

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Marcelo Henrique de Melo Brandão

ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE-PB

Tese de Doutorado

2005

MARCELO HENRIQUE DE MELO BRANDÃO

ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE-PB

Tese apresentada à Universidade Federal de Pernambuco, como exigência parcial para obtenção do título de Doutor em Geociências. Área de concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Profº Dr. Mário de Lima Filho.

Recife
2005

DEDICATÓRIA

A elaboração desse trabalho pode ser considerada como a travessia de um deserto, a solidão na produção é uma constante companheira. Diversas etapas são vivenciadas, porém é uma viagem solitária. Um vazio que lentamente vai tomando forma, idéias soltas que vão se encaixando até formarem um corpo, um conteúdo que possa ser desenvolvido. Nesse processo tão complexo o sofrimento e a angústia não é exclusividade de quem desenvolve o trabalho, existe todo um círculo de pessoas que acompanham e direta ou indiretamente participam de toda essa trajetória, os mais próximos são os que mais sofrem. O humor varia desde a euforia de um acerto até o humor canino.

Dedico esse trabalho às minhas filhas Marina e Maria Cecília, a minha esposa Maria Luiza, aos meus pais Lúcia Melo e João Brandão, pois todos colaboraram e torceram para a conclusão dessa etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Profº Dr. Mário de Lima Filho, pela coragem, paciência, abnegação e prova de amizade com este orientando.

À área de Sensoriamento Remoto do departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, que por intermédio do Profº Dr. Marx Prestes Barbosa, cedeu a imagem de satélite utilizada neste trabalho.

Pelo incentivo em abordar as bacias sedimentares nordestinas como áreas especiais, agradeço o incentivo do Profº Dr. Aziz Nacib Ab'Saber.

Ao Profº Ms. Paulo Rodrigues de O. Rosa, da Universidade Federal da Paraíba e Coordenador do Laboratório de Geografia Aplicada (LGA), agradeço o apoio cartográfico e de campo, além das discussões sobre os elementos desta tese.

Aos Geógrafos-consultores do LGA, Pablo Rodrigues Rosa, Conrad Rodrigues Rosa e Maria José Vicente de Barros e os estagiários do LGA, Liése Carneiro Sobreira e Eduardo Rubens de Medeiros, pela dedicação e presteza nos trabalhos executados por esse Laboratório, sem os quais seria impossível elaborar as cartas que constam nessa tese.

Ao sempre disponível amigo José Antônio Barbosa, pelo apoio nos mistérios da informática.

Ao Centro de Formação de Professores da Universidade Federal de Campina Grande, que sob a direção do Profº Ms. José Maria Gurgel, sempre solícito, apoiando os trabalhos de campo realizados na bacia do Rio do Peixe.

A todas as pessoas que sempre apoiaram e acreditaram, meus mais sinceros agradecimentos.

Ao final, agradeço principalmente a Deus e a Nossa Senhora da Conceição, que nos momentos de solidão nutriam de fé e força de vontade um espírito inquieto.

*“Ficar de frente para o mar, de costas para o Brasil,
não vai fazer desse lugar um bom país.”*

Milton Nascimento (Notícias do Brasil).

RESUMO

A produção do espaço se dá através do seu reconhecimento, a partir de características geoambientais, através das quais será possível interagir positivamente, atenuando o impacto ambiental, produzido pelo homem, que propõe formas alternativas de ocupação e manejo de áreas. A área onde se desenvolve esta tese é a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, localizada no extremo noroeste do Estado da Paraíba. Esta bacia é constituída de 18 municípios; a população é estimada em 215.787 habitantes, distribuídos em uma área de 3.991 km². No primeiro momento, foi feito o levantamento dos elementos do quadro natural, caracterizando corograficamente a paisagem; no segundo momento analisa-se esta mesma paisagem de uma forma dinâmica, através dos elementos que compõem o índice de degradação ambiental: vegetação, solos, declividade e incluindo a densidade demográfica, um novo parâmetro até hoje não utilizado na análise da qualidade ambiental: assim foi elaborado o Índice de Degradação Ambiental (IDA) da bacia hidrográfica do Rio do Peixe. Com este índice é possível quantificar e classificar, temporal e espacialmente, as sub-bacias em áreas de “qualidade ambiental alta, moderada, sub-crítica e crítica”. As duas últimas classes de degradação ambiental evoluirão fatalmente para a fase de instabilidade ambiental que provocará a queda na qualidade de vida da população residente, caso não sejam adotadas medidas preventivas. Baseado nos resultados obtidos pela aplicação do índice IDA, foi possível observar que cerca de 69% da bacia hidrográfica enquadra-se na classe de qualidade ambiental alta e moderada, porém em 31% das áreas já foi possível identificar o estágio de qualidade ambiental sub-crítica e crítica; a continuação desta situação é preocupante, pois poderá levar a degradação ambiental gradativa da bacia hidrográfica em estudo, tornando-se necessário empreender ações urgentes para atenuar impactos ambientais.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Rio-do-Peixe; Qualidade Ambiental

ABSTRACT

The area in which this thesis was developed lies on a hydrographic basin of Rio do Peixe, State of Paraíba, Brazil; formed by 18 towns with an estimated population of 215,787 inhabitants, distributed in an area of 3,991 km². In this investigation, the production of the space has taken place through the acknowledgement of the space itself, where it is started with its geoenvironmental characteristics which offer the possibilities to interact positively in order to reduce the environmental impact produced by them, therefore, proposing alternative forms of occupation and manipulation of areas. Based on an interdisciplinary point of view, the geoscience knowledge is used with the aim to better lead a living space; conserving, preserving and even recovering it. Firstly, it was done a survey on the elements of the natural landscape characterizing it statistically. Secondly, this same landscape is being analyzed in a dynamic form, afterwards with the purpose of elaborating a map of environmental vulnerability of the basin of Rio do Peixe, which makes it possible to locate the areas, making the following division: stability areas, instability areas and the intermediate ones. However, if there is no preventive actions in relation to the intermediate areas, there would be changes in their evolution, towards the instability area which would lead to a reduction in the quality of life. Unfortunately, men have felt threatened by their citizenship rights. It is believe that, throughout the geoscience knowledge it is possible to promote a link of technical-scientific approach, with the purpose to reduce the environmental impact so as to produce a better quality of life; in this way, science is no longer a speech to a given staff; it gets a pragmatic approach in order to reach the base of the current society.

Key-words: Hydrographic basin, Rio do Peixe, Vulnerability

Lista dos Cartogramas

Cartogramas	Pág.
Cartograma 1. Carta-Imagem da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	31
Cartograma 2. Divisão Político-municipal da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	32
Cartograma 3. Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	43
Cartograma 4. Declividade na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	54
Cartograma 5. Classificação Climática de Köppen	59
Cartograma 6. Classificação Bioclimática de Gaussen	60
Cartograma 7. Solos da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	65
Cartograma 8. Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	73
Cartograma 9. Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	75
Cartograma 10. Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	89
Cartograma 11. Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	109
Cartograma 12. Distribuição Espacial do IDA na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	118

Lista de Tabelas

	Pág.
Tabela	
Tabela 1. Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	29
Tabela 2. Estratigrafia da Bacia Sedimentar do Rio do Peixe	39
Tabela 3. Classes de Declividade na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	52
Tabela 4. Declividade na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	55
Tabela 5. Precipitação Média Anual	56
Tabela 6. Classes de Solos na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	63
Tabela 7. Distribuição da Cobertura Vegetal na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	72
Tabela 8. Sub-bacias da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	74
Tabela 9. Declividades na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	76
Tabela 10. Classes de Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	88
Tabela 11. Densidade Demográfica dos Municípios	101
Tabela 12. Classes de Densidade Demográfica	102
Tabela 13. Classes de Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe, baseado em Tricart	106
Tabela 14. Classes de Vulnerabilidade Ambiental por Sub-bacia hidrográfica	108
Tabela 15. Grau de Cobertura Vegetal no IDA	112
Tabela 16. Representação dos Solos no IDA	112
Tabela 17. Representação da Declividade no IDA	113
Tabela 18. Representação da Pressão Antrópica no IDA	113
Tabela 19. Classes do Índice de Degradação Ambiental	113
Tabela 20. Classes de Densidade Demográfica	114
Tabela 21. Índice de Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	115
Tabela 22. Classes do IDA por Sub-bacia hidrográfica	117

Lista de Fotos

Foto/Tema	Autor	Data	Pág
Foto 1. Diáclases de Descompressão	Marcelo Brandão	10/97	45
Foto 2. Rede de Diáclases Ortogonais	Marcelo Brandão	10/97	45
Foto 3. Intemperismo físico	Marcelo Brandão	10/97	46
Foto 4. Vista do Pediplano de Sousa-PB	Marcelo Brandão	10/97	46
Foto 5. Vista Geral do Processo de Pedimentação	Marcelo Brandão	10/97	48
Foto 6. Playas	Marcelo Brandão	10/97	49
Foto 7. Caatinga arbórea	Maria José V. Barros	06/03	67,86
Foto 8. Caatinga arbóreo-arbustiva	Maria José V. Barros	06/03	67,85
Foto 9. Caatinga arbustiva	Maria José V. Barros	06/03	68,85
Foto 10. Carnaubais	Maria José V. Barros	06/03	68
Foto 11. Solo desnudo	Maria José V. Barros	06/03	85
Foto 12. Formação herbácea	Maria José V. Barros	06/03	85
Foto 13. Cultura Temporária	Maria José V. Barros	06/03	86
Foto 14. Cultura Permanente	Marcelo Brandão	06/03	86
Foto 15. Lâmina d'água	Maria José V. Barros	06/03	86

Lista de Gráficos e Quadros

		Página
Gráfico/Quadro		
Gráfico 1	Comportamento da Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	57
Quadro 1	Formações Vegetais	67
Quadro 2	Espécies Arbóreas de Maior Ocorrência	69
Quadro 3	Perfis Longitudinais dos Afluentes do Rio do Peixe	77
Quadro 4	Perfil Longitudinal do Rio do Peixe	78
Quadro 5	Categorias de Uso do Solo	85
Gráfico 2	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Cacaré	90
Gráfico 3	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Zé Dias	91
Gráfico 4	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Jurema	91
Gráfico 5	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Morto 2	92
Gráfico 6	Uso do Solo na Sub-bacia do Açude Chupadouro	93
Gráfico 7	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho da Serra	93
Gráfico 8	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho das Araras	94
Gráfico 9	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Boi Morto	95
Gráfico 10	Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Morto 1	95
Gráfico 11	Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	96

APRESENTAÇÃO

Como exigência parcial para obtenção do título de Doutor em Geociências, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental, apresenta-se ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, tese desenvolvida pelo Profº Ms. Marcelo Henrique de Melo Brandão, sob a orientação do Profº Dr. Mário Ferreira de Lima Filho.

O presente trabalho se propõe a caracterizar a situação atual da bacia hidrográfica do Rio-do-Peixe, que abrange a quase totalidade da bacia sedimentar do mesmo nome, identificando problemas ambientais que ocorrem em seu perímetro. A escolha dessa área para o desenvolvimento deste estudo deve-se à grande importância estratégica, onde ela está inserida. Aquela bacia apresenta grande potencial produtivo, tanto para o setor agro-pecuário, como para a fruticultura irrigada. Ao final da tese será apresentado o índice de degradação ambiental (IDA), que servirá de parâmetro quantitativo e qualitativo em relação à qualidade ambiental da referida área, contemplando aspectos espaço-temporais, tanto para este trabalho como para outros que venham a ser desenvolvidos no âmbito daquela bacia hidrográfica.

No **primeiro capítulo**, Introdução, é apresentada a área em que se desenvolve a tese e a importância do trabalho para a região; enfocando a necessidade de aliar o conhecimento acumulado pelas geociências e a aplicação deste conhecimento na construção do espaço.

No **segundo capítulo**, é enfatizado o referencial teórico que dá suporte à elaboração da tese, apresentando as diversas definições sobre geologia ambiental e sobre abordagem geossistêmica, aplicadas a estudos ambientais. Ainda é apresentado neste capítulo os métodos e as técnicas aplicadas na elaboração dos cartogramas utilizados no decorrer do trabalho.

O **terceiro capítulo** é reservado para a localização da área onde se desenvolve a tese e os municípios que a compõem, determinando assim, os dezoito municípios que localizam-se no contexto da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

A caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio do Peixe é descrita no **quarto capítulo**, onde os elementos do quadro natural são descritos corograficamente (a geologia, a geomorfologia, o clima, os solos, a vegetação, os recursos hídricos).

A ocupação e o uso do solo na bacia hidrográfica do Rio do Peixe é desenvolvida no **quinto capítulo**, além de aspectos da urbanização e das atividades antrópicas que se desenvolvem no perímetro da bacia.

O **sexto capítulo** é o cerne da tese. Aí encontra-se a forma de aplicação do índice de degradação ambiental, criado a partir da observação dos componentes do quadro natural, associado ao fator humano (densidade demográfica), gerando um valor que poderá indicar em que estágio de qualidade ambiental se encontra o espaço analisado e com ele avaliar a evolução da degradação ambiental da bacia, no espaço e no tempo.

Finalizando, o **sétimo capítulo**, conclusão do trabalho, avalia a utilização do índice de degradação ambiental da bacia hidrográfica em estudo, sugerindo algumas práticas que possam amenizar os impactos ambientais possíveis.

SUMÁRIO

1. Introdução.	15
2. Referencial Teórico-Metodológico.	18
2.1 Métodos e Técnicas.	23
3. Localização da Área.	28
3.1 Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.	28
4. Aspectos Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.	33
4.1 Geologia.	33
4.1.1 Arcabouço Estrutural.	37
4.1.2 Estratigrafia.	39
4.1.3 Origem Tectono-Estrutural.	39
4.2 Geomorfologia.	44
4.2.1 Declividade.	51
4.3 Condicionantes Climáticos.	56
4.4 Pedologia.	61
4.5 Vegetação.	66
4.5.1 Distribuição da Cobertura Vegetal.	70
4.6 Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe	74
4.6.1 Águas Superficiais.	74
4.6.2 Águas Subterrâneas.	80
5. Uso e Ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.	83
5.1 Aspectos da Urbanização.	99
5.2 Atividades Antropogênicas.	102
6. Vulnerabilidade Ambiental.	104
6.1 Índice de Degradação Ambiental (IDA)	110
7. Conclusão.	119
Referências Bibliográficas.	122

1. INTRODUÇÃO

Nordeste semi-árido. Eis o que enfoca esta tese de doutorado. Para isso parte-se da percepção do espaço vivenciado pelo homem. O objetivo final é propor melhor aproveitamento dos recursos naturais utilizados pela sociedade.

A percepção do espaço ocorre a partir do reconhecimento das suas características naturais, onde os elementos constituintes atuam de forma sistêmica, formando o ecossistema caatinga.

Vivenciando o espaço, o homem age diretamente sobre o ecossistema, provocando pressão sobre o meio ambiente.

Historicamente, durante o processo de ocupação do espaço semi-árido, as atividades produtivas iniciais não poderiam ter sido percebidas como degradantes do meio ambiente, porque até então acreditava-se que os recursos naturais eram considerados inesgotáveis. Apenas recentemente, com o advento dos estudos sistêmicos do meio ambiente e a nova concepção da evolução do paradigma ecológico, é possível perceber que as atividades culturalmente desenvolvidas ao longo do tempo estavam impregnadas de forte caráter de degradação ambiental, comprovando que sob o olhar atual, predominava uma forma equivocada de convivência com o semi-árido, o que sobrecarregava o ecossistema, em virtude do mau uso do solo e da água, do desmatamento, atividades que degradam dia-a-dia a capacidade de suporte do ambiente.

A degradação ambiental pode acarretar a diminuição da qualidade de vida de toda uma população, sentimento este que não se percebe de imediato, porém gradativamente; sutilmente os recursos naturais escasseiam e projetam seu efeito danoso no agravamento das condições de vida do homem.

No caso específico do Estado da Paraíba, com 85% do território formado por terrenos cristalinos, as áreas das bacias sedimentares devem ser vistas como áreas especiais. Nestas

áreas específicas é possível produzir o espaço levando em consideração as suas características ambientais, tornando-os auto-sustentáveis ou centros de produção. Ao dinamizar a economia para gerar trabalho e renda, o detalhamento de estudo desta bacia ganha importância estratégica no contexto regional.

No Brasil, especificamente na região Nordeste, há um núcleo semi-árido, o mais povoado do mundo, onde ocorrem processos avançados de desertificação, causados por fatores antrópicos. O processo de degradação do ambiente semi-árido agrava a situação sócio-econômica da população, que, a partir de condições desfavoráveis do meio ambiente, provoca uma forte corrente de emigração. Na tentativa de amenizar problemas desta natureza; propõe-se uma forma de produção do espaço semi-árido de acordo com as suas potencialidades, utilizando-se para isso do conhecimento dos seus aspectos geológicos, aliado a práticas adequadas às suas condições geoambientais, que gerem condições adequadas de sustentabilidade.

Isto posto, é importante o reconhecimento da qualidade ambiental da bacia hidrográfica, em seus diversos aspectos; em função da visão geral dos problemas ambientais que ocorrem na área.

O objetivo deste trabalho é executar um detalhado levantamento das condições geoambientais da bacia hidrográfica do Rio-do-Peixe e através deste utilizando-se do Índice de Degradação Ambiental (IDA) poder quantificar e classificar a qualidade ambiental nas diversas sub-bacias da referida bacia hidrográfica.

Através da análise dos elementos que compõem o quadro natural, associado à densidade demográfica, dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, é possível visualizar espacialmente as áreas onde ocorre a estabilidade do quadro natural, bem como as áreas críticas, onde a degradação ambiental se dá de forma mais incisiva. A partir dessas informações será possível adotar medidas corretivas, preventivas ou ambas para

minimizar os processos de degradação ambiental, daí resultando melhoria na qualidade de vida da população e maior dinâmica econômica da região.

A bacia hidrográfica do Rio-do-Peixe esta localizada no extremo noroeste paraibano, entre as latitudes 6° 20' e 7° 06' S e entre as longitudes 37° 57' e 38°46' W de Greenwich, onde, apesar de o clima ser semi-árido, é possível observar uma alta densidade demográfica.

O estudo das características geoambientais de uma determinada área tem importância estratégica para o planejamento regional; através das informações a respeito dessas características é possível atuar de forma mais racional sobre o espaço, aumentando assim a sinergia das atividades produtivas. Eis a importância da ciência: o conhecimento utilizado em função do homem.

Através do conhecimento é possível colaborar para a melhoria das condições sócio-ambientais. É o momento de priorizar o núcleo semi-árido, tão longínquo, para os órgãos de decisão do Estado, porém tão próximo dos que nele lutam pela sobrevivência.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Dada a complexidade dos ambientes naturais, ocorre uma miríade de inter-relações simultâneas que provocam um estado de equilíbrio dinâmico. Porém, qualquer interferência que ocorra em um dos elementos que compõem o quadro natural irá inexoravelmente provocar a ruptura deste equilíbrio.

A produção do espaço requer, necessariamente, a utilização racional dos recursos naturais para satisfação das necessidades do homem. Por sua vez, a má utilização desses recursos exerce uma forte pressão sobre esses mesmos recursos, não raramente causando alterações irreversíveis, que podem comprometer a funcionalidade do sistema.

Não é por acaso que a preocupação com o meio ambiente vem sendo discutida na sociedade moderna. Recentemente observa-se maior interesse dos cidadãos, acerca das questões relacionadas com o meio ambiente, onde o cidadão já se sente inserido no contexto ambiental.

Se no passado recente pensava-se estar acima dos elementos que compõem o quadro natural, hoje percebe-se um maior grau de comprometimento para tomada de decisões mais conscientes, relacionadas às atividades que afetam diretamente o ecossistema. Passamos a nos perceber como agentes ativos na transformação do meio ambiente e a reconhecer que nossos atos podem influir tanto positiva quanto negativamente nos ecossistemas.

Nesses termos, a Geologia Ambiental serve como suporte teórico de conhecimento que se utiliza da informação geológica para ajudar na compreensão e resolução de conflitos ambientais, minimizando o efeito das atividades adversas ao meio ambiente, ou tirando o máximo proveito das condições resultantes do uso racional do ambiente natural, ou modificado; aqui atua a Geologia como importante elemento do planejamento ambiental.

O caráter multidisciplinar da abordagem do meio ambiente induz ao trabalho interdisciplinar. O objetivo é prever, propor soluções ou apenas contribuir para atenuar os impactos ambientais que possam ocorrer em uma determinada área.

Os impactos ambientais podem ser de origem natural ou resultantes de ações antrópicas. A capacidade de prever e atuar na resolução de conflitos ambientais perpassam não apenas pelos aspectos do quadro natural, mas se estendem aos aspectos econômicos e sócio-políticos, cujas ações necessárias à tentativa de dirimir estes conflitos são complexas.

O estudo dos aspectos geológicos relacionados com o ordenamento territorial insere-se em um ramo maior das geociências, denominado Geologia Ambiental ou Geologia do Ambiente, nada mais nada menos que um capítulo das Ciências do Ambiente. A Geologia Ambiental tomou forma a partir da compreensão do papel da geologia no contexto das ciências ambientais e da consciência de que a exploração dos recursos naturais deve ser harmônica. Entretanto, a tarefa de definição da geologia ambiental tem sido difícil ao longo dos anos, graças a aplicação do termo “ambiental” segundo muitos, eivado de polissemia, inaplicáveis ao novo ramo da geologia.

O termo geologia ambiental foi utilizado pela primeira vez por Betz (1962). Todavia os problemas abordados por este ramo das geociências data de tempos imemoriais. Data de 1864 o primeiro trabalho focalizando o homem como agente ativo da degradação ambiental. Já naquela época, os cientistas reconheciam que o homem já tinha desenvolvido práticas tão auto-destrutivas que passou a pôr em perigo, não só a sua própria capacidade de lutar para sobreviver, mas a agredir o meio ambiente que lhe serve de *habitat*.

De acordo com Carvalho (1982), desde o século XIX, até meados do século XX vários autores abordaram o tema da degradação ambiental.

No século XX, a partir dos anos sessenta até os oitenta, vários autores trataram do tema geologia ambiental, com a publicação de muitos livros-texto. Assim o fizeram Flawn (1970), Leopold (1971), Betz (1975), Keller (1976), Howard & Renson (1978), Lundgren (1986), Woltt (1987), etc. além de inúmeros artigos editados em revistas técnicas ou em encontros científicos. Mais recentemente multiplicaram-se os trabalhos e eventos abordando os diversos aspectos do tema.

Várias são as definições de Geologia Ambiental, sendo a primeira, e a que norteou as seguintes, elaborada por Flawn (1970), que diz ser a Geologia Ambiental a ciência que deve estudar e apresentar soluções para os problemas que o homem passa a enfrentar ao fazer o uso do solo, e para os problemas advindos da reação do solo a este uso. Algumas outras definições são apresentadas a seguir:

- Coates (1981) afirma ser a Geologia Ambiental a aplicação prática de um colegiado de muitas subdisciplinas geológicas a serviço da sociedade: uma multidisciplinar com caráter interdisciplinar;
- Carvalho (1982) diz ser a Geologia Ambiental o domínio da geologia que aproveita os conteúdos e dados analíticos das várias ciências da terra, para a proteção e melhor aproveitamento dos recursos naturais, de modo que a qualidade de vida da humanidade seja protegida e melhorada;
- Ayala Carcedo (1988) diz ser a Geologia Ambiental a disciplina geológica, que faz fronteira com as geociências, cujo objetivo é o conhecimento dos sistemas ambientais: terras e águas continentais, com vista à compreensão do meio ambiente, em cooperação com a geologia de engenharia e as ciências e tecnologias ambientais.

Várias outras definições são encontradas na literatura que variam, segundo as percepções dos diversos autores e pesquisadores, mas, de maneira geral, são todas convergentes e dizem

respeito à aplicação dos conhecimentos geológicos, objetivando uma melhor gestão ambiental, através da conservação, preservação e recuperação de áreas.

A área de estudo onde se aplica este trabalho é a bacia hidrográfica do Rio do Peixe. A importância da escolha da bacia hidrográfica como área de trabalho decorre de diversos fatores; o primeiro deles é de ordem histórico-institucional. Desde o século XVIII, a Academia de Ciências de Paris estabelece a bacia hidrográfica como uma divisão político-administrativa. Deste fato resulta a regionalização francesa, cujos “Departamentos” recebem nomes conforme os rios que cortam a região, por exemplo: Marne, Tarne, Ille-et-Villene, Seine-et-Loire, Seine-et-Marne, etc. (Andrade, 1966).

Após três séculos, a legislação brasileira instituiu, de acordo com a Lei Nº 9433, de 8 de Janeiro de 1997, em seu 1º Capítulo, no artigo 1º, inciso V, o seguinte: “*a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*”. O segundo fator que corrobora o uso da bacia hidrográfica como unidade ambiental é a própria característica das bacias que constituem uma singularidade, com características de entrada e saída de energia bem definidas; nelas, os elementos do quadro natural e social interagem e evoluem no espaço e no tempo.

É possível observar a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica através da paisagem circundante, elaborada pelo Homem e desenvolvida em função de seus próprios interesses.

A necessidade de uma abordagem geossistêmica nos estudos ambientais remete a uma visão integrada do ambiente físico e dos processos antrópicos que se desenvolvem na área. Sobre isso afirma Grigoriev (1968):

“o Estrato Geográfico da Terra é composto pela crosta terrestre, hidrosfera, troposfera, cobertura vegetal e reino animal, que em conjunto, definem os ambientes onde vivem os homens. Este conjunto

de fatores compõe o estrato geográfico e estão intensamente interligados. Sendo assim, nossa tarefa é estudar os componentes do estrato geográfico como parte de um todo, não isoladamente.”

Segundo a concepção de Monteiro (1978), o geossistema é um sistema singular, complexo, onde interagem elementos humanos, físicos, químicos e biológicos e onde os elementos sócio-econômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do próprio sistema.

De acordo com Spörl (2001), as alterações causadas no ambiente pela ação humana afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema causando graves processos degenerativos em primeira instância no ambiente natural, e depois, a prazos mais longos à própria sociedade.

Normalmente, os discursos sobre os problemas ambientais estão repletos de uma retórica ambientalista genérica, porém não apresentam dados quantitativos comprobatórios de dados que possam mensurar ou comparar os ditos problemas.

Há índices de avaliação da fragilidade ambiental, quantificando-a, identificando e analisando os ambientes em função de seus diferentes níveis de fragilidade, exemplo: o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo” e o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nas Classes de Declividade”; ambos foram desenvolvidos por Ross (1994). Além dos índices acima, cita-se ainda o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio em Unidades Territoriais Básicas”, desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em 1996. Todos esses índices foram desenvolvidos a partir do conceito de Ecodinâmica, proposto por Tricart (1977). Nenhum dos índices mencionados levam em consideração a pressão antrópica sobre o contexto ambiental.

Na elaboração do índice de degradação ambiental (IDA) não foi levado em consideração apenas os elementos do quadro natural: inseriu-se aqui o fator antrópico, que o diferencia dos demais índices.

A necessidade de inserção do fator antrópico relaciona-se diretamente com a visão hodierna de ambiente, afastando-se da natureza primitiva (primeira natureza), isto é: do homem separado do ambiente natural. Desenvolve-se este índice (IDA), baseado nos estudos geossistêmicos, correlacionando as variáveis do quadro natural (solo, vegetação, declividade) com o fator antrópico (densidade populacional); neste cenário, se desenvolvem todas as atividades produtivas do ambiente.

2.1 MÉTODOS E TÉCNICAS

Para a elaboração da pesquisa, foi imprescindível o levantamento bibliográfico e cartográfico da área. A partir deste suporte foi possível elaborar as cartas temáticas que compõem este trabalho.

Foram utilizadas as seguintes cartas plani-altimétricas na escala de 1:100.000

- SB.24-Z-A-I Orós
- SB.24-Z-A-II Pau dos Ferros
- SB.24-Z-A-III Catolé do Rocha
- SB.24-Z-A-IV Cajazeiras
- SB.24-Z-A-V Souza
- SB.24-Z-A-VI Pombal

Utilizou-se ainda a imagem de sensor LANDSAT 7, de Agosto de 2002, delimitando um retângulo envolvente com os seguintes valores (Projeção UTM e sistema de referência SAD 69):

X1 = 487000; Y1 = 9203000

X2 = 667000; Y2 = 9337000

Foram utilizadas as cartas em formato dwg, elaboradas para o Plano Diretor da Bacia do Rio do Peixe – PB (1996).

Além desse material cartográfico básico, foram utilizados no Laboratório de Geografia Aplicada (LGA) da Universidade Federal da Paraíba a mesa digitalizadora (18x12 pol) e um scanner A4.

O software utilizado para o trabalho foi o SPRING do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Procedimentos:

- I. Digitalização das 6 folhas em ambiente CAD, cujas entidades foram rios, pontos cotados, estradas, limites político-administrativos, referências de nível e curvas de nível.
- II. Transformação de Datum, de Córrego Alegre para SAD/69 (South American Datum), das cartas digitalizadas.
- III. Transformação da projeção da Cena LANDSAT e ajustes geométricos para o Georreferenciamento da Cena.
- IV. Transformações e ajustes geométricos das cartas-base do Plano diretor da Bacia do Rio do Peixe para o sistema de referência adotado.
- V. Importação dos elementos ajustados e transformados para um projeto no SPRING.

Processamento digital da Imagem:

Para o processamento digital da imagem foram executadas as seguintes etapas:

1. Replicação da imagem no Banco de dados para ajustes de contraste. (replicação para evitar perda dos valores da reflectância original)
2. Aplicação de contrastes nas bandas 1, 2, 3, 4 e 5 para identificação visual das feições.
3. Aplicação do filtro não linear de detecção de bordas com algoritmo SOBEL, a partir do qual uma nova imagem foi gerada a partir da banda 5. Com essa técnica as feições do relevo foram extraídas.

A nova imagem foi segmentada pelo algoritmo de detecção de bacias da qual uma nova imagem foi gerada para instrumentalizar a classificação.

Para a classificação digital da imagem, foi criado um arquivo de contexto com as bandas 4, 5 e 1 com a composição 4R, 5G e 1B. Na sequência, foi realizado o treinamento, que é a criação das classes, no caso, para carta de uso e ocupação do solo, e aquisição de amostras em campo. As classes utilizadas foram: Solo desnudo, Formação herbácea, Caatinga arbustiva, Caatinga Arbustivo-arbórea, Caatinga arbórea, Cultura temporária, Cultura Permanente e Água, processadas gerando uma representação do tipo matriz.

Com essa classificação, foram plotados pontos na imagem classificada para uma conferência no campo, onde se verificou o resultado da classificação. No campo, novas amostras foram coletadas para se efetuar a pós-classificação.

A partir da conferência em campo a imagem foi reclassificada, sendo criada uma categoria temática com as mesmas classes criadas para a classificação da imagem da qual resultou uma representação tipo matriz.

Modelo Digital de Elevação:

Foi gerado um modelo digital de elevação, a partir da entrada de valores Z atribuídos às entidades espaciais digitalizadas nas cartas.

O modelo gerado no projeto foi inicialmente efetuado por triangulação (Delaunay) dos pontos amostrais. A partir dessa triangulação uma grade regular (matriz) com espaçamento 20x20m foi gerada.

Para gerar a carta de declividade, a grade de 20x20m, foi recalculada, gerando-se uma nova grade com valores de inclinação do relevo em relação ao plano-base em valores percentuais. Essa grade, com declividade em percentual (%), foi classificada, resultando em uma representação do tipo matriz.

As classes de declividade utilizadas seguiram a orientação do Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso do Solo (MARQUES, 1958) e foram trabalhadas em 5 classes principais: 0-2.5%, 2.5-12%, 12-50%, 50-100% e >100%. Devido à baixa rugosidade identificada na área, foram agrupadas as classes maiores que 12%.

Dados cadastrais, temáticos e de rede

As sub-bacias hidrográficas e seus canais de escoamento principais foram anexados ao banco de dados em um Plano de Informação diferenciado dos demais canais de escoamento, digitalizados das cartas topográficas, a fim de facilitar as operações de geoprocessamento. Os canais principais possuem no banco representação de rede, enquanto que os canais secundários foram incorporados ao banco como entidades cadastrais.

Ao banco de dados, foram incorporadas as entidades de representação da geologia e dos solos como categoria *temático*.

Como síntese foi gerada uma carta de Vulnerabilidade Potencial da bacia hidrográfica. Para a elaboração dessa carta foram utilizados os parâmetros propostos por Tricart (1977), para obtenção das seguintes classes: Estável, Instável e Intergrade. Para gerar a carta foi utilizado o procedimento de álgebra de mapas.

O procedimento utilizado foi verificar, através de operações booleanas, a correspondência das classes de declividade com as de uso do solo, atribuindo o resultado às classes propostas por Tricart (1977).

Uma pós-classificação não automática foi feita, levando-se em consideração o tipo de solo e geologia, principalmente em relação às zonas de contato entre o cristalino e as zonas de baixa energia (sedimentares). A declividade e o grau de exposição do solo foram verificados, reclassificando essas áreas para instáveis, estáveis ou intergrade (intermediários).

Por fim, foram executadas consultas ao banco de dados. Essas consultas seguiram o padrão de medida de área nas classes e a tabulação cruzada das classes que se encontram confinadas nas sub-bacias, possibilitando o cálculo de áreas. Assim, foi possível confeccionar a carta de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Para a elaboração do Índice de Degradação Ambiental (IDA), proposto neste trabalho, foi necessário utilizar os dados de vegetação, de solo, declividade e densidade demográfica. Os dados obtidos foram classificados em áreas de Qualidade Ambiental Alta (0,00 – 0,25), Qualidade Ambiental Moderada (0,26 – 0,50), Qualidade Ambiental Sub-crítica (0,51 – 0,75) e Qualidade Ambiental Crítica (0,76 – 1,00). Assim foi possível quantificar espacial e temporalmente as áreas com diferentes qualidades ambientais na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Ocupando o extremo noroeste do semi-árido paraibano, a bacia hidrográfica do Rio do Peixe é uma sub-bacia do rio Piranhas; representa uma das áreas mais promissoras para a expansão agro-pecuária do Estado da Paraíba.

Com uma extensão de aproximadamente 3.453,61 km², abrange 18 municípios; localiza-se entre os paralelos de 6°20' e 7°06' Lat. S e os meridianos de 37°57' e 38°46' Long. W de Greenwich.

Observa-se nesta área uma grande vocação para as atividades agro-pecuárias e até industriais, com o beneficiamento e agregação de valores aos seus produtos. A bacia tem importância estratégica para o abastecimento alimentar e oferta de serviços, não apenas para os municípios que a compõem bem como para os estados vizinhos do Ceará e Rio Grande do Norte.

As duas cidades mais próximas, Sousa e Cajazeiras atuam como pólos regionais, centralizando a oferta de serviços e centro de abastecimento das demais cidades de sua hinterlândia.

3.1 MUNICÍPIOS QUE COMPÕEM A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE

Dezoito municípios integram a bacia hidrográfica do Rio do Peixe: Aparecida, Bernardino Batista, Bom Jesus, Cachoeira dos Índios, Cajazeiras, Lastro, Marizópolis, Poço Dantas, Poço de José de Moura, Santa Cruz, Santarém, Santa Helena, São Francisco, São João do Rio do Peixe, Sousa, Triunfo, Uiraúna e Vieirópolis.

A Tabela 1 apresenta os municípios com as respectivas áreas, população e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, relativo ao ano 2000 (IDH-M/2000)

Tabela 1. Municípios que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe

<i>Município</i>	<i>População Total</i>	<i>Área (em km²)</i>	<i>IDH-M</i>
01. Aparecida	5.864	223	0,628
02. Bernardino Batista	2.667	51	0,552
03. Bom Jesus	2.193	47	0,580
04. Cachoeira dos Índios	7.834	189	0,577
05. Cajazeiras	54.715	567	0,685
06. Lastro	3.118	121	0,591
07. Marizópolis	5.618	74	0,590
08. Poço Dantas	3.828	67	0,517
09. Poço de José de Moura	3.529	123	0,574
10. Santa Cruz	6.471	272	0,642
11. Santarém	2.584	74	0,579
12. Santa Helena	6.170	209	0,624
13. São Francisco	3.464	127	0,632
14. São João do Rio do Peixe	17.661	468	0,595
15. Sousa	62.635	762	0,658
16. Triunfo	9.053	239	0,580
17. Uiraúna	13.681	262	0,646
18. Vieirópolis	4.672	116	0,549
Total	215.787	3.991	

Fonte: Dados demográficos do Censo 2000 (IBGE).

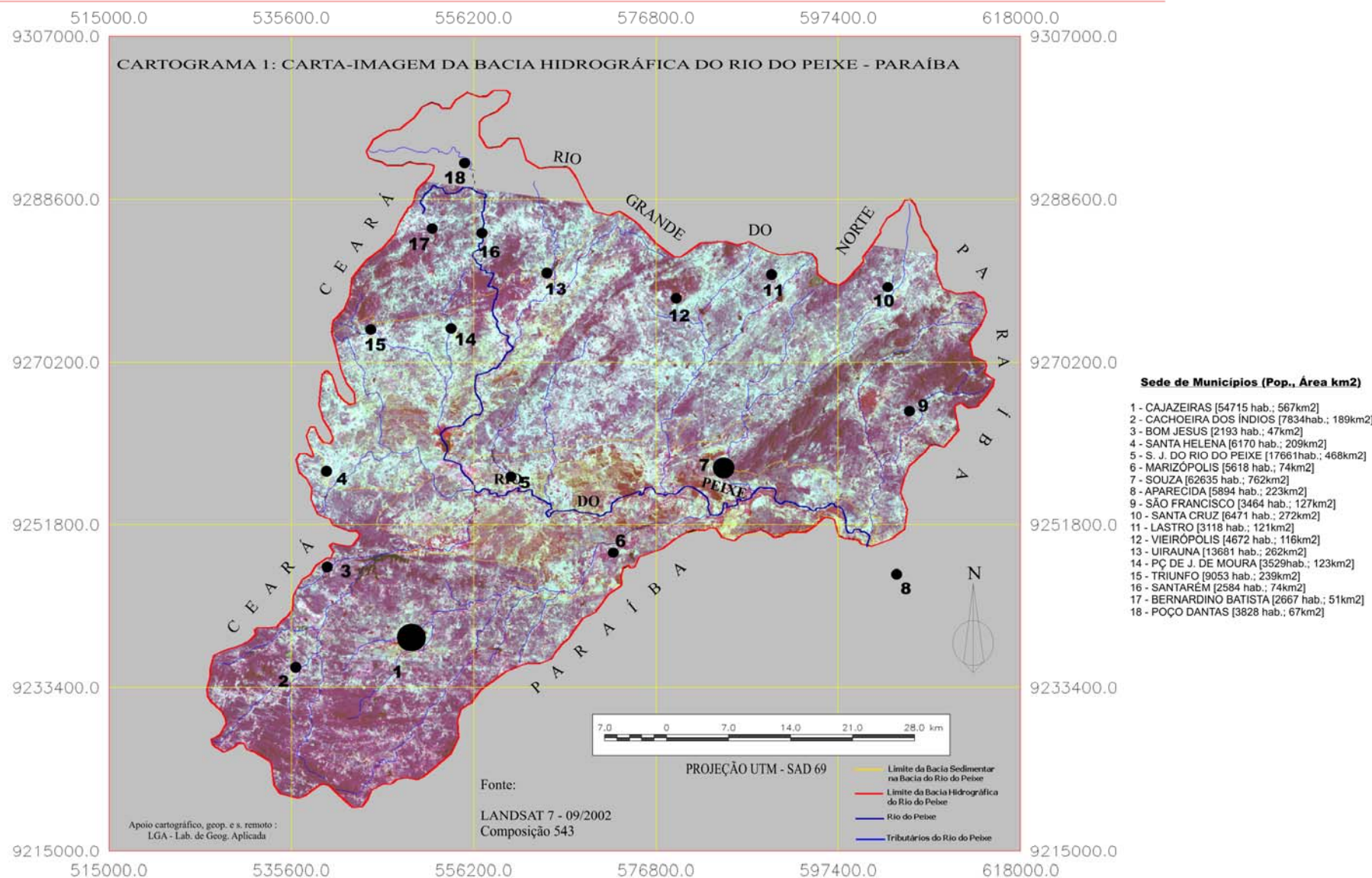
A população total de 215.787 hab. representa 6,11% da população total do Estado. De acordo com o censo demográfico de 2000, a população total do Estado era de 3.444.794 habitantes.

Com uma área de 3.991 km², a bacia do Rio do Peixe apresenta uma densidade demográfica de 54,07 hab/km². O declínio do ritmo de crescimento populacional verificado nos municípios mencionados é um fenômeno que ocorre em todo o país, devido a queda da taxa de fecundidade.

Segundo a classificação do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), valores que estejam contidos no intervalo de 0,5 a 0,8, correspondem a municípios inseridos em regiões de médio desenvolvimento humano.

O Cartograma 1 apresenta a Carta Imagem da Bacia do Rio do Peixe, obtida através da imagem do sensor TM Landsat 7, de agosto de 2002, com a composição 5,4,3. Aí identifica-se a localização espacial dos municípios da dita bacia hidrográfica.

No Cartograma 2 observa-se a divisão político-administrativa da bacia hidrográfica do Rio do Peixe-PB.



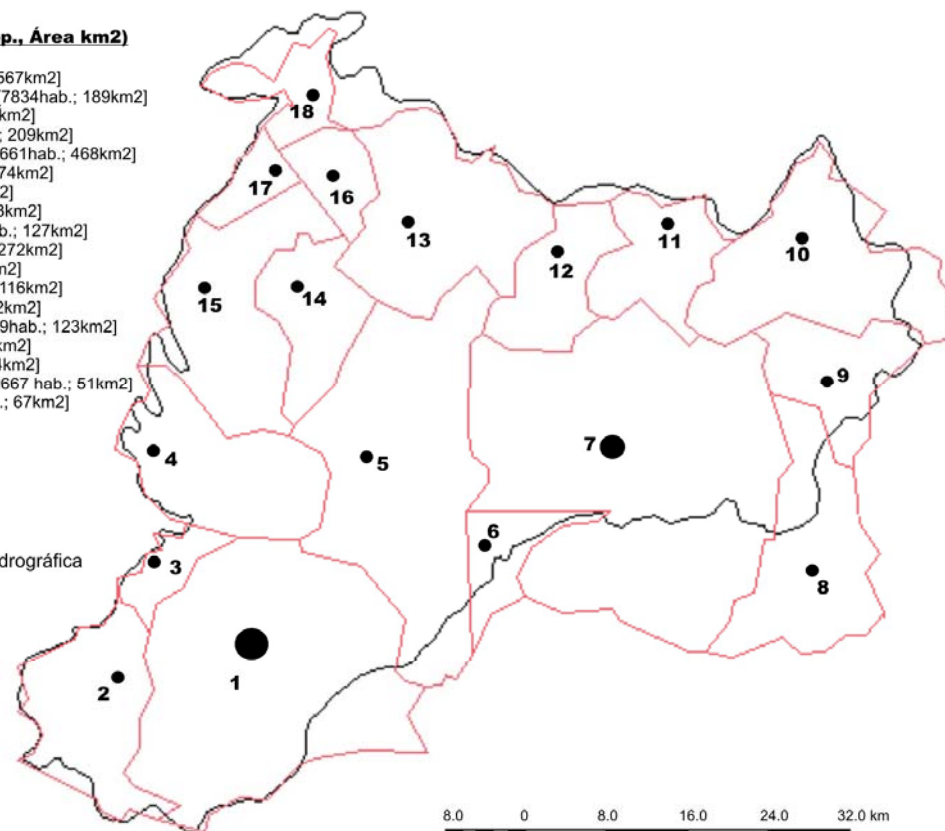
CARTOGRAMA 2: DIVISÃO POLÍTICO-MUNICIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE - PB

Sede de Municípios (Pop., Área km²)

- 1 - CAJAZEIRAS [54715 hab.; 567km²]
- 2 - CACHOEIRA DOS INDIOS [7834hab.; 189km²]
- 3 - BOM JESUS [2193 hab.; 47km²]
- 4 - SANTA HELENA [6170 hab.; 209km²]
- 5 - S. J. DO RIO DO PEIXE [17661hab.; 468km²]
- 6 - MARIZÓPOLIS [5618 hab.; 74km²]
- 7 - SOUZA [62635 hab.; 762km²]
- 8 - APARECIDA [5894 hab.; 223km²]
- 9 - SÃO FRANCISCO [3464 hab.; 127km²]
- 10 - SANTA CRUZ [6471 hab.; 272km²]
- 11 - LASTRO [3118 hab.; 121km²]
- 12 - VIEIRÓPOLIS [4672 hab.; 116km²]
- 13 - UIRAUNA [13681 hab.; 262km²]
- 14 - PÇ DE J. DE MOURA [3529hab.; 123km²]
- 15 - TRIUNFO [9053 hab.; 239km²]
- 16 - SANTARÉM [2584 hab.; 74km²]
- 17 - BERNARDINO BATISTA [2667 hab.; 51km²]
- 18 - POÇO DANTAS [3828 hab.; 67km²]

Legenda

- Limite municipal
- Limite da bacia hidrográfica



8.0 0 8.0 16.0 24.0 32.0 km
1: 400 000



Apoio cartográfico e geoprocessamento:
LGA - Lab. de Geog. Aplicada

4. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA BACIA DO RIO DO PEIXE

4.1 Geologia

Diversos trabalhos foram desenvolvidos tendo a bacia do Rio do Peixe como objeto de estudo, desde o início do século passado quando Crandall (1910) baseado na litologia definiu o Complexo Fundamental (gnaiesses e xistos cristalinos) e a Série Ceará (xistos argilosos, quartzitos e calcários) que foram datados como sendo do Paleozóico Inferior.

A Série Ceará foi correlacionada com a Série Minas por Oliveira (1923). E o lineamento de Patos foi descrito pela primeira vez no trabalho de Ebert *apud* Guedes (1993).

A geologia da área da bacia hidrográfica do Rio do Peixe é constituída predominantemente por dois grandes compartimentos geológicos; o primeiro corresponde às rochas do Complexo Granítico-gnáissico-migmatítico que corresponde a cerca de 70% das rochas aflorantes; o segundo as rochas diversas da seqüência sedimentar do Grupo Rio do Peixe, correspondendo a cerca de 30% dos afloramentos.

De acordo com Ab'Saber (1974), a área da bacia sedimentar é constituída por uma superfície mais ou menos plana, com cotas em média de 230 metros de altitude, se apresenta modelado em pequenas colinas e suavemente inclinado para o sul. Encaixa-se em uma das chamadas “superfícies baixas pediplanadas”, que se encontram numa altitude entre 100 e 300 metros na periferia dos relevos elevados da Borborema.

Segundo Mabelsoone & Castro (1975), circundando a área aplainada da bacia sedimentar, elevam-se moderadamente as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, modelado em serras, orientadas no sentido NE-SW, ao norte e E-W, ao sul. À exceção desses alinhamentos, o relevo nessas rochas não apresenta fortes declividades e embora esteja em nível um pouco mais elevado que a bacia sedimentar, a superfície cristalina também exhibe feições de um aplainamento - Superfície Sertaneja.

Da borda norte para o centro da bacia, a superfície se desenvolve em planos suavemente inclinados, formando pedimentos descontínuos e dissecados pela drenagem, elaborados em condições de semi-aridez.

Essas diferenças no modelado são, sobretudo motivadas por causas estruturais. Os arenitos que afloram quase sempre nas bordas da bacia, em função das suas propriedades litológicas, apresentam relevos mais elevados e vertentes com blocos desagregados; já os siltitos e argilitos, aflorantes no centro da bacia, exibem superfícies mais suaves e cotas mais rebaixadas.

Complexo Granítico-gnáissico-migmatítico.

O Complexo Granítico-gnáissico-migmatítico é posicionado estratigraficamente na base da seqüência, sendo considerado, portanto, pertencente ao Pré-cambriano Indiviso.

Segundo Dantas (1982), “*o Complexo Granítico-gnáissico-migmatítico compreende os Grupos São Vicente, Caicó e Uauá, definidos respectivamente por Ebert (1970), Ferreira & Albuquerque (1969) e Barbosa et alii (1964/1970)*”.

Constitui a unidade geológica de maior representação na área da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, sendo interrompida apenas pela seqüência sedimentar do Grupo Rio do Peixe, pelos grandes maciços granitóides e por uma pequena faixa ao sul da Formação Equador.

Na porção norte da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, os corpos graníticos e granodioríticos associados ao complexo basal, são geralmente grossos e porfiróides, contendo no seu interior zonas de granitos finos a médios equigranulares e zonas de migmatitos de estrutura nebulítica e anatexítica, principalmente nas bordas.

Grupo Rio do Peixe

De acordo com Lima Filho (1991), os primeiros trabalhos que contêm referências de caráter litológico sobre a bacia sedimentar do Rio do Peixe foram feitos por Crandall (1910), Sopper (1915) e Moraes (1924), este último descreveu também as pegadas de dinossauros, encontradas nas proximidades da Cidade de Sousa, na localidade de Pedregulho.

Desde então, vários trabalhos foram desenvolvidos: Moraes & Barros (1964); Beurlen e Costa (1964). E este último propõe uma introdução sobre a estratigrafia da bacia. Seguem-se os trabalhos de Kegel (1965) e Braun (1969). Mabeoone (1972), após estudos lito-estratigráficos detalhados e baseados em Costa (1970) e Albuquerque (1971) propõe elevar à categoria de Grupo e Formações a seqüência sedimentar do Rio do Peixe, anteriormente composta por Formações e Membros. Ficando a partir daí definido o Grupo Rio do Peixe compreendendo três Formações: Antenor Navarro, Sousa e Piranhas.

A Bacia Sedimentar do Rio do Peixe é descontínua e composta por três blocos ou sub-bacias: a de Pombal, a de Sousa e a de Brejo das Freiras.

As sub-bacias de Sousa e de Brejo das Freiras estão inseridas na área da bacia hidrográfica do Rio do Peixe e estão separadas por um intenso falhamento SW-NE, a falha de Portalegre, ao qual se relaciona a fonte termal de Brejo das Freiras.

Na área da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, predominam as Formações Antenor Navarro e Sousa.

A unidade basal no Grupo Rio do Peixe é a Formação Antenor Navarro, que aflora principalmente nas bordas oeste e norte da bacia, ora em contato discordante, ora em contato de falha com o embasamento granítico-gnáissico-migmatítico.

Santos (2002) diz:

“...a Formação é constituída na base por conglomerados e arenitos imaturos, os quais passam gradualmente, em direção ao topo a arenitos finos e micáceos intercalados com argilitos.

Estes sedimentos foram depositados diretamente sobre o embasamento cristalino, em um ambiente de leque aluvial, passando a fluvial, sendo contemporâneos aos primeiros pulsos tectônicos. Sua base conglomerática associa-se a um regime de corrente (torrente e aluvião), que prevaleceu no início dos movimentos tectônicos, passando gradualmente para sedimentos mais finos em direção ao topo da formação.

O aparecimento dos primeiros argilitos indica a passagem gradual de um ambiente fluvial para um ambiente lacustre. Braun (1969) estimou para esta formação uma espessura máxima de 1.300m na sub-bacia de Brejo das Freiras. As medidas efetuadas por Alves (1990) em estratificações cruzadas indicam que as paleo-correntes responsáveis pelos depósitos de arenitos dentro da sub-bacia de Brejo das Freiras são orientadas de norte para sul ou sudeste.”

Litologicamente, Santos (2002) descreve a Formação Sousa:

“é constituída de argilitos intercalados com arenitos finos e finos níveis de carbonáticos, incluindo vários níveis fossilíferos e pegadas de dinossauros que permitem a datação da bacia. Esta formação foi depositada em um ambiente fluvial meandrante (planície de inundação) e lacustre pouco profundo, durante um período de relativa calma tectônica. Seus contatos com a Formação Antenor Navarro (inferior) e Rio Piranhas (superior) são progressivos.

Esta formação apresenta uma área de ocorrência pequena na sub-bacia Brejo das Freiras, amplo na sub-bacia de Sousa e inexistente na sub-bacia de Pombal e no Alto de Santa Helena. O furo estratigráfico da Lagoa do Forno constatou uma espessura de 800m para esta formação, porém Françaolin (1992) estima uma espessura máxima em torno de 1000m. Gretas de contração indicativas de um ambiente de sedimentação pouco profundo e de exposição subaérea freqüente estão presentes em grande quantidade na sub-bacia de Sousa e relativamente pouca quantidade na sub-bacia de Brejo das Freiras. Esta diferença indica que, dentro as sub-bacia de Sousa, o lago onde esta unidade estratigráfica se

depositou ou era amplo ou pouco profundo, ao contrário da sub-bacia Brejo das Freiras, onde o lago foi mais restrito e mais profundo”.

Ainda de acordo com Santos (2002) sobre a Formação Piranhas:

“é constituída por conglomerados e arenitos grosseiros intercalados com arenitos finos e micáceos de matriz argilosa, correspondentes ao assoreamento final do lago onde foi depositada a Formação Sousa, representando uma retomada da atividade tectônica. Sua extensão geográfica é restrita a uma zona próxima à borda sudeste da sub-bacia de Sousa e sua espessura máxima é estimada em 320m (Braun, 1969). Esta formação é a única que apresenta paleocorrentes orientadas de sul para norte, mostrando também uma inversão no sentido de aporte sedimentar em relação às formações citadas anteriormente.

Sedimentos Recentes

Os sedimentos quaternários são representados principalmente pelos aluviões que recobrem os vales dos grandes rios da região.

São sedimentos de natureza e granulometria bastante variadas. As espessuras desses sedimentos são quase que totalmente desconhecidas, todavia, algumas sondagens desenvolvidas nesses sedimentos, têm alcançado profundidades da ordem de 6 a 8 metros.

4.1.1 Arcabouço Estrutural.

De uma forma geral, o arcabouço estrutural das bacias interioranas da região, são constituídos por grabens encaixados nas rochas cristalinas através de falhas normais de alto ângulo, geradas no Fanerozóico através de mecanismos de trancorrência dextral (Lins, 1987).

No noroeste do estado, algumas zonas de cisalhamento brasileiras foram reativadas no intervalo entre o Berriasiano e o Barremiano inferior, dando origem à Bacia do Rio do Peixe.

Segundo Françolin (1992), a formação desta bacia está relacionada a um amplo sistema de falhas transtrativo, no qual falhas de direção E-W e WNW e ESSE representam as falhas sintéticas sinistrais, e aquelas de direção NE-SW as falhas antitéticas dextrais. Esta cinemática originou o atual conjunto formado pelas sub-bacias de Brejo das Freiras, Sousa, Pombal e o Alto de Santa Helena. (Santos. 2002).

De acordo com Castro & Castelo Branco (1999):

“a geometria interna da Bacia sedimentar do Rio do Peixe está fortemente condicionada pelas zonas de cisalhamento de Malta (parte do Lineamento Patos) e Portalegre, que seccionam a bacia em três blocos distintos: as sub-bacias de Brejo das Freiras, a de Sousa e a de Pombal”.

A Bacia sedimentar do Rio do Peixe é constituída por dois meio-grabens assimétricos, ambos mergulhando para sul, separados por um alto interno de direção NE-SW, denominado de Alto de Santa Helena.

De acordo com Lima Filho (1991), na sub-bacia de Sousa, os esforços WNW-ESE fizeram com que as falhas NE-SW ao encontrarem a faixa milonítica E-W de Patos encurvarem-se na direção NW-SE, formando o Lineamento de Malta.

A sub-bacia de Triunfo relaciona-se diretamente à falha de Portalegre, possuindo a mesma origem da sub-bacia de Sousa, porém com algumas diferenças em seu comportamento estrutural.

Na Bacia sedimentar do Rio-do-Peixe observa-se nitidamente a atuação de movimentos transcorrentes originados no início da abertura, seguidos por um movimento distensional e nova transcorrência, esses processos são confirmados com a observação no

desnivelamento dos blocos, existência dos sigmóides, evidências de uma rápida subsidência e pela distribuição das fácies sedimentares que compõem a referida bacia.

4.1.2 Estratigrafia

Estratigraficamente, a bacia do Rio do Peixe é composta pelas formações, cujas idades e composições características podem ser observadas na tabela 2.

tabela 2: Estratigrafia da Bacia sedimentar do Rio do Peixe

<i>Formação</i>	<i>Idade</i>	<i>Características</i>
Rio Piranhas	Albo-Aptiano (119 – 97,5 Ma)	Arenitos arcoseanos (finos a médios) e Conglomerados (grãos angulosos e mal selecionados)
Sousa	Neocomiano (144-119 Ma)	Arenitos finos e siltitos
Antenor Navarro	Jurássico (208 – 144 Ma)	Conglomerados e Arenitos arcoseanos
CT-1	Cambriano	Molassas
	Pré Cambriano Indiviso	Granitos, Gnaisses

Fonte: Lima Filho, M. F. 1991.

Lima Filho (1992) afirma que a bacia do Rio do Peixe é uma bacia interior, formada por dois semi-grabens principais. Nesta bacia ocorreram processos de deposição típicos de ambiente fluvial (leques aluviais, fluviais entrelaçados, fluviais meandantes e lacustres).

4.1.3 Origem Tectono-Estrutural.

Para a melhor compreensão do comportamento tectônico-estrutural da bacia sedimentar do Rio do Peixe é necessário retornar à Pangéia, onde a partir deste momento histórico-geológico iniciam-se os movimentos estruturais que serão determinantes no desenvolvimento das bacias interiores nordestinas. Cabe ressaltar que, os processos que ocorriam no passado geológico da Terra possuíam uma maior magnitude em relação aos

processos atuais, essa magnitude relaciona-se diretamente à idade do planeta, que quando mais jovem liberava uma maior energia proveniente do núcleo.

De acordo com Ponte (1992), nestas bacias sedimentares são identificadas três seqüências tectono-estratigráficas mesozóicas:

- a) Seqüência Pré-rift;
- b) Seqüência rift;
- c) Seqüência pós-rift.

A seguir serão descritas as características de cada uma dessas fases:

SEQÜÊNCIAS EVOLUTIVAS.

a) Na fase Pré-rift (Sin-Rift I): inicia-se um longo estágio de arqueamento crustal, formando um grande geoanticlinal com algumas intumescências dômicas mais proeminentes. No Jurássico superior ocorre um processo de subsidência, provavelmente causada por um processo de estiramento e adelgaçamento crustal, como resultado forma-se uma depressão, a Depressão Afro-brasileira que se estendia desde o sul da Bahia ao Vale do Cariri no Ceará, onde se limitava pelo relevo dos terrenos pré-cambrianos, ao longo do Lineamento da Paraíba. Ao final do Jurássico a depressão Afro-brasileira recebe sedimentação continental com deposição de sedimentos em ambientes flúvio-eólico-lacustres, formando os estratos sedimentares basais da seqüência pré-rift. Este estágio é considerado como a etapa preliminar do processo de rifteamento.

b) A fase Rift (Sin-Rift II) caracteriza-se pela Reativação Wealdeniana, onde se ultrapassa a capacidade de deformação plástica da crosta, originando assim, um sistema de *rifts* que evoluiria para a formação da margem continental brasileira e africana. Durante este

período, o domo setentrional fraturou-se em três ramos (tríplice junção), o ramo sul evoluindo como um rift distensional, formando parte da costa leste brasileira; o ramo oeste evoluindo como uma zona de transcorrência divergente, formando a costa equatorial brasileira e o ramo leste abortaria, formando a fossa de Benué, na África.

Françolin & Szatmari (1987) confirmam que nesta fase o pólo de rotação localizava-se ao sul da cidade de Fortaleza e a norte da Bacia de Tucano, aproximadamente 39° de longitude W e 7° de latitude S.

Matos (1992), afirma que nesta fase, durante o Neocomiano (Cretáceo-Inferior), sedimentos clásticos intracontinentais preencheram a bacia sedimentar do Rio do Peixe.

c) Na fase Pós-rift, já no Aptiano, observa-se a formação do Golfo Proto-Atlântico Sul e do Golfo Proto-Atlântico Equatorial. A Província da Borborema atuava como uma zona de resistência crustal, retardando o processo de separação. No Albiano médio uma nova reativação tectônica provoca uma movimentação transcorrente, pós-Aptiana. Credita-se a este episódio tectônico a fragmentação de algumas bacias interiores do nordeste. Com a migração do pólo de rotação da América do Sul para noroeste em direção ao atual litoral do Amapá, cessam os processos de sedimentação na bacia do Rio-do-Peixe.

A SEPARAÇÃO.

A partir de um movimento divergente leste-oeste, condicionado pelas linhas de fraqueza preexistentes no substrato, ocorre durante o Neojurássico o início da separação entre as placas Sulamericana e Africana.

A fratura iniciou-se no sentido sul-norte, neste momento, o movimento divergente a sul era maior que ao norte, provocando um movimento de rotação no sentido horário da placa Sulamericana em relação à Africana. O pólo de rotação situava-se ao sul da cidade de

Fortaleza e ao norte da bacia de Tucano, o que provocou na atual margem equatorial brasileira, compressão a oeste e distensão a leste do pólo rotacional.

Desta maneira a Província da Borborema sofreu uma compressão de direção leste-oeste e uma distensão norte-sul durante o Neocomiano. Esses esforços provocaram a formação e a reativação de numerosas falhas na região. As falhas de direção NE-SW preexistentes foram reativadas por movimentações transcorrentes dextrais, com movimentação transtensional (transcorrência divergente) no extremo NE (próximo à linha de costa) e transpressional (transcorrência convergente) na porção SW.

Segundo França & Szatmari (1987), o limite entre a fase transtensional e transpressional é marcado por uma linha de diques básicos de direção E-W, denominado Magmatismo Ceará-Mirim.

O Cartograma 3 apresenta a Geologia da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

4.2 Geomorfologia.

De acordo com Ab'Saber (1974), os sertões nordestinos encontram-se no domínio das depressões interplanálticas e intermontanas do nordeste, limitadas a leste pelo Planalto da Borborema, a oeste pela Serra da Ibiapaba, ao norte pelos Tabuleiros Costeiros e ao sul pela Chapada Diamantina.

No passado, essas áreas eram recobertas extensivamente por diferentes tipos de caatinga, que se diferenciavam pelas características edafoclimáticas de cada área. Essa diferenciação edafoclimática provoca modificações fisionômicas e altera a composição florística e faunística de cada uma das formações florestais.

Nessa região ocorrem depressões interplanálticas, marcadas por nítidos níveis de erosão. Em virtude das suas características climáticas predominam os processos físicos de intemperismo, provocando ocorrência de solos rasos, drenagem intermitente e canais fluviais semi-anastomosados ou anastomosados.

O processo de formação do relevo semi-árido baseia-se no modelo evolutivo relacionado a processos de pediplanação: pressupõe a existência de um nível de base. Neste caso específico o nível de base seria o próprio Rio do Peixe, onde as vertentes recuam paralelamente a si mesmas; os sedimentos originados desse processo dão origem aos pedimentos depositados entre o sopé da vertente e o leito fluvial; a coalescência dos pedimentos, associados às planícies aluviais, formam o pediplano de Sousa.

Os processos físicos de intemperismo predominam sobre os processos químicos e biológicos, provocando a ocorrência de feições idiossincráticas.

As diáclases de descompressão (foto 1) que evoluem para uma rede de diaclasamento ortogonal (foto 2) originam blocos que sob a ação de sua própria massa, aliada à ação do clima local, provocam uma forma específica de desagregação, em forma de pétala (foto 3).

Foto 1. Diáclases de Descompressão.



Na foto 1, é possível identificar os processos físicos de degradação da rocha, a partir da fragmentação gradual do corpo rochoso, que sob a ação de agentes intempéricos origina os sedimentos que através da ação de agentes geomórficos locais, serão depositados nas cotas mais baixas, originando assim a superfície pediplanada de Sousa; o mesmo processo ocorre na bacia de Triunfo.

Foto 2: Rede de Diáclases Ortogonais

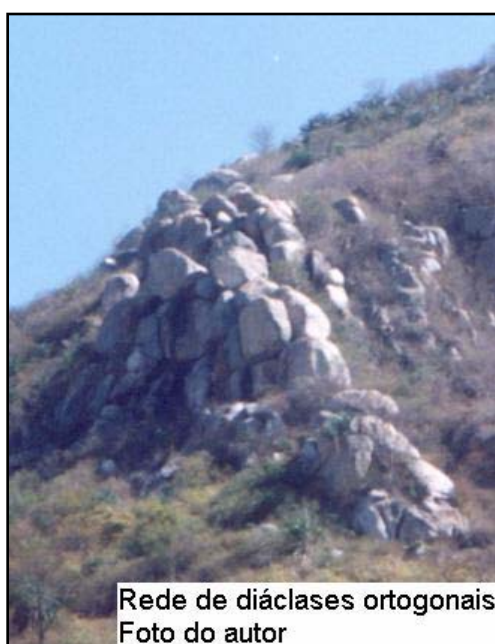
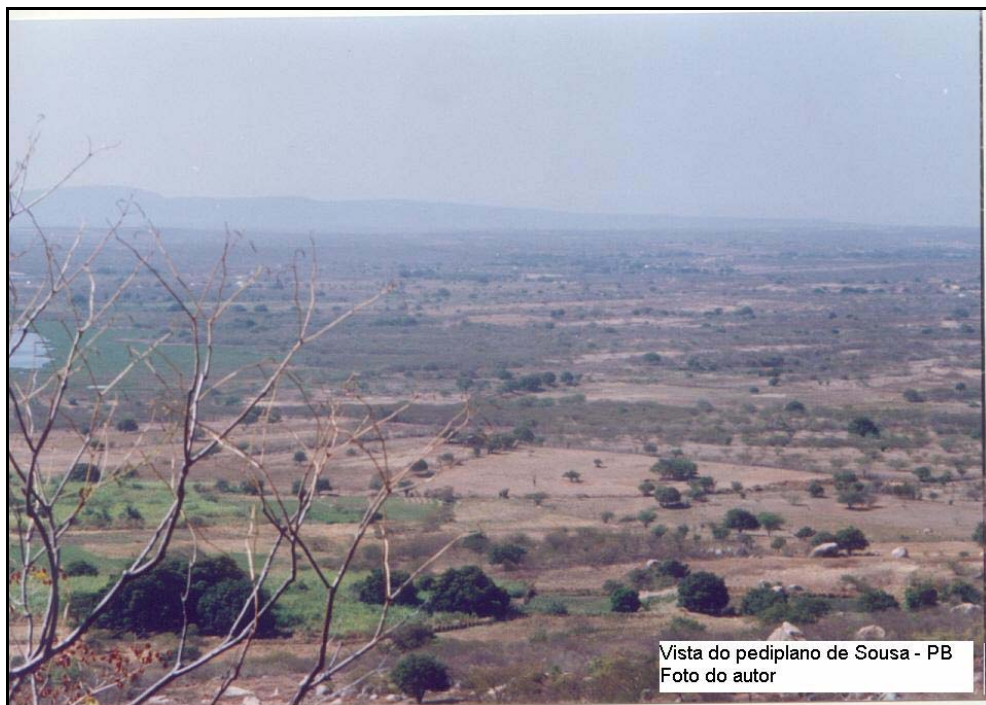


Foto 3: Intemperismo Físico



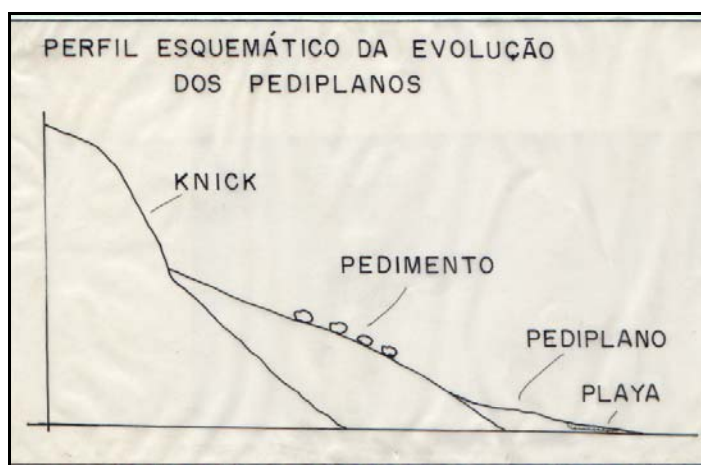
Ao longo do tempo geológico, estes materiais vão sendo gradativamente desagregados, formando sedimentos cada vez menores que por sua vez serão transportados e depositados nas áreas mais baixas do relevo, dando origem aos pediplanos (foto 4).

Foto 4: Vista do Pediplano de Sousa - PB



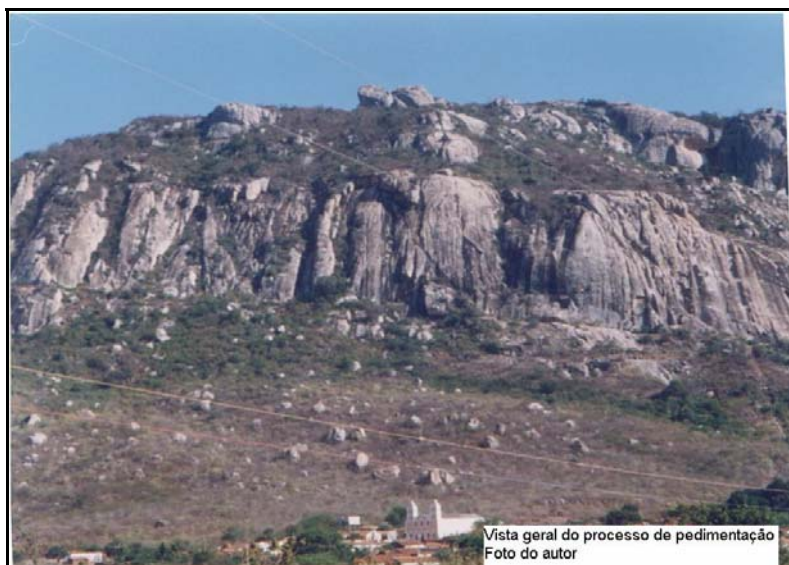
Uma forma característica dessas áreas são os Inselbergues, termo alemão que significa literalmente “monte ilha”, que, de acordo com Dresch (1957) constitui uma forma típica de condições climáticas de savana.

As vertentes dos inselbergues são melhor preservadas do processo de alteração química, graças á sua forte inclinação; esses relevos residuais tanto podem ser derivados dos processos de erosão diferencial, como podem ser originados de antigos divisores de águas. Supõe-se que sejam originados a partir do recuo paralelo das vertentes, durante os processos de formação do pediplano (v. diagrama abaixo).



De acordo com o perfil esquemático acima descrito, observa-se que a predominância de processos mecânicos atuam sobre as encostas, nas quais a esfoliação prossegue no corpo rochoso, provocando o recuo e rebaixamento da vertente. À medida que a erosão lateral progride, a extensão dos inselbergues diminui, dando origem ao knick point, que se desenvolve no contato da vertente com a depressão.

Foto 5: Vista Geral do Processo de Pedimentação.



Na foto 5, observa-se a grandiosidade dos elementos geomorfológicos, em relação ao centro urbano do município de Vieirópolis (PB), onde claramente é possível identificar o knick e o pedimento detrítico.

Localmente, nas áreas ao sopé da vertente, se desenvolvem as playas (playa lake); são aprofundadas pelos proprietários das terras e aproveitadas como pequenos açudes (foto 6), que serve de suporte hídrico durante o período de estiagens. Estes pequenos reservatórios hídricos são de grande importância: em muitos casos são os únicos reservatórios de água mais próximos das comunidades rurais. O reabastecimento desses pequenos reservatórios se dá pelas águas do aquífero aluvial e pelas águas de escoamento, provenientes da vertente.

Foto 6: Playas.



Os processos erosivos dominantes nesta área são determinados pela influência direta dos fatores: precipitação pluviométrica, natureza dos solos e cobertura vegetal. Segundo Penteado (1980), são processos erosivos mais comuns:

- Torrentes em lençol (sheet flood), onde a água carregada de detritos, em função de sua viscosidade tem capacidade de transportar grãos maiores, exercendo ação abrasiva. O transporte e a competência desse fluxo é bastante variável e estão relacionados aos episódios de chuva; é o responsável pelo rebaixamento do pedimento e pela seleção granulométrica dos sedimentos;
- Escoamento difuso (rill wash), tem sua atuação no transporte de sedimentos finos e na ablação lateral da vertente, é caracterizado por canais anastomosados onde as águas fluem e podem ter seu curso modificado por pequenos obstáculos. Transportam apenas sedimentos finos, deixando os sedimentos mais grossos no lugar. De acordo com Dresch *apud* Penteado (1980), este é o processo mais importante na gênese dos pedimentos;

- Erosão pelas gotas de chuva (rain wash). Este processo relaciona-se diretamente com a duração e a intensidade das chuvas: são fatores associados à declividade do terreno que provocam forte erosão na vertente, alimentando assim os pedimentos;
- Correntes canalizadas (stream flood). Processo erosivo intermediário entre o escoamento linear e o escoamento areolar; as correntes concentradas provocam a erosão das vertentes dos vales, causando a chamada erosão lateral.

Tricart (1961) analisa a ação morfogenética da água corrente nos ambientes semi-áridos sob três distintos enfoques:

- serras cristalinas com rochas nuas abundantes, escoamento superficial rápido, pouco efeito mecânico, porém, de ação química bastante representativa;
- drenagem difusa ao longo dos pedimentos, se caracteriza pela seleção dos sedimentos em seus aspectos granulométricos e de densidade; os sedimentos mais finos são transportados para mais longe, o mesmo ocorrendo com as partículas menos densas;
- fluxos descendentes concentrados; fluxos que se unem formando pequenos canais de drenagem temporária.

Em função das características do clima semi-árido, as chuvas ocorrem de forma concentrada e ao início dessas a vegetação ainda se encontra ressequida e aberta, deixando os solos expostos à ação pluvial. Esses processos são extremamente eficientes na modelagem do relevo, sobretudo o escoamento em lençol, que se associa à ação fluvial nos processos de elaboração das planícies fluviais. São esses os processos modeladores do relevo na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

4.2.1 Declividade

De importância determinante nos processos pedogenéticos e morfogenéticos, a declividade relaciona-se diretamente aos processos de erosão dos solos, na relação entre o escoamento superficial e a infiltração das águas no solo, além de estar diretamente relacionada à espessura dos solos e distribuição da vegetação.

As áreas com declividades mais acentuadas estão sujeitas a escoamento superficial mais acentuado e sujeitas a maiores processos erosivos; disso resultam solos rasos ou até inexistentes: é o que ocorre com os relevos escarpados.

Contrariamente ao que foi descrito no parágrafo anterior, as áreas de relevo menos movimentadas, estão sujeitas a maior infiltração da água, promovendo solos mais profundos e menor processo erosivo.

Especificamente para a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, foi confeccionado o mapa de declividade. Conforme a tabela 3, foi possível determinar as seguintes classes de declividade com as suas respectivas características:

Tabela 3. Classes de Declividade.

<i>Declividade (%)</i>	<i>Classes de Relevo</i>	<i>Características</i>
0 – 2,5	Plano (declividade suave)	Relevo correspondente às áreas do pediplano;
2,5 – 12	Suave ondulado a ondulado (declividade moderada)	Correspondendo às áreas inferiores dos pedimentos, que ao coalescerem formarão os pediplanos;
12 – 50	Muito ondulado a Forte ondulado (declividade forte)	Relevo com maior ondulação com morros isolados e vales encaixados pouco profundos;
50 – 100	Montanhoso (declividade muito forte)	Corresponde às encostas das serras e áreas montanhosas;
> 100	Escarpado (declividade muito forte com impedimento de mecanização)	São áreas definidas como abruptas, correspondendo às escarpas.

Fonte: Vieira & Vieira (1983).

De acordo com o Manual de Morfologia e Classificação de Solos (Vieira & Vieira 1983), as classes de declividade citadas, podem ser utilizadas agricolamente com as seguintes limitações:

- o Os relevos planos ou com declividades suaves (0 a 2,5%) podem ser utilizados sem limitações agrícolas, podendo ser arados em todas as direções e sentidos;
- o Os relevos ligeiramente ondulados ou com moderada declividade (2,5 a 12%) não apresentam restrições ao uso de maquinário agrícola; neste caso a aração deve ser feita em curva de nível e a agricultura necessita de práticas simples de proteção;
- o Os relevos muito ondulados a forte ondulados (12 a 50%) poderão ser trabalhados agricolamente com plantio em curvas de nível, maquinário simples ou tração animal;
- o Nas áreas montanhosas (50 a 75%), mesmo com uma maior dificuldade no manejo, podem ser utilizadas como áreas de cultivo, usando instrumentos e ferramentas manuais;

- o As áreas com declividade superior a 75%, são protegidas por lei (Lei nº 4771/65 do Código Florestal Brasileiro); não podem ser cultivadas, por serem consideradas áreas de preservação permanente.

A relação existente entre a declividade representada em graus (°) e a declividade representada em percentual (%) pode ser definida pela seguinte relação:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow \operatorname{tg} 45^{\circ} = \frac{\operatorname{sen} 45^{\circ}}{\cos 45^{\circ}} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2}}$$

$$\operatorname{tg} 45^{\circ} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times \frac{2}{\sqrt{2}} = \frac{2\sqrt{2}}{2\sqrt{2}} = 1 \therefore 1 = 100\%$$

$$\operatorname{tg} 45^{\circ} = 100\%$$

Assim, uma vertente que apresente 45° de declividade é considerada, na forma percentual como apresentando 100% de declividade.

A classificação e o mapeamento das classes de declividade do terreno são fundamentais nos levantamentos de uso do solo e do relevo. A declividade é uma variável que pode revelar as aptidões e limitações do uso do solo.

O Cartograma 4 ilustra a distribuição das classes de declividade na área de estudo.

A tabela 4, quantifica a área de ocorrência das diversas classes de declividade nas respectivas sub-bacias hidrográficas.

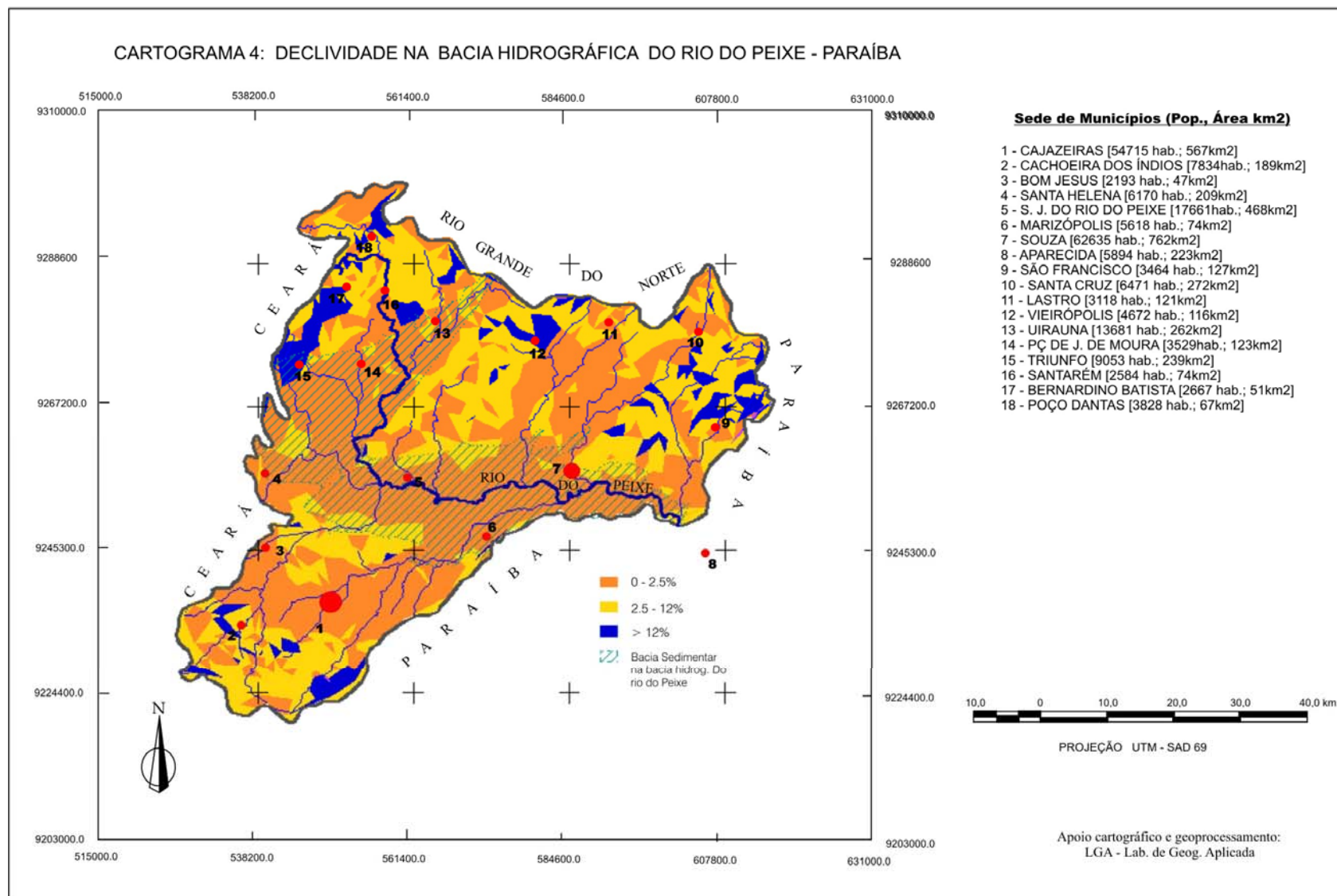


Tabela 4: Declividade na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe – PB.

Bacia/Sub-bacia (km ²) Classes de declividade (%)	Bacia do Rio do Peixe	Sub-bacia do Riacho Cacaré	Sub-bacia do Riacho Zé Dias	Sub-bacia do Riacho Jurema	Sub-bacia do Riacho do Açude Chupadouro	Sub-bacia do Riacho Poço Dantas	Sub-bacia do Riacho Morto 2	Sub-bacia do Riacho Condado	Sub-bacia do Riacho da Serra	Sub-bacia do Riacho das Araras	Sub-bacia do Riacho Boi Morto	Sub-bacia do Riacho Morto 1
0 – 2,5	1913,330	165,94	348,82	186,95	16,56	45,89	111,37	127,54	200,00	134,22	69,32	49,47
2,5 – 12	1250,588	176,10	140,54	33,69	7,21	27,05	123,41	25,06	111,98	128,92	151,65	50,31
12 – 50	262,466	19,49	30,61	9,61	0,00	11,05	21,65	25,99	14,41	30,46	50,95	0,00
50 – 100	2,738	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
> 100	0,826	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nenhuma	0,00	10,19	6,28	0,10	0,00	0,01	0,08	0,03	1,63	0,03	7,14	0,00

4.3 Condicionantes Climáticos

De acordo com a classificação climática de Köppen, a tipologia climática que abrange a área da bacia do Rio do Peixe é de tipo *Awig* (Aw - Clima de Savana; i – diferença entre as temperaturas dos meses extremos é superior a 5°C; g – temperatura máxima, posterior ao solstício de verão e uma temporada chuvosa). No cartograma 5, esta distribuição climática é observável no Estado da Paraíba.

No cartograma 6, elaborado com base na classificação bioclimática de Gaussen, a área da bacia do Rio do Peixe apresenta um clima do tipo semi-árido quente mediano, com 7 a 8 meses secos e uma má distribuição anual da precipitação, correspondendo às regiões bioclimáticas *4ath* e *4bth*, *tropical quente de seca acentuada* e *tropical quente de seca média*, respectivamente. Aliado a altas temperaturas e a elevadas taxas de evapotranspiração a estiagem ocasiona sérios problemas de ordem sócio-econômica peculiares à região.

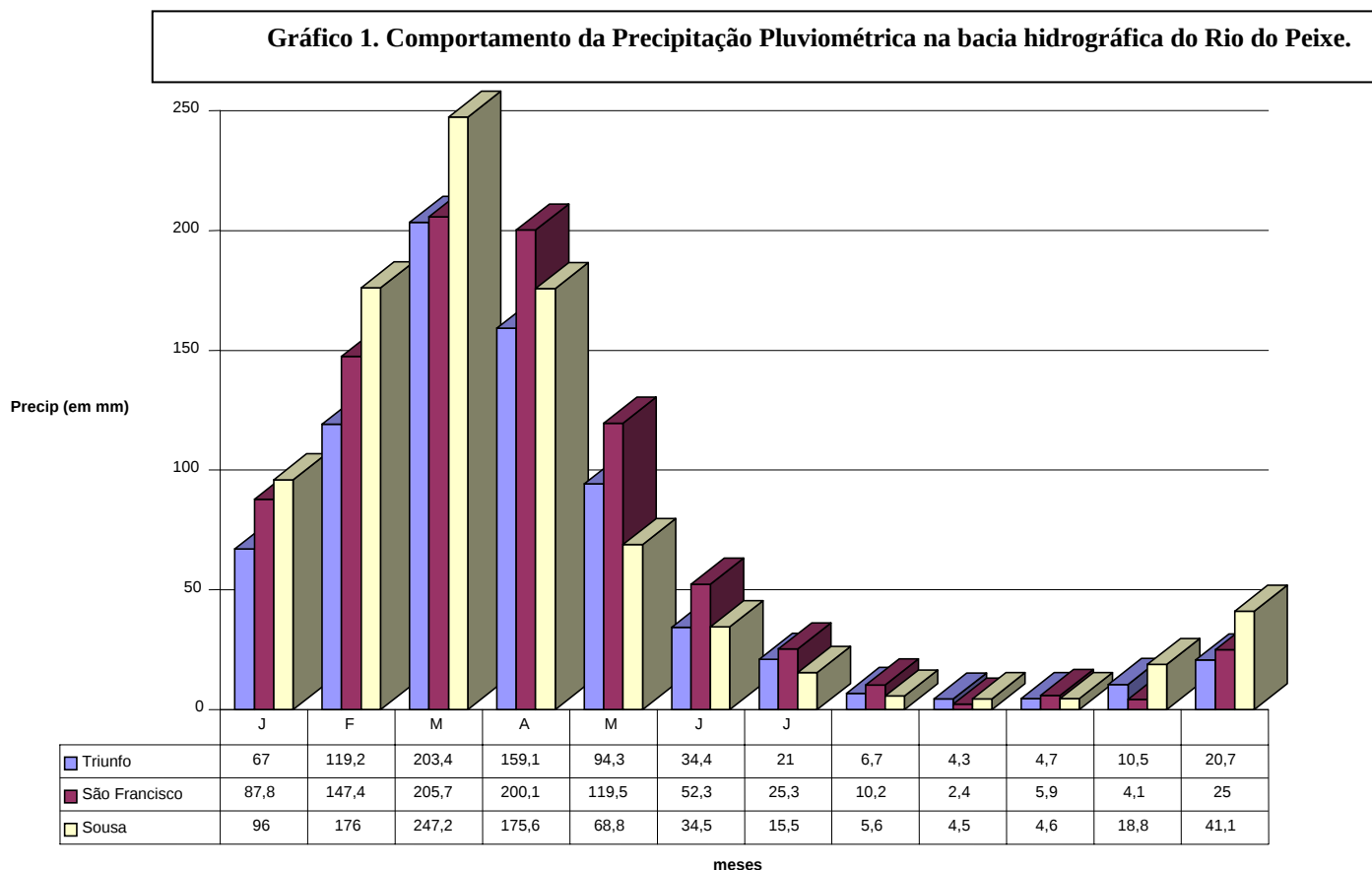
As precipitações ocorrem de forma concentrada em um curto espaço de tempo, normalmente de três e quatro meses. Ao observar a tabela 5, com os pluviogramas das cidades de Triunfo, São Francisco e Sousa, percebe-se que o comportamento pluviométrico no interior da bacia do Rio do Peixe é semelhante, apresentando apenas sutis diferenciações nos totais pluviométricos médios, em cada um dos postos analisados. Estas médias mensais foram extraídas do trabalho publicado “Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Paraíba” (SUDENE-1990), onde as precipitações médias dos municípios foram determinadas da seguinte forma:

Tabela 5: Precipitação Média Anual

Cidade	Média da Precipitação Anual (em mm/ano)
Triunfo	776,9
São Francisco	858,9
Sousa	914,4

Fonte: SUDENE- Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Paraíba. 1990.

O gráfico 1 apresenta a distribuição temporal da precipitação na área da bacia Hidrográfica do Rio do Peixe.



Fonte: SUDENE- Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Paraíba. 1990.

As variações espaço-temporais de precipitação pluviométrica, podem ser notadas a partir da observação das médias anuais e interanuais, que apresentam grande irregularidade, concentrando as precipitações em um curto período do ano. Essa precipitação está relacionada diretamente com as pulsações da Convergência Intertropical (CIT), que atua neste setor em meados do verão se estendendo até o outono, marco da estação chuvosa durante o trimestre fevereiro, março e abril.

Em função desta irregularidade, observam-se dois fenômenos de natureza distinta, porém semelhantes em seus efeitos nefastos à produção agro-pecuária da região: a estiagem, ausência quase total de precipitação, e, aumento exagerado de precipitações, provocando

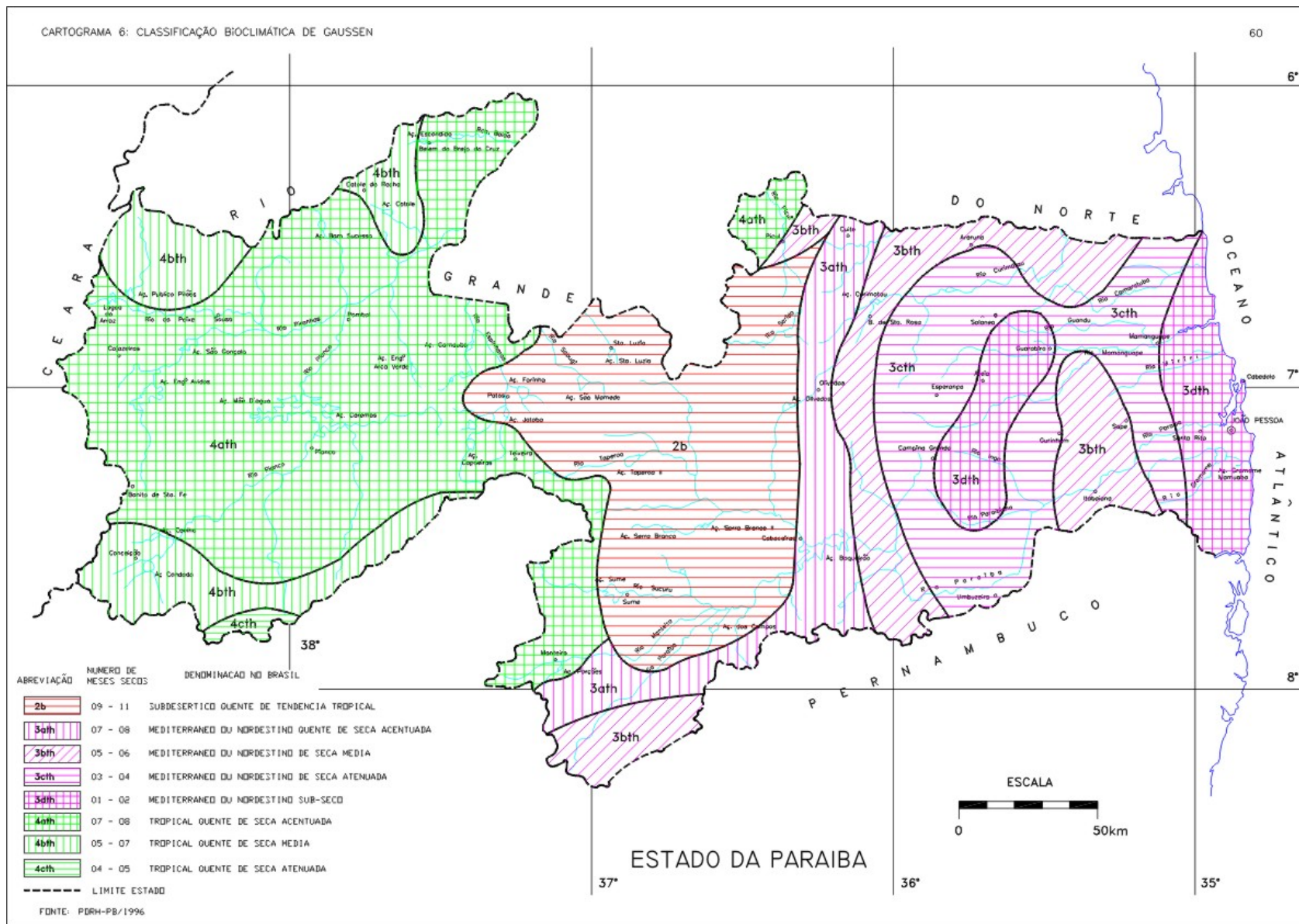
grandes inundações. Estes eventos climáticos resultam da ação dos fenômenos *el nino* (aquecimento de águas) e *la nina* (esfriamento de águas), ambos no Oceano Pacífico, associados à ação do Dipolo do Atlântico Sul que alteram a dinâmica atmosférica global.

As estiagens exercem efeito danoso muito maior que as inundações, devido à maior duração, maior frequência, maior área de abrangência e amplitude dos danos; afetam culturas e rebanhos de forma implacável, causando um colapso na já tão combalida estrutura sócio-econômica da região.

Aliado à distribuição irregular da precipitação atmosférica, soma-se a forte insolação, corroborando para a alta taxa de evapotranspiração e baixo teor de umidade nos solos.

A insolação na bacia do Rio do Peixe chega, em média, a 2.800 h/ano. As temperaturas médias anuais chegam em torno de 24 a 26 °C; determinam uma taxa média de evaporação potencial da ordem de 2.000 mm/ano, confirmando o déficit hídrico da região.

De acordo com Nimer (1989), os problemas sócio-econômicos ocorrentes na região resultam de uma estrutura fundiária concentradora, relações de trabalho injustas e empreendimentos mal planejados. Essa situação não pode ser imputada aos condicionantes climáticos.



4.4 PEDOLOGIA

De uma maneira geral, há cinco fatores observáveis na formação do solo, responsáveis pela tipologia do solo. Estes fatores podem ser representados pela seguinte relação:

$$\text{Solo} = f(\text{rocha matriz, clima, relevo, biosfera e tempo})$$

O clima e a biosfera são considerados agentes ativos, enquanto à rocha matriz é atribuída uma função passiva no processo pedogenético.

A importância da rocha matriz na pedogênese está intrinsecamente relacionada à composição dos elementos minerais que se decompõem e se desagregam determinando a qualidade do solo resultante.

Especificamente na bacia do Rio do Peixe, os solos resultantes do intemperismo que ocorreu nas rochas sedimentares e nos sedimentos quaternários inconsolidados são os Luvisolos, que, de acordo com a Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), compreendem solos minerais não hidromórficos, com argila de atividade alta, saturação de bases alta e horizonte B textural ou B nítico imediatamente abaixo de horizonte A fraco, ou moderado. Esta classe de solo abrange os solos Bruno Não Cálcicos e os Podzólicos Vermelho-Amarelo Eutróficos.

O processo pedogenético que ocorreu nas rochas das formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas, compostos por conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos originam os Vertissolos e os Neossolos.

Os Vertissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil. Estes solos apresentam variação de volume com o aumento da umidade do solo, ocorrendo o fendilhamento nos períodos secos. São solos que se desenvolvem nas áreas aplainadas e pouco movimentadas da bacia do Rio do Peixe. Esta classe de solos abrange os Vertissolos e os Vertissolos com fase pedregosa.

Os Neossolos, por sua vez, são constituídos de material mineral, ou de material orgânico pouco espesso, com pequena expressão dos processos pedogenéticos; nesta classe de solos estão incluídos os Litossolos e os solos aluviais (Aluvissolos).

A classe dos Planossolos, compreende solos minerais, imperfeitamente ou mal drenados, se desenvolvem nas áreas de relevo plano, onde ocorre acúmulo de água. Esta classe de solos abrange os Solonetz Solodizados.

No que tange à suscetibilidade à erosão, constata-se que os solos de textura mais arenosa são mais suscetíveis à erosão do que os solos de textura argilosa e mais estruturados que os arenosos. Associado a esse fator, os solos mais rasos são mais sujeitos aos processos erosivos do que os solos mais profundos. O fator declividade também contribui determinantemente para o grau de erodibilidade dos solos: maior declividade propicia maior erodibilidade.

Avaliando as condições edafoclimáticas, reinantes na área, percebe-se que grande parte dos solos que ocorrem na bacia hidrográfica do Rio do Peixe são rasos e com textura média a arenosa, conseqüentemente bastante suscetíveis a processos erosivos.

Na avaliação das terras da bacia, de acordo com a Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), observa-se a ocorrência de quatro classes de solos, listadas em ordem de abrangência: Neossolos, Luvissolos, Vertissolos e Planossolos, além de afloramentos rochosos.

Na tabela 6, observam-se classes de solos ocorrentes. Segundo os estudos consultados, foram mapeados como associação de solos, sendo o solo dominante o que dá nome a classe, seguido de outras unidades taxonômicas.

No cartograma 7, é possível observar a distribuição dos solos na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Tabela 6. Classes de Solos na bacia Hidrográfica do Rio do Peixe-PB

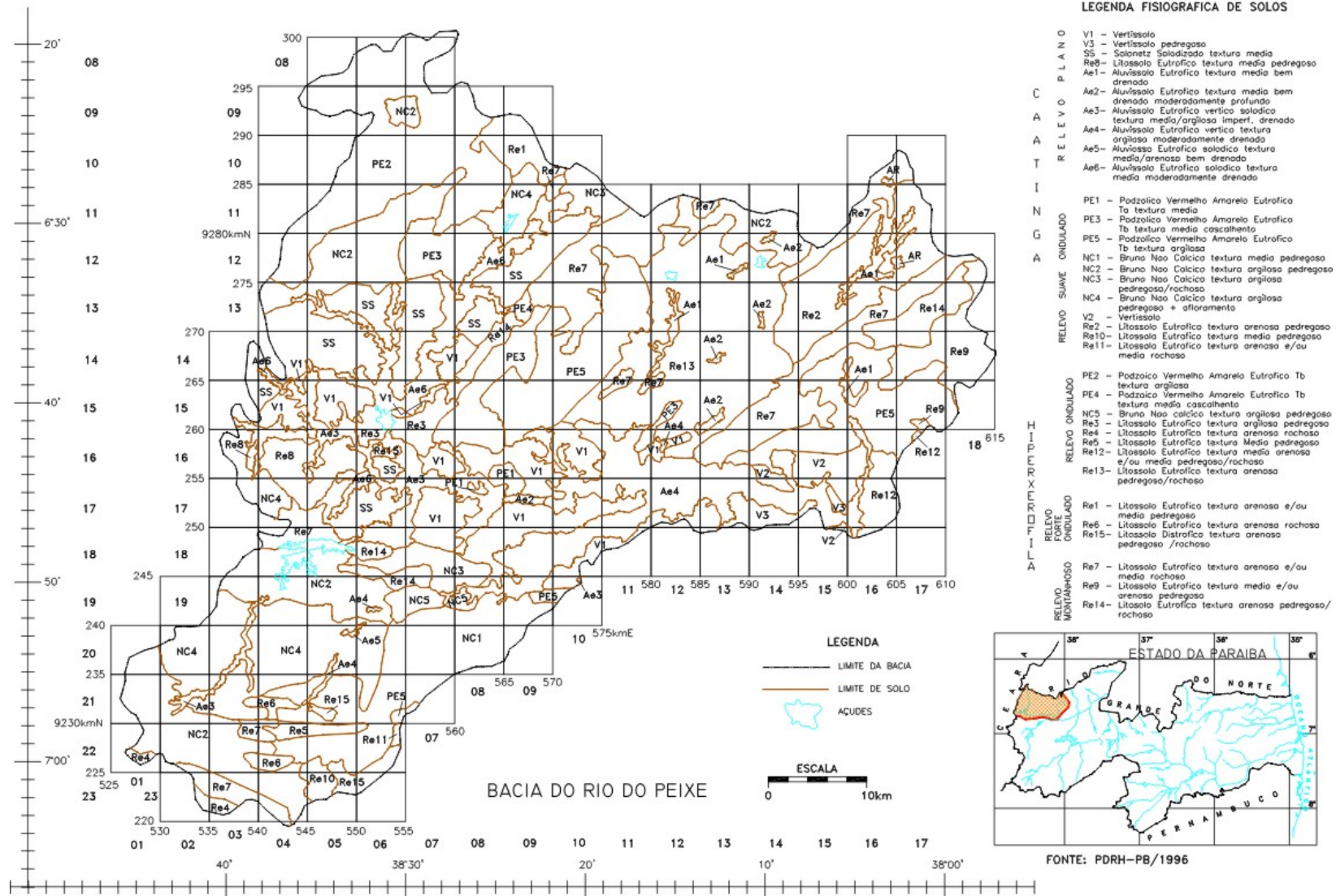
	RELEVO	CLASSIFICAÇÃO EMBRAPA (1999)	CLASSIFICAÇÃO DA EMBRAPA (Baseada na 7ª aproximação americana)
F A S E C A A T	Relevo Plano	Vertissolos	V1- Vertissolo
			V3- Vertissolo pedregoso
		Planossolos	SS- Solonetz Solodizado textura média
			Re8- Litossolo Eutrófico textura média pedregoso
			Ae1- Aluvissolo Eutrófico textura média bem drenado
			Ae2- Aluvissolo Eutrófico textura média bem drenado moderadamente profundo
			Ae3- Aluvissolo Eutrófico vértico solódico textura média argilosa imperfeitamente drenado
			Ae4- Aluvissolo Eutrófico vértico textura argilosa moderadamente drenado
			Ae5- Aluvissolo Eutrófico solódico textura média/arenosa bem drenado
			Ae6- Aluvissolo Eutrófico solódico textura média moderadamente drenado
I N G A H I P E R X E Ó F I L A	Relevo Suave Ondulado	Luvisolos	PE1- Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Ta textura média
			PE3- Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Tb textura média cascalhento
			PE5- Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Tb textura argilosa
			NC1- Bruno Não Cálcico textura média pedