e Vertissolos, como se pode observar no mapa de solos do Estado (Figura 12).

Quadro 12: Distribuição das classes de impedimentos no Estado da Paraíba

Classe de Mecanização	Grau de Impedimento	Área (km ²)	Área (%)
I	Nulo	972,00	1,72
II	Ligeiro	2.157,00	3,82
III	Moderado	6.730,00	11,93
IV	Forte	27.995,00	49,61
V	Muito Forte	18.253,00	32,35
VI	Extr. Forte	317,00	0,57
Total		56.424,00	100,00

Considerando os dados apresentados no Quadro 13, pode-se observar que, para a classe IV de mecanização, que apresenta grau de limitação forte, os atributos diagnósticos mais prováveis de serem seus fatores determinantes são a profundidade efetiva, que ocorre em 49,4% das terras do Estado, seguida da pedregosidade 31,78% e drenagem, 28,2%. Já para a classe V, de grau muito forte de limitação, é a declividade o principal fator determinante da classe (Quadro 13), ocorrendo em 16,4% das terras do Estado seguida da pedregosidade com 11,94%.

A classe VI apresenta grau de limitação extremamente forte a mecanização, sendo determinada apenas pela restrição de declividade, representadas por terras com mais de 40% de declividade. Para a base de dados e metodologia utilizada neste trabalho, esta classe abrange na Paraíba uma área de 317 Km², que compreende a 0,57% da área do Estado, Quadro 12.

As áreas onde predominam a ocorrência desta classe de terras estão relacionadas aos contrafortes do Planalto de Princesa, transição para depressão sertaneja, onde ocorrem solos Neossolos Litólicos em relevo forte ondulado a montanhoso originado por filito e xisto e em linha de serra de quartzito que se inicia no Alto Sertão e adentra o Baixo Sertão de Piranhas, no sentido oeste-leste, cruzando a calha do rio Piancó, onde se encontra a barragem Coremas, a maior do Estado. Observam-se também algumas unidades desta classe, em áreas isoladas de serras no Baixo Sertão do Piranhas e Seridó e nas serras de Umbuzeiro e Natuba, encosta oriental sul do Planalto da Borborema, área dissecada pelo rio Paraíba, onde ocorre a predominância de Neossolos Litólicos fase pedregosa rochosa, relevo forte ondulado a montanhoso, substrato gnaisses e granito.

Quadro 13: Interpretação dos fatores de impedimento à mecanização

Classe	Grau	Fatores de impedimento à mecanização									
		Drenagem		Textura		Prof. Efetiva		Pedregosidade		Declividade	
		% Área	Índice	% Área	Índice	% Área	Índice	% Área	Índice	% Área	Índice
Nula	0	0,187	0	0,273	0	0,163	0	0,2486	0	0,214	0
Ligeira	1	0,322	0,322	0,140	0,140	0,011	0,011	0,1105	0,1105	0,342	0,342
Moderada	2	0,205	0,410	0,391	0,782	0,262	0,524	0,1997	0,3994	0,214	0,428
Forte	3	0,282	0,846	0,192	0,576	0,494	1,482	0,3178	0,9534	0,056	0,168
Muito Forte	4	0	0	0	0	0,066	0,265	0,1194	0,4776	0,164	0,656
Extr. Forte	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,030
Outras	-	0,004	-	0,004	-	0,004	-	0,004	-	0,004	-
Total		1,000	1,578	1,000	1,498	1,000	2,282	1,000	1,940	1,000	1,624

A classe III de terras para mecanização, que apresenta um grau de limitação moderado, determinado por um ou mais atributo diagnóstico, abrange 11,93% do território do Estado, compreendendo uma área de 6.730 Km² (Quadro 12). Confrontando o mapa da Figura 21, com o mapa de classes de solos do Estado, Figura 12, pode-se observar que esta classe de terra para mecanização é representada por diversos tipos de solos, com grau moderado de limitação devido a um ou mais dos seus atributos diagnósticos, que ocorrem nas mais diversas regiões do Estado.

São representantes desta classe os Argissolos que ocorrem sobre o planalto de Princesa e no Alto Sertão, e unidades do Agreste Acaatingado e do Litoral; Neossolos Litólicos em relevo suave ondulado e ondulado de gnaisses e granito, do norte do Alto Sertão e da região do Curimataú; unidades de Neossolo Regolítico por sobre o planalto da Borborema, nas regiões do Cariris de Princesa, Seridó e Agreste; o Latossolo Amarelo de Cuité e unidades em Neossolo Quartzarênico do Litoral. Faz parte também desta classe de

mecanização o Espodossolo Ferrocárbico Órtico típico, antigo Podzol Hidromórfico, da região sul do Tabuleiro.

As classes I e II, com limitações Nulas e Ligeiras à mecanização, apresentam áreas de 1,72% a 3,82% do Estado, respectivamente. Ocorrem com maior frequência nos solos arenosos e textura média do Litoral, em condições de relevo plano e suave ondulado dos Tabuleiros. Em Argissolos do Agreste Acaatingado e Curimataú e em áreas de Neossolos Regolíticos mais profundos e de relevo plano à suave ondulado, sobre o planalto da Borborema, nas regiões do Agreste, Seridó e Cariris de Princesa; e em unidades de Cambissolo Háplico ao longo do planalto de Princesa, ao longo da divisa com o Estado de Pernambuco.

Uma análise conjunta dos fatores de impedimentos à mecanização pode ser feita pelos dados do Quadro 13. Para cada classe de impedimento à mecanização é obtido um índice, que é o produto entre o valor numérico do grau de limitação pela área de ocorrência, expressa pela razão percentual de ocorrência de cada classe. A somatória dos índices das classes de impedimento dá o índice de intensidade de impedimento de cada atributo estudado. Sendo assim observa-se que é a Profundidade Efetiva, com índice de 2,282, o atributo diagnóstico de maior intensidade de impedimento à mecanização. Particularmente devido apresentar a maior área de solos rasos (20 cm a 40 cm), grau forte de impedimento, em 49,61% das terras do Estado. Em seguida vem a pedregosidade com um índice de 1,94 seguida dos demais atributos com valores entre 1,62 e 1,49.

Classes das Terras para Mecanização do Estado da Paraíba

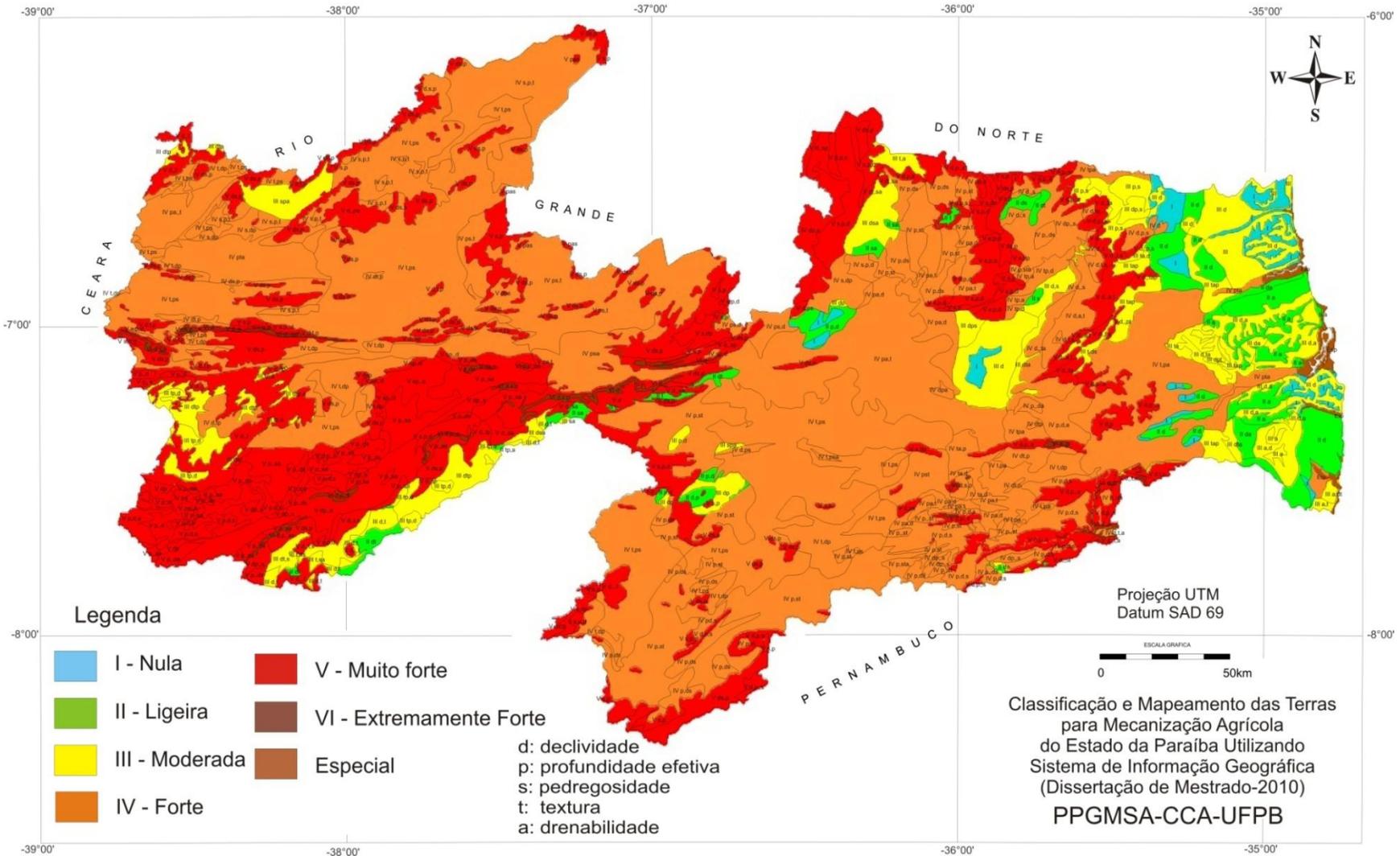


Figura 21. Mapa de classes e subclasses das terras para mecanização do Estado da Paraíba.

5. CONCLUSÕES

Resguardando as limitações relativas às abstrações impostas pela escala de trabalho, e da própria classificação para mecanização proposta, os resultados obtidos deste trabalho, permitem chegar às seguintes conclusões:

1. Ajustes e delineamentos de unidades de mapeamento, do Mapa de Solos da Paraíba (BRASIL, 1972), foram possíveis de serem realizados, utilizando-se como referência, unidades de relevo de um mapa com curvas de nível a cada 10m, obtido de imagens de Radar (SRTM/NASA). Os limites do Estado foram também atualizados, utilizando-se o Mapa Político do IBGE (2001), o que resultou num aumento de área de 52,5 Km²;
2. Os ajustes e delineamentos das unidades de mapeamento de solos foram mais facilmente realizados em unidades de mapeamento representadas por Associação de Solo Litólico relevo forte ondulado e montanhoso e Afloramento de Rocha, por apresentarem um maior contraste com as unidades circunvizinhas mais planas, ocorrendo com isto, um aumento de área para esta unidade de 1.194,0 Km², e, em unidades de mapeamento formadas por Latossolos, que, na Paraíba, são comuns de ocorrerem em posições de topo aplainado de serras, destacando-se assim, das encostas mais íngremes, observando-se neste caso, uma diminuição de área de 36 Km²;
3. Unidades de Mapeamento, representadas por solo Bruno Não cálcico (Luvisolo Crômico), foram as que mais perderam área, 773 Km², devido ocorrerem com maior frequência, anexas, e muitas vezes circunvizinhas as unidades de solos Litólicos ajustadas;
4. Não foram identificados solos com grau Muito Forte de impedimento à mecanização devido à drenagem (solos mal drenados). A classe Forte, que é representada por solos com drenagem imperfeita, ocupa uma área de 15.916 Km², que corresponde a 28,2% do Estado. Estes solos podem ser identificados por características relativas ao caráter raso, vértico, nátrico ou argílico, a exemplo do Luvisolo Crômico Vértico, que ocorre na região do Cariris do Paraíba, sobre o Planalto da Borborema, Seridó e Baixo Sertão do Piranhas, do Planossolo Nátrico Órtico típico e do Vertissolo que ocorrem na região do Cariris do Paraíba e no Alto Sertão;

5. Não foram identificados solos com grau Muito Forte de impedimento à mecanização devido à textura, ou seja, solos com textura muito argilosa e argila de atividade alta dentro dos 40 cm de profundidade. A classe Forte de impedimento à mecanização devido à textura ocupa uma área de 10.864 Km², que corresponde a 19,25% do Estado, sendo representada por solos que apresentam textura muito argilosa, ou argilosa com argila de atividade alta, nos primeiros 40 cm de profundidade, a exemplo dos Luvisolos Crômicos Órticos do Sertão e Cariris de Princesa, Vertissolos Ebânicos e Cromados do Cariris do Paraíba e Luvisolos Hipocrômico Órtico típico do Agreste Acaatingado;

6. As classes Muito Forte e Forte de impedimento à mecanização devido à profundidade efetiva ocupam uma área de 56,02% do Estado. A classe Muito Forte, com 6,62%, é representada por solos Neossolos Litólicos originados de filito e xisto, que ocorrem em áreas das encostas e do sopé do Planalto de Princesa, estendendo-se até o Alto Sertão, e a classe forte de impedimento à mecanização, com os 49,4% restantes, que é representada por diferentes classes de solos que ocorrem, predominantemente, nas regiões sobre o Planalto da Borborema, em parte das regiões do Sertão e em menor proporção, os Neossolos Litólicos do Agreste Acaatingado.

7. A classe Muito Forte e Forte de limitação à mecanização devido à pedregosidade abrange 43,71% do território estadual. A classe Muito Forte, com área de 6.730,0 Km², que corresponde a 11,93% do Estado, que compreende solos com ocorrência de mais de 50% de pedras, nos primeiros horizontes e sub-horizontes até 40 cm de profundidade. Em sua grande maioria é formada pelos solos Neossolos Litólicos fase pedregosa e rochosa em relevo forte ondulado e montanhoso originados de gnaisses e granito, que ocorrem em linhas de serras na divisa do Estado, nas encostas dos planaltos de Princesa e da Borborema nas vertentes para o Sertão, e em serras isoladas no interior do Estado. Faz parte também desta classe de impedimento, o Neossolo Litólico de biotita-xisto que ocorre na região do Curimataú, em relevo suave ondulado e ondulado, e no Seridó, divisa com o Rio Grande do Norte, em relevo forte ondulado a montanhoso.

8. A classe Forte de impedimento ocorre em 17.930 Km², que representa 31,78% da área do Estado, representa solos com pedregosidade de 20% a 50% em horizontes e sub-horizontes, até 40 cm de profundidade, representados pelos solos Luvisolos do Cariris do Paraíba, sobre o Planalto da Borborema, e os do Seridó e Baixo Sertão, além do Argissolo

cascalhento da região de Souza a Catolé do Rocha e dos Neossolos Litólicos de filito-xisto, da encosta do Planalto de Princesa, que se prolongam até o extremo sudoeste do Estado;

9. As áreas mais declivosas do Estado da Paraíba, representadas pelas classes de impedimento à mecanização, Muito Forte (20% a 40%) e Extremamente Forte (>40%) estão relacionadas, principalmente, a solos Neossolos Litólicos e Argissolos, que se distribuem nos contrafortes orientais do Planalto da Borborema, nos contrafortes ocidentais da Borborema e do planalto de Princesa, na Serra Grande no Alto Sertão, e em serras isoladas do interior da Depressão Sertaneja, representando, respectivamente, 16,4% e 0,6%, da área do Estado;

10. As classes IV, V e VI de terras para mecanização, que compreendem, respectivamente, terras com grau de impedimento Forte, Muito Forte e Extremamente Forte a mecanização, abrangem 82,85% da área do Estado, apresentando a seguinte distribuição em área e percentagem: 27.995 Km² (49,61%), 18.253 Km² (32,35%) e 317 Km² (0,57%). Com exceção dos solos hidromórficos das várzeas do Litoral, as demais classes de terras que apresentam grau forte a extremamente forte de impedimento à mecanização ocorrem nas regiões interiores, predominantemente, semiáridas, onde os solos são, comumente, mais rasos, pedregosos, argílicos, nátricos e vérticos;

11. As classes I, II, e III de terras para mecanização, que compreendem, respectivamente, terras com grau de impedimento Nulo, Ligeiro e Moderado, abrangem 17,47% da área do Estado, apresentando a seguinte distribuição em área e percentagem: 972 Km² (1,72%), 2.157 Km² (3,82%) e 6.730 Km² (11,93%). Predominantemente, ocorrem no Litoral, nos terrenos franco arenosos, planos à suave ondulados e profundos dos Tabuleiros, representados por Argissolos, Latossolos e Neossolos Quartzarênico. Sobre o Planalto da Borborema, as classes mais favoráveis à mecanização estão relacionadas às áreas de ocorrência dos Neossolos Regolíticos do Agreste da Borborema e de platôs interiores divisores de bacias hidrográficas, além dos Latossolos e Argissolos de topos de serras da região Serrana, no Planalto de Princesa os Argissolos Vermelhos Eutróficos, Neossolos Regolíticos, Latossolos e Cambissolos, e no Alto Sertão, o Argissolo Vermelho, que se estende pela Serra Grande e região de Souza;

12. A intensidade de impedimento à mecanização, expressa pelo índice que pondera o grau de impedimento pela área de ocorrência, que varia de 0 a 5, indica a seguinte ordem

de predominância dos fatores limitantes e seus respectivos índices: profundidade efetiva, 2,282; pedregosidade, 1,940; declividade, 1,624; drenagem, 1,578 e textura, 1,498;

13. A chave interpretativa para o enquadramento dos solos ao impedimento à mecanização possibilitou o desenvolvimento de uma nomenclatura de fácil compreensão, permitindo agrupar terras em classes e subclasses de mecanização;

14. As aplicações dos recursos da geoinformática e dos produtos do sensoriamento remoto por satélite permitiram, com economia, rapidez e relativa precisão, realizar o levantamento, a análise espacial e a representação cartográfica de dados temáticos e interpretativos dos solos para o Estado da Paraíba;

15. A utilização dos dados de altimetria da superfície, a partir da imagem SRTM, permitiu uma caracterização detalhada da declividade do terreno, um dos impedimentos mais importantes na interpretação das terras para mecanização agrícola, bem como, ajustes e correções da representação cartográfica das unidades de mapeamento dos solos utilizadas neste trabalho;

6. CONSIDERAÇÕES

A classificação de terras para mecanização proposta, não pretende ser definitiva, nem tão pouco universal, podendo ser melhorada e adaptada as particularidades edafoclimáticas e culturais de diferentes localidades;

Espera-se que esta classificação de terras para mecanização agrícola, a depender do nível de detalhamento do mapeamento de solos, possa dar suporte técnico ao planejamento do uso de máquinas agrícolas, em operações de preparo do solo, contribuindo para a racionalidade do uso, manejo e a conservação dos solos;

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, A. **Introdução ao Geoprocessamento e ao Sensoriamento Remoto**. Apostila de Fotointerpretação e Sensoriamento Remoto. UNITAU, 2002.

ANDRADE, M. V. **Diagnóstico da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do açude Camará - PB, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Areia – PB. CCA/UFPB, maio de 2008. (Dissertação de Mestrado).

ARAÚJO, W. T; SANTOS, R. L; LAGE, C. S. **A modelagem digital de elevação como instrumento de análise da ocupação do sítio urbano**. Revista de Sistemas de Informação n°. 01 Jan./Jun. 2008.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, c1989. 294 p.

BARBOSA, C. C. F; CÂMARA, G; MEDEIROS, J. S; CREPANI, E; NOVO, E. M. L. M; CORDEIRO, J. P. C. **Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Bahia. Anais, INPE, 1998.

BARDALES, N. G; LANI, J. L; AMARAL, E. F. do; MELO A. W. F. de; ARAÚJO, E. A; ROSADO, J. F. **Uso de imagens SRTM na elaboração de mapas de solos na região do vale do baixo Rio Iacó, Acre, Brasil**. XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Gramado-RS, 2007.

BENNEMA, J; BEEK, K. J; CAMARGO, M. N. **Um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamento de reconhecimento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura/FAO, 1964. 49p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972 (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil**. Brasília-DF, 2005, 213p.

BRASIL NETO, F. T. **Potencial produtivo e degradação das terras das sub-bacias hidrográficas Olho D'Água e Jardim, Areia - PB**. Dissertação de mestrado Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, CCA/UFPB. 2001, 68p.

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São José dos Campos. INPE, 1996. 39p. (Relatório do INPE).

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J. S. de. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2.a Edição - Revisada e Ampliada. São José dos Campos, SP. INPE, 1998. 194p.

CÂMARA, G; MEDEIROS, C. B; CASANOVA, M. A; HEMERLY, A. MAGALHÃES, G. (c) **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Escola de Computação. SBC, 1996a.

CÂMARA, G; SOUZA, R. C. M; FREITAS, U. M; GARRIDO, J. **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**. Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun, 1996b.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; PEDROSA, B.; VINHAS, L.; MONTEIRO, A. M. V.; PAIVA, J. A.; CARVALHO, M. T.; GATTASS, M. **TerraLib: Technology in Support of GIS Innovation**. In: II Simpósio Brasileiro em Geoinformática, GeoInfo 2000, São Paulo, 2000.

CÂMARA, G; BARBOSA, C; CORDEIRO, J. P; LOPES, E; FREITAS, U. M. de; LUCENA, I. **Álgebra de mapas - Análise Espacial de Dados Geográficos**. INPE, 2001.

CAMARGO, M. N; KLAMT, E; KAUFFMAN, J. H. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 12, n. 1, p. 11-33, 1987.

CAMPOS, M. C. C & QUEIROZ, S. B. **Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba**. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6 n.01, ISSN -1519-5228, UEPB, 2006.

CARVALHO, O. de. **Áreas prioritárias para o combate à desertificação: aspectos técnicos e institucionais**. Cap. 6, 95-123p. In: Mudanças climáticas e desertificação no semiárido Brasileiro. Petrolina, EMBRAPA, CPTSA/Informática Agropecuária. 295p. 2009.

CAVALCANTE, F. de S; DANTAS, J. S; SANTOS, D; CAMPOS, M. C. C. **Considerações sobre a utilização dos principais solos no estado da Paraíba**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia - Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça/Faef Ano IV, Número 08, Dezembro de 2005.

CHAVES, I. B. **Mapeamento da Erosão Hídrica Potencial no Estado da Paraíba: Modelagem, Estimativa e Automação**. Relatório Técnico. Estágio de Pós-Doutoramento. Tucson – Arizona. Agosto – 2002 à Janeiro – 2004.

CHAVES I. B; CHAVES, L. H. G; VASCONCELOS, A. C. F. de. **Inventário dos solos da bacia hidrográfica do açude Namorado**. XVI RBMCSA. Aracaju, 2006.

CHAVES, I. B; FARIAS, L. C; LIMA, E. R. V; FRANCISCO, P. R. M. **Chave Interpretativa para Levantamento Simplificado de Terras e Estimativa da Capacidade de uso, Projeto Vaca Brava, Areia - PB**. XVII RBMCSA, Rio de Janeiro, 2008.

CINTRA, J. P; **Topografia básica: notas de aula para a disciplina PTR-285**. São Paulo: PTR/EPUSP, 1999.

CREPANI, E. & MEDEIROS J. S. de. **Imagens Fotográficas Derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia**. São José dos Campos: INPE, Ago. 2004. 40p. (INPE-11238-RPQ/761)

CREPANI, E. & MEDEIROS J. S. de. **Imagens CBERS + Imagens SRTM + Mosaicos GeoCover LANDSAT em ambiente SPRING e TerraView: Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento gratuitos aplicados ao desenvolvimento sustentável.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005, INPE, p. 2637-2644.

CUNHA, N. G da. **Considerações sobre os solos da sub-região da Nhecolândia, Pantanal Mato-grossense, Corumbá.** EMBRAPA-UEPAE de Corumbá, (Circular técnica, 1), 1980. 45 p.

CURI, N; LARACH, J. O. I; KÄMPF, N; MONIZ, A. C; FONTES, L. E. F. **Vocabulário de ciência do solo.** Campinas: SBCS, 1993. 90p.

DEMATTÊ, J. A. **Planejamento do uso da terra - Ciência do Solo IV.** USP – Piracicaba. Outubro, 2003.

EMBRAPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Caracterização dos Solos do Município de Castro, PR.** Rio de Janeiro, RJ, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999a. 412p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006a.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Aptidão agrícola das terras do Brasil - potencial de terras e análise dos principais métodos de avaliação.** Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999b. 36p.

EMBRAPA. Circular Técnica 10. **Diagnóstico Ambiental do Município de Floresta, Pernambuco.** RJ, 2001.

EMBRAPA. **Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias:** coletânea de artigos revistos / Editor técnico, Eliseu Alves. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006b. 181 p.

FAO - Boletim de Serviços Agrícolas. R. C. GIFFORD. **La ingeniería agrícola en el desarrollo: formulacion de una estrategia para la mecanizacion.** Vol.1 Concepto y fundamentos. 1993.

FARIAS, L. C. de. **Diagnóstico físico-conservacionista das terras em confrontação com a percepção comunitária – Bacia hidrográfica Vaca Brava, Areia - PB.** CCA/UFPB, março de 2006. (Dissertação de Mestrado).

FASOLO, P. J. **Importância e uso dos levantamentos de solos e suas relações como planejamento do uso da terra.** Anais do Congresso Brasileiro e Encontro Nacional de Pesquisa sobre conservação do solo. 1990. Londrina: IAPAR, 1996.

FERNANDES, M. F; BARBOSA, M. P; SILVA, M. J. da. **Gestão e controle ambiental - O uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola**

das terras de parte do setor leste da Bacia do Rio Seridó, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.2, p.195-198, 1998.

FRANCO, J. B. S; ROSA, R. **Zoneamento Agrícola do Município de Campina Verde - MG, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica.** Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 561-572.

FREIRE, O. **Apontamentos de edafologia.** Piracicaba-SP: 2. ed. 1984. 317p.

FREIRE, F. & PAREDES, E. A. **Aplicação do software Global Mapper 8.0 na elaboração de mapas temáticos no planejamento territorial.** I Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá – SEUEM, 2007.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento.** ESALQ. Piracicaba, 2002. (Dissertação de mestrado).

FURLANI, C. E. A; SILVA, R. P. da. **Tratores Agrícolas.** Apostila Didática Nº 3. Jaboticabal – SP. 2006.

GLERIANI, J. M. **Concordância da aptidão agrícola das terras do Estado de São Paulo elaborada nos anos setenta com os dados do Censo Agropecuário do IBGE ano 95/96.** INPE. São José dos Campos. Julho, 2000.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA - Secretaria da Educação – UFPB. **Atlas Geográfico da Paraíba.** João Pessoa. Grafset, 1985.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA – PB. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba.** Relatório. UFPB-ELC. Dez, 1978. 448p.

GUIMARÃES, R. V. **Aplicação de geoprocessamento para o aumento da eficiência de percurso em operações agrícolas na cultura da cana-de-açúcar (*saccharum spp*).** Dissertação de Mestrado. USP/ESALQ. Piracicaba. 2004. 98p.

IBGE. **Manual Técnico de Pedologia.** 2. ed. Rio de Janeiro. 2007.

LEPSCH, I. F; BELLINAZZI JR., R; BERTOLINI, D; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4^a Aprox. SBCS, Campinas-SP. 1991. 175p.

LOPES, E. S. S. **Tutorial 10 aulas – SPRING – 3.6 (versão Windows/UNIX).** INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2002.

LOYOLA, J. M. T; PREVEDELLO, C. L. **Modelos analíticos para predição do processo da redistribuição da água no solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:783-787, 2003.

MARCONDES. **Os Quatro Brasis. Regionalização do espaço Brasileiro.** 4.a Apostila Vestibular, 2009.

- MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres. 1974.
- MIRANDA, E. E. de. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, 2005.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2 ed., Viçosa – MG: UFV, 2003. 307p.
- MOREIRA, E; TARGINO, I. **Capítulos de Geografia Agrária da Paraíba**. João Pessoa: Ed. Universitária, 1997.
- MOREIRA, E; TORRES, E. da N; SILVA, R. M. da; TARGINO, I. **Espaço agrário e tecnologia agrícola na zona da mata da Paraíba**. Revista Cadernos do Logepa - Série Pesquisa, ano 02, n. 02, p. 1-22. DGEOC/CCEN/UFPB. João Pessoa, PB, 2004
- OLIVEIRA, W. M. de. **Resposta espectral de diferentes índices vegetais de caatinga em neossolo litólico no semiárido paraibano**. Areia – PB. CCA/UFPB. 2008. 50p. (Tese de Mestrado).
- PECHE FILHO, A. **Metodologia para avaliação da fragilidade de terras em função da mecanização no preparo do solo**. Dissertação de Mestrado. UNICAMP, FEAG. Campinas, 1998.
- PEREIRA, L. C; LOMBARDI NETO, F. **Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 36p.
- PETTINATTI, F. **Modelamento Digital de Terreno e Representação Gráfica de Superfície**. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 1983.
- PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. Dissertação de Mestrado. UFL, MG. Lavras, 2003.
- PONTES, M. A. G. **GIS e Geoprocessamento**. Apostila de Topografia. FACENS Sorocaba/SP, 2002.
- PRADO, H. do. **Manual de classificação de solos do Brasil**. 3.a edição, Jaboticabal, FUNEP, 1996, 196p.
- PRADO, H. do. **Solos Tropicais - potencialidades, limitações, manejo e capacidade de uso**. 2.a edição. Jaboticabal, FUNEP, 1998.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3.a ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.
- RANZINI, G. **Manual de levantamento de solos**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1969, 2. ed. 128p.
- REINERT, D. J. & REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, Maio de 2006.

RESENDE, M; CURI, N; REZENDE, S. B. de; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 1995. 304p.

RESENDE, M; LANI, J. L. **500 anos de uso do solo no Brasil – XIII RBMCSA**. Agosto – 2000.

SÁ, I. B. & ANGELOTTI, F. **Degradação ambiental e desertificação no semiárido brasileiro**. In: Mudanças climáticas e desertificação no semiárido brasileiro. EMBRAPA/CPATSA, Petrolina-PE. 53-76p. 2008

SANTOS, A. G. dos. **Método para georreferenciamento de mapas urbanos baseado na atribuição de pesos aos pontos de controle**. Tese Doutorado. USP. São Carlos, 2009.

SANTOS, R. F. dos. **Ensino-aprendizagem de solos com agricultores e agricultoras de Mata Redonda, Remígio - PB a partir de levantamento utilitário**. Areia - PB. 2001. (Dissertação de Mestrado).

SANTOS, L. & SILVA, E. A. **Carta de Trafegabilidade do Terreno Usando SIG e Imagem de Alta Resolução**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC- Florianópolis, 2004.

SCOTTON, G. C; DAL SANTO, M. A; OLIVEIRA, F. H. **Cartografia Digital Aplicada à Análise Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Biguaçu – SC**. COBRAC 2004 · UFSC Florianópolis · Outubro 2004.

SIQUEIRA, R, **Sistemas de Preparo em Diferentes Tipos de Coberturas Vegetais do Solo**. Teste de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 1999.

SILVA, S. R. R. **Zoneamento Geoambiental da Bacia do Açude Câmara - PB, Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. Areia: UFPB, 2006. Dissertação de Mestrado em Manejo de Solo e Água, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2006.

SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, S. I. J; NEVES JUNIOR, A. F. **Intervalo hídrico ótimo e sua importância para as plantas**. In: Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Vol. 1, 1-30p. 2009.

SOUSA, L. G. de. **Análise de desempenho das culturas agrícolas da Paraíba**. UFCG, 2006. Dissertação de mestrado. Edição eletrônica. Ed. Eumednet, 2006.

SOUSA, R. B. DE; TARGINO, I. **Perfil da Produção Familiar Rural na Paraíba**. XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 2009, p. 1-29.

SOUSA, R. F. de; BARBOSA, M. P; SOUSA JÚNIOR, S. P. de. TERCEIRO NETO, C. P. C; LIMA, A. N. de. **Solos e classes de terras para irrigação no município de Itaporanga, PB**. Revista Caatinga - Mossoró, v.20, n.4, p.116-122, outubro/dezembro 2007.

SPRING 3.5. Tutorial. FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem numérica de terreno. Análise Espacial de dados Geográficos**. 2000.

STEELE, J. G. **Soil survey interpretation and its use**. Roma, FAO, 1967. 68p (Soil Bulletin, 8).

TARGINO, I; MOREIRA, E. **Desempenho da agropecuária paraibana na década de 1990**. In CAMPOS, F. L. S. MOREIRA, I. T; MOUTINHO, L. M. G. **A economia paraibana: estratégias competitivas e políticas públicas**. João Pessoa: Editora Universitária, 2006.

TEIXEIRA NETO, A. **Tipos de Produção Familiar Rural: o caso de Cacimba de Dentro - PB**. João Pessoa: DECON/UFPB/PIBIC, Relatório de Pesquisa, 2008.

USHIWATA, C. T. **Você pode ajudar no combate ao Aquecimento Global - Saiba como fazer consumindo Produtos Orgânicos**. Maio, 2008.

VALLADARES, G. S; HOTT, M. C; QUARTAROLI, C. F. **Aptidão agrícola das terras do nordeste do estado de São Paulo**. Circular técnica 15. Embrapa CNPM, 2008.

VARELLA, C. A. A. **Geoprocessamento na Agricultura de Precisão**. Apostila. 1ª Semana Acadêmica de Engenharia de Agrimensura. UFRRJ. Novembro, 2004.

WADT, P. G. S; NÓBREGA, M. S; CUNHA DOS ANJOS, L. H. **Grau de limitação quanto aos impedimentos à mecanização no sistema de aptidão agrícola das terras em nível de propriedade rural**. XVII RBMCSA, Rio de Janeiro, 2008.

ANEXOS

Anexo A. Classificações atualizada dos perfis Fonte: Campos & Queiroz (2006)

LOCAL	PERFIL	CLASSIFICAÇÃO ANTERIOR (BRASIL, 1972)	NOVA CLASSIFICAÇÃO (EMBRAPA, 1999)	SÍMBOLO
Bananeiras	1	LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO	Latossolo Amarelo Distrófico típico	LAd
Conde	2	LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO	Argissolo Amarelo Distrófico latossólico	PAd
Alhandra	3	LATOSOL VERMELHO AMARELO DISTRÓFICO	Latossolo Amarelo Distrófico argissólico	LAd
Cuité	4	LATOSOL VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO	Latossolo Amarelo Distrófico argissólico	LAd
Araruna	5	LATOSOL VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO	Latossolo Amarelo Distrófico argissólico	LAd
Natuba	6	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EUTRÓFICO orto	Argissolo Amarelo Distrófico latossólico	PAd
Mamanguape	7	PODZOLICO VERMELHO AMARELO variação ACINZENTADA com fragipan orto	Argissolo Acinzentado Distrófico fragipanico	PACd
Pitimbu	8	PODZOLICO VERMELHO AMARELO com fragipan	Argissolo Amarelo Distrófico latossólico	PAd
Rio Tinto	9	PODZOLICO VERMELHO AMARELO com fragipan	Argissolo Amarelo Distrófico arênico fragipanico	PAd
Sapé	10	PODZOLICO VERMELHO AMARELO com A proeminente abruptico com fragipan	Argissolo Amarelo Distrófico abruptico fragipanico	PAd
Pedras de Fogo	11	PODZOLICO VERMELHO AMARELO com A proeminente abruptico com fragipan	Argissolo Amarelo Distrófico abruptico fragipanico	PAd
Princesa Izabel	12	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO orto	Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico abruptico	PVAe
Bonito de Santa Fé	13	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO orto	Argissolo Vermelho Eutrófico típico	Pve
Teixeira	14	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO orto	Plintossolo Pétrico Concrecionário típico	Pfce
Souza	15	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico	PVe
Tavares	16	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico	Cxbe
Itabaiana	17	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTROFICO abruptico com fragipan	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico fragipanico	PVAd
Sapé	18	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTROFICO abruptico com fragipan	Argissolo Amarelo Distrófico típico	PAd
Jacaraú	19	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTROFICO abruptico plíntico	Plintossolo Argiluvico Eutrofico espessarenico	Fte
Areia	20	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTRÓFICO com A proeminente	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico abruptico	PVAd
Guarabira	21	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTROFICO com A proeminente	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico	PVe
Lagoa Seca	22	PODZOLICO VERMELHO AMARELO EQUIVALENTE EUTROFICO com A proeminente	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico	PVe
Alagoa Grande	23	TERRA ROXA ESTRUTURADA EUTROFICA	Argissolo Vermelho Eutrófico abruptico	PVe
Pombal	24	BRUNO NÃO CALCICO	Luvissole Crômico Ortico típico	Tco
Monteiro	25	BRUNO NÃO CALCICO	Luvissole Crômico Ortico típico	Tco

Patos	26	BRUNO NÃO CALCICO	Luvissole Crômico Ortico típico	Tco
Solanea	27	BRUNO NÃO CALCICO Litólico	Luvissole Hipocromico Crômico Ortico típico	Tpo
Sapé	28	BRUNO NÃO CALCICO planosólico	Luvissole Hipocromico Crômico Ortico típico	Tpo
Ingá	29	BRUNO NÃO CALCICO planosólico	Luvissole Hipocromico Crômico Ortico típico	Tpo
São Miguel de Taipu	30	BRUNO NÃO CALCICO planosólico	Luvissole Hipocromico Crômico Ortico típico	Tpo
São Mamede	31	BRUNO NÃO CALCICO vértico	Luvissole Crômico Ortico típico	TCO
Barra de Santa Rosa	32	BRUNO NÃO CALCICO vértico	Planossolo Háptico Eutrofico típico	TPo
Cuité	33	BRUNO NÃO CALCICO vértico	Planossolo Háptico Eutrofico típico	SXe
Gurinhem	34	PLANOSOL SOLODICO com A fraco	Planossolo Háptico Eutrofico solodico	SXe
Tacima	35	PLANOSOL SOLODICO com A fraco	Planossolo Háptico Eutrofico solodico	SXe
Princesa Isabel	36	CAMBISOL EUTROFICO latossólico com A fraco	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico latossolico	CXbe
Taperoá	37	CAMBISOL EUTROFICO latossólico com A fraco	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico	CXve
Campina Grande	38	VERTISOL	Vertissolo Cromado Ortico típico	Vco
Queimadas	39	VERTISOL	Vertissolo Ebanico Ortico típico	VeO
Souza	40	VERTISOL	Vertissolo Cromado Ortico solodico	VCo
Sumé	41	VERTISOL	Vertissolo Cromado Ortico típico	VCo
Boqueirão	42	VERTISOL	Vertissolo Cromado Ortico típico	VCo
Cubati	43	SOLONETZ SOLODIZADO	Planossolo Nátrico Ortico típico	SNo
Campina Grande	44	SOLONETZ SOLODIZADO	Planossolo Nátrico Ortico típico	SNo
Uiraúna	45	SOLONETZ SOLODIZADO	Planossolo Nátrico Ortico típico	SNo
Conde	46	PODZOL HIDROMORFICO	Esposossolo Ferrocárbico Ortico típico	Eso
Santa Rita	47	SOLO ALUVIAL EUTROFICO	Neossolo Fluvico Ta Eutrofico solodico	Ruve
São José de Piranhas	48	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litolico Eutrofico típico	RLe
Santana dos Garrotes	49	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litolico Eutrofico típico	RLe
Picuí	50	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litolico Eutrofico típico	RLe
Umbuzeiro	51	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litolico Eutrofico típico	RLe
Araruna	52	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Regolítico Eutrofico leptico	RRe
Soledade	53	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litolico Eutrofico típico	RLe

Souza	54	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Regolítico Eutrófico leptico	RRe
Conceição	55	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Cambissolo Háptico Ta Eutrófico leptico	CXve
Piancó	56	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litólico Eutrófico típico	RLe
Junco do Seridó	57	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A fraco	Neossolo Litólico Psamítico típico	RLq
Fagundes	58	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A moderado	Neossolo Litólico Eutrófico típico	RLe
Alagoinhas	59	SOLO LITOLICO EUTROFICO com A proeminente	Neossolo Litólico Eutrófico típico	RLe
Solanea	60	REGOSSOL EUTROFICO	Neossolo Regolítico Psamítico solodico	RRq
Teixeira	61	REGOSSOL EUTROFICO com fragipan	Neossolo Quartzarenico Ortico fragipanico	Rqo
Livramento	62	REGOSSOL EUTROFICO com fragipan	Neossolo Regolítico Psamítico típico	RRq
Campina Grande	63	REGOSOL DISTROFICO	Neossolo Quartzarenico Ortico típico	RQo
Cabedelo	64	AREIAS QUARTZOSAS MARINHAS EUTROFICAS	Neossolo Quartzarenico Ortico solodico	RQo

APÉNDICE

Apêndice A. Descrição dos dados para a elaboração do mapa de impedimentos a mecanização das terras através do programa SPRING utilizando a linguagem espaço-geográfica baseada em álgebra (LEGAL).

```
{Tematico parcial ("Parcial"), declividade ("Declividade_simplificado"),
impedimento("Impedimento");
parcial = Recuperere(Nome="Parcial");
declividade = Recuperere(Nome="simplificado");
impedimento = Novo(Nome="Impedimento",ResX=20,ResY=20,Escala=100000);
impedimento = Atribua(Categoria Fim="Impedimento_simplificado")
{"Especial":(parcial.Classe == "Especial" && declividade.Classe == "Nula") ||
      (parcial.Classe == "Especial" && declividade.Classe == "Ligeira") ||
      (parcial.Classe == "Especial" && declividade.Classe == "Moderada") ||
      (parcial.Classe == "Especial" && declividade.Classe == "Forte") ||
      (parcial.Classe == "Especial" && declividade.Classe == "Muito Forte"),
"Nula":(parcial.Classe == "Nula" && declividade.Classe == "Nula"),
"Ligeira":(parcial.Classe == "Ligeira" && declividade.Classe == "Ligeira") ||
      (parcial.Classe == "Nula" && declividade.Classe == "Ligeira") ||
      (parcial.Classe == "Ligeira" && declividade.Classe == "Nula"),
"Moderada":(parcial.Classe == "Moderada" && declividade.Classe == "Moderada") ||
      (parcial.Classe == "Nula" && declividade.Classe == "Moderada") ||
      (parcial.Classe == "Ligeira" && declividade.Classe == "Moderada") ||
      (parcial.Classe == "Moderada" && declividade.Classe == "Nula") ||
      (parcial.Classe == "Moderada" && declividade.Classe == "Ligeira"),
"Forte":(parcial.Classe == "Forte" && declividade.Classe == "Forte") ||
      (parcial.Classe == "Forte" && declividade.Classe == "Nula") ||
      (parcial.Classe == "Forte" && declividade.Classe == "Ligeira") ||
      (parcial.Classe == "Forte" && declividade.Classe == "Moderada") ||
      (parcial.Classe == "Nula" && declividade.Classe == "Forte") ||
      (parcial.Classe == "Ligeira" && declividade.Classe == "Forte") ||
      (parcial.Classe == "Moderada" && declividade.Classe == "Forte"),
"Muito Forte":(parcial.Classe == "Muito Forte" && declividade.Classe == "Muito
Forte")||
      (parcial.Classe == "Muito Forte" && declividade.Classe == "Nula") ||
      (parcial.Classe == "Muito Forte" && declividade.Classe == "Ligeira") ||
```

```
(parcial.Classe == "Muito Forte" && declividade.Classe == "Moderada") ||
(parcial.Classe == "Muito Forte" && declividade.Classe == "Forte") ||
(parcial.Classe == "Nula" && declividade.Classe == "Muito Forte") ||
(parcial.Classe == "Ligeira" && declividade.Classe == "Muito Forte") ||
(parcial.Classe == "Moderada" && declividade.Classe == "Muito Forte") ||
(parcial.Classe == "Forte" && declividade.Classe == "Muito Forte"),
"Extremamente Forte":(parcial.Classe == "Nula" && declividade.Classe ==
"Extremamente Forte") ||
    (parcial.Classe == "Ligeira" && declividade.Classe == "Extremamente
Forte") ||
    (parcial.Classe == "Moderada" && declividade.Classe == "Extremamente
Forte") ||
    (parcial.Classe == "Forte" && declividade.Classe == "Extremamente Forte") ||
    (parcial.Classe == "Muito Forte" && declividade.Classe == "Extremamente
Forte");}
```

Apêndice B. Símbolo, extensão e distribuição percentual das unidades de mapeamento dos solos do estado da Paraíba. **Fonte:** Boletim técnico n.º 15

Símbolo, extensão e distribuição percentual das unidades de mapeamento						
Símbolo da unidade que consta do mapa de solos	Mapa de solos 1972		Mapa solos atualizado		Diferença entre as Áreas dos polígonos	
	Área (km ²)	Percentagem em relação à área total (%)	Área (km ²)	Percentagem em relação à área total (%)	(%)	(km ²)
LVd1	35.5	0.06	35.5	0.06	0	0
LVd2	37.5	0.07	22.1	0.04	-0.03	-15.4
LVe1	112.5	0.20	100.6	0.18	-0.02	-11.9
LVe2	42.5	0.08	40.8	0.07	-0.01	-1.7
LVe3	63.25	0.11	55.84	0.10	-0.01	-7.41
PV1	65	0.11	112.95	0.20	0.09	47.95
PV2	55.5	0.10	57.92	0.10	0	2.42
PV3	825	1.46	812.75	1.44	-0.02	-12.25
PV4	505	0.90	506.76	0.90	0	1.76
PV5	657.5	1.17	691.28	1.22	0.05	33.78
PV6	260	0.46	240.73	0.43	-0.03	-19.27
PE1	112.5	0.20	220.57	0.39	0.19	108.07
PE2	350	0.62	333.83	0.59	-0.03	-16.17
PE3	1590	2.82	1597.38	2.83	0.01	7.38
PE4	527.5	0.94	537.08	0.95	0.01	9.58
PE5	2502.5	4.44	2264.3	4.01	-0.41	-238.2
PE6	215	0.38	252.52	0.45	0.07	37.52
PE7	65	0.11	94.05	0.17	0.06	34.05
PE8	168.25	0.30	188.2	0.33	0.03	19.95
PE9	257.5	0.46	255.6	0.45	-0.01	-1.9
PE10	285	0.51	262.4	0.46	-0.05	-22.6
PE11	462.5	0.82	464.4	0.82	0	1.9
PE12	416.5	0.74	369.6	0.65	-0.09	-46.9
PE13	440	0.78	488.3	0.86	0.08	48.3
PE14	262.5	0.47	265.1	0.47	0	2.6
TRe1	167.5	0.30	168.25	0.30	0	0.75
TRe2	125	0.22	128	0.23	0.01	3
NC1	5515	9.78	5100.2	9.04	-0.75	-414.9
NC2	1650	2.93	1556.5	2.76	-0.17	-93.5
NC3	232.5	0.41	197	0.35	-0.06	-35.5
NC4	2145	3.81	1998	3.54	-0.27	-147
NC5	540	0.96	498	0.88	-0.08	-42
NC6	987.5	1.75	967.94	1.71	-0.04	-19.57
NC7	3577.5	6.35	3732.38	6.61	0.26	154.87
NC8	1890	3.35	1800.21	3.19	-0.16	-89.8
NC9	1925	3.41	1826.09	3.23	-0.18	-99
NC10	3697.5	6.56	3710.2	6.57	0.01	12.7
PL	87.5	0.15	75.78	0.13	-0.02	-11.72
Ce1	132.5	0.23	146.54	0.26	0.03	14.03
Ce2	72.5	0.13	55.48	0.10	-0.03	-17.03
Ce3	225	0.40	278.6	0.49	0.09	53.6
V1	137.5	0.24	126.38	0.22	-0.02	-11.12

V2	282.5	0.50	274.95	0.49	-0.01	-7.55
V3	345	0.61	291.35	0.52	-0.09	-53.66
V4	697.5	1.24	675.2	1.20	-0.04	-22.3
SS1	327.5	0.58	318.64	0.57	-0.01	-8.87
SS2	2045	3.63	2010.25	3.56	-0.07	-34.75
SS3	742.5	1.32	713.8	1.27	-0.05	-28.7
SS4	380	0.67	393	0.69	0.02	13
SM	140	0.25	134	0.24	-0.01	-6
HGd	64	0.11	60.92	0.11	0	-3.1
HP	275	0.49	274.64	0.49	0	-0.36
Ae	150	0.27	145.52	0.26	-0.01	-4.48
Re1	1870.5	3.32	1837.7	3.31	-0.01	-32.8
Re2	1892.5	3.36	1869.68	3.31	-0.05	-22.82
Re3	1027.5	1.82	982.87	1.74	-0.08	-44.63
Re4	310	0.55	388.8	0.68	0.13	78.8
Re5	30	0.05	28.73	0.05	0	-1.28
Re6	247.5	0.44	276.9	0.49	0.05	29.4
Re7	375	0.67	591.05	1.06	0.39	216
Re8	875	1.55	875.85	1.55	0	0.84
Re9	1040	1.84	979.85	1.74	-0.1	-60.16
Re10	495	0.88	448.96	0.80	-0.08	-46.05
Re11	132.5	0.23	174.4	0.31	0.08	41.9
Re12	237.5	0.42	321.42	0.57	0.15	83.9
Re13	192.5	0.34	322.97	0.57	0.23	131.47
Re14	320	0.57	460.74	0.81	0.24	140.74
Re15	205	0.36	197.44	0.35	-0.01	-7.6
Re16	330.5	0.59	341.87	0.60	0.01	11.35
Re17	325	0.58	296	0.53	-0.05	-29
Re18	3390	6.01	3930.36	6.96	0.95	540.35
Re19	182	0.32	236.5	0.42	0.1	54.5
Re20	392.5	0.70	383.63	0.68	-0.02	-8.9
Re21	260	0.46	379.3	0.67	0.21	119.28
REd	610	1.08	616.05	1.09	0.01	6
REe1	275	0.49	259.86	0.46	-0.03	-15.15
REe2	357.5	0.63	360.1	0.64	0.01	2.5
REe3	260.5	0.46	217.7	0.39	-0.07	-42.8
REe4	266.25	0.47	244.45	0.43	-0.04	-21.8
REe5	212.5	0.38	247.85	0.44	0.06	35.35
REe6	27.5	0.05	37.2	0.06	0.01	9.68
AQd	1137.5	2.02	1083.5	1.92	-0.1	-54.22
AM	62.5	0.11	51.05	0.09	-0.02	-11.5
AMd	56.75	0.10	17.45	0.03	-0.07	-39.31
Águas Inter.	105	0.19	35.93	0.07	-0.12	-69.1
TOTAIS	56372	100.00	56424.54	100.00	0.00	0

Apêndice C. Quantidade de polígonos, símbolo e classificação das unidades de mapeamento e classes dos solos do estado da Paraíba.

Quant. Polig.	Parcial	Declividade	Classificação	Quant. Polig.	Parcial	Declividade	Classificação
2	Água	Nula	I	2	PE12 III tap	Nula	III tap
1	AMd	Nula	I	1	PE14 III tap	Nula	III tap
4	AM	Nula	I	2	Re16 III spa	Nula	III spa
4	SM	Nula	I	2	Re6 III ps	Moderada	III dps
1	HGd	Nula	I	1	REe2 III as	Moderada	III dsa
4	PV5 I	Nula	I	1	REe3 III as	Moderada	III dsa
4	PE8 I	Nula	I	1	PE13 III ta	Moderada	III dta
1	PE9 I	Nula	I	1	PE12 III tap	Moderada	III dta
1	PE10 I	Nula	I	1	PV2 III a,t	Nula	III a,t
3	AQd I	Nula	I	1	HP III a	Ligeira	III a,d
1	REd I	Nula	I	5	PV3 II a	Moderada	III d,a
5	PV3 II a	Nula	II a	1	PV4 II a	Moderada	III d,a
5	PV4 II a	Nula	II a	2	Lve3 II t	Moderada	III d,t
1	REe1 II s	Nula	II s	2	Ce1 II t	Moderada	III d,t
1	Ce3 II t	Nula	II t	1	Ce2 II t	Moderada	III d,t
1	Lvd2 II t	Nula	II t	2	PE6 II t	Moderada	III d,t
2	AQd I	Ligeira	II d	1	REe1 II s	Moderada	III d,s
1	PV5 I	Ligeira	II d	1	Lve1 III t,a	Nula	III t,a
3	PE8 I	Ligeira	II d	3	Re10 III p,s	Nula	III p,s
1	PE9 I	Ligeira	II d	2	REe4 III p	Ligeira	III p,d
2	PE10 I	Ligeira	II d	3	REe5 III p	Ligeira	III p,d
1	PV6 II ta	Nula	II ta	1	PV2 III a,t	Ligeira	III a,dt
1	Lve2 II t	Ligeira	II dt	1	PV6 II ta	Moderada	III d,ta
1	Ce2 II t	Ligeira	II dt	1	PE2 III t,as	Nula	III t,as
1	Ce3 II t	Ligeira	II dt	2	PE2 III t,as	Ligeira	III t,da
1	PE6 II t	Ligeira	II dt	1	TRe1 III t,as	Ligeira	III t,da
1	PE7 II a	Ligeira	II da	2	PE3 III tp,a	Nula	III tp,a
2	PV3 II a	Ligeira	II da	1	PE4 III tp,a	Nula	III tp,a
1	PV4 II a	Ligeira	II da	1	Re21 III sp	Ligeira	III sp,d
1	REe1 II s	Ligeira	II ds	1	PE13 III ta	Ligeira	III ta,d
1	PV6 II ta	Ligeira	II dta	1	Re6 III ps	Nula	III ps,d
2	HP III a	Nula	III a	3	Re6 III ps	Ligeira	III ps,d
2	REe4 III p	Nula	III p	1	Re10 III p,s	Moderada	III dp,s
1	PV5 I	Moderada	III d	3	PE4 III tp,a	Ligeira	III tp,d
2	PE10 I	Moderada	III d	3	PE3 III tp,a	Ligeira	III tp,d
1	REd I	Moderada	III d	2	PE2 III t,as	Moderada	III dt,s
5	AQd I	Moderada	III d	3	PE12 III tap	Ligeira	III tap
2	REe2 III as	Nula	III sa	2	PE14 III tap	Ligeira	III tap
1	REe3 III as	Nula	III sa	6	Re16 III spa	Ligeira	III spa
2	REe5 III p	Moderada	III dp	2	PE1 III tp,a	Moderada	III dtp
1	REe4 III p	Moderada	III dp	4	PE3 III tp,a	Moderada	III dtp

Quant. Polig.	Parcial	Declividade	Classificação	Quant. Polig.	Parcial	Declividade	Classificação
1	PE4 III tp,a	Moderada	III dtp	1	Re10 III p,s	Forte	IV d,p,s
1	PE10 I	Forte	IV d	1	PV1 III t,a	Forte	IV d,t,a
1	PL IV tpa	Nula	IV pta	2	TRe2 III t,as	Forte	IV d,t,s
2	Ae IV pta	Nula	IV pta	1	PE11 III a,t	Forte	IV d,a,t
1	Ae IV pta	Ligeira	IV pta	3	Re7 IV p,,a	Moderada	IV p,d,a
1	V4 IV pta,,s	Nula	IV pta	10	PE5 IV s,p,ta	Nula	IV s,p,t
1	V4 IV pta,,s	Ligeira	IV pta	6	PE5 IV s,p,ta	Ligeira	IV s,p,d
1	V1 IV tpa	Moderada	IV pta	1	Re17 IV s,p,a	Ligeira	IV s,p,d
1	PL IV tpa	Moderada	IV pta	2	REe1 II s	Forte	IV d,,s
1	V3 IV psta	Ligeira	IV pst	1	Lvd1 II t	Forte	IV d,,t
1	V3 IV psta	Moderada	IV pst	3	Re12 IV p,,sta	Nula	IV p,,st
1	V1 IV tpa	Forte	IV dpt	1	Re9 IV p,,sta	Nula	IV p,,st
1	SS2 IV pa,t,s	Forte	IV dpa	1	Re8 IV p,,sta	Nula	IV p,,st
1	NC4 IV t,pa	Nula	IV t,pa	2	Re8 IV p,,sta	Ligeira	IV p,,ds
2	NC4 IV t,pa	Ligeira	IV t,pa	1	Re9 IV p,,sta	Ligeira	IV p,,ds
1	NC5 IV t,pa,s	Nula	IV t,pa	1	Re7 IV p,,a	Ligeira	IV p,,da
2	NC5 IV t,pa,s	Ligeira	IV t,pa	1	PE1 III tp,a	Muito Forte	IV d,,tp
3	NC10 IV t,psa	Moderada	IV t,dp	1	Re7 IV p,,a	Forte	IV d,p,,a
1	NC4 IV t,pa	Moderada	IV t,dp	1	PE5 IV s,p,ta	Forte	IV ds,p
10	NC10 IV t,psa	Nula	IV t,ps	2	NC5 IV t,pa,s	Forte	IV dt,p
8	NC2 IV t,ps,a	Nula	IV t,ps	2	NC1 IV t,ps,a	Forte	IV dt,p
19	NC1 IV t,ps,a	Nula	IV t,ps	1	NC2 IV t,ps,a	Forte	IV dt,p
17	NC1 IV t,ps,a	Ligeira	IV t,ps	1	NC6 IV p,sta	Forte	IV dp,s
8	NC2 IV t,ps,a	Ligeira	IV t,ps	1	V2 IV ta,p,s	Ligeira	IV ta,p
5	NC10 IV t,psa	Ligeira	IV t,ps	2	V2 IV ta,p,s	Moderada	IV ta,d
1	NC5 IV t,pa,s	Moderada	IV t,dp	2	NC3 IV tp,a,s	Nula	IV tp,a
14	NC1 IV t,ps,a	Moderada	IV t,dp	2	NC3 IV tp,a,s	Moderada	IV tp,d
1	Re6 III ps	Forte	IV d,ps	8	SS2 IV pa,t,s	Nula	IV pa,t
1	Re16 III spa	Forte	IV d,ps	1	SS2 IV pa,t,s	Ligeira	IV pa,t
1	PE3 III tp,a	Forte	IV d,tp	2	SS1 IV pa,t,s	Nula	IV pa,t
2	PE13 III ta	Forte	IV d,ta	3	SS1 IV pa,t,s	Ligeira	IV pa,t
6	NC6 IV p,sta	Nula	IV p,st	4	SS3 IV pa,t,s	Nula	IV pa,t
1	NC6 IV p,sta	Ligeira	IV p,st	2	SS3 IV pa,t,s	Ligeira	IV pa,t
9	NC7 IV p,sta	Nula	IV p,st	2	SS1 IV pa,t,s	Moderada	IV pa,d
8	NC7 IV p,sta	Ligeira	IV p,st	6	SS2 IV pa,t,s	Moderada	IV pa,d
4	NC6 IV p,sta	Moderada	IV p,ds	1	SS4 IV pa,,t	Nula	IV pa,,t
10	NC7 IV p,sta	Moderada	IV p,ds	1	SS4 IV pa,,t	Ligeira	IV pa,,t
1	Re17 IV s,p,a	Moderada	IV s,dp	1	Re4 IV p,s,a	Forte	IV dp,s
5	PE5 IV s,p,ta	Moderada	IV s,dp	1	Re8 IV p,,sta	Forte	IV dp,,s
1	Re19 IV p,,sta	Moderada	IV p,d,s	3	Re9 IV p,,sta	Forte	IV dp,,s
4	Re12 IV p,,sta	Moderada	IV p,d,s	1	Re20 V sp,,a	Muito Forte	V dps
4	Re9 IV p,,sta	Moderada	IV p,d,s	2	NC8 V ps,t,a	Muito Forte	V dps
2	Re8 IV p,,sta	Moderada	IV p,d,s	5	NC9 V pas,t	Nula	V pas

Quant. Polig.	Parcial	Declividade	Classificação
4	NC9 V pas,t	Ligeira	V pas
2	NC9 V pas,t	Moderada	V pas
2	Re14 V s,p	Nula	V s,p
2	Re14 V s,p	Ligeira	V s,p
3	Re15 V s,p	Ligeira	V s,p
1	Re15 V s,p	Forte	V s,dp
5	Re18 V s,p	Nula	V s,p
10	Re18 V s,p	Ligeira	V s,p
6	Re18 V s,p	Forte	V s,dp
1	V3 IV	Muito Forte	V d,ps
1	Re3 V s,p,a	Nula	V s,p,a
5	Re3 V s,p,a	Moderada	V s,p,d
1	Re13 V s,p	Moderada	V s,p,d
1	Re15 V s,p	Moderada	V s,p,d
15	Re18 V s,p	Moderada	V s,p,d
1	PE5 IV s,p,ta	Muito Forte	V d,s,p
2	NC6 IV p,sta	Muito Forte	V d,p,s
2	NC7 IV p,sta	Muito Forte	V d,p,s
4	Re2 V p,,as,t	Forte	V p,d,a
4	Re1 V p,,as,t	Forte	V p,d,a
8	NC1 IV t,ps,a	Muito Forte	V d,t,p
1	NC4 IV t,pa	Muito Forte	V d,t,p
1	Re4 IV p,s,a	Muito Forte	V d,p,s
8	Re1 V p,,as,t	Nula	V p,,as
8	Re1 V p,,as,t	Ligeira	V p,,as
10	Re1 V p,,as,t	Moderada	V p,,da
1	Re2 V p,,as,t	Nula	V p,,as
7	Re2 V p,,as,t	Ligeira	V p,,as
8	Re2 V p,,as,t	Moderada	V p,,da
3	Re1 V p,,as,t	Muito Forte	V dp,,a
8	Re2 V p,,as,t	Muito Forte	V dp,,a
1	Re5 V ps,,a	Nula	V ps,,a
1	Re5 V ps,,a	Ligeira	V ps,,a
1	Re3 V s,p,a	Muito Forte	V ds,p
1	Re13 V s,p	Muito Forte	V ds,p
3	Re14 V s,p	Muito Forte	V ds,p
3	Re15 V s,p	Muito Forte	V ds,p
50	Re18 V s,p	Muito Forte	V ds,p
1	Re3 V s,p,a	Forte	V ds,p
6	NC8 V ps,t,a	Nula	V ps,t

Quant. Polig.	Parcial	Declividade	Classificação
9	NC8 V ps,t,a	Ligeira	V ps,t
2	NC8 V ps,t,a	Moderada	V ps,t
1	Re20 V sp,,a	Nula	V sp,,a
2	Re20 V sp,,a	Ligeira	V sp,,a
4	Re20 V sp,,a	Moderada	V sp,,d
4	Re21 III sp	Muito Forte	V d,,sp
1	Re11 III psa	Muito Forte	V d,,ps
1	Re10 III p,s	Muito Forte	V d,,p,s
4	Re12 IV p,,sta	Muito Forte	V d,p,,s
3	Re7 IV p,,a	Muito Forte	V d,p,,a
5	Re8 IV p,,sta	Muito Forte	V d,p,,s
3	Re9 IV p,,sta	Muito Forte	V d,p,,s
2	Re19 IV p,,sta	Muito Forte	V d,p,,s
2	Re13 V s,p	Ligeira	V s,p,,d
1	PE1 III tp,a	Muito Forte	V d,,tp
2	PE2 III t,as	Muito Forte	V d,,t,s
3	PE3 III tp,a	Muito Forte	V d,, tp
2	PE4 III tp,a	Muito Forte	V d,,tp
3	PE11 III a,t	Muito Forte	V d,,a,t
2	PE14 III tap	Muito Forte	V d,,pa
1	TRe1 III t,as	Muito Forte	V d,,t,s
1	TRe2 III t,as	Muito Forte	V d,,t,s
2	PE6 II t	Muito Forte	V d,,t
1	Lvd1 II t	Muito Forte	V d,,t
1	PE7 II a	Muito Forte	V d,,a
1	Ce1 II t	Muito Forte	V d,,t
1	Ce3 II t	Muito Forte	V d,,t
1	PV1 III t,a	Muito Forte	V d,,t,a
2	PE13 III ta	Muito Forte	V d,,ta
2	REe2 III as	Muito Forte	V d,,sa
2	REe3 III as	Muito Forte	V d,,sa
1	REe6 III as	Muito Forte	V d,,sa
4	Re18 V s,p	Extremamente Forte	VI d,s,p
3	Re2 V p,,as,t	Extremamente Forte	VI d,p,,s
1	Re1 V p,,as,t	Extremamente Forte	VI d,p,,s
2	Re8 IV p,,sta	Extremamente Forte	VI d,, p,,
1	Re19 IV p,,sta	Extremamente Forte	VI d,,p,,s
4	Re21 III sp	Extremamente Forte	VI d,,sp
2	Ce3 II t	Extremamente Forte	VI d,,t
374	TOTAL		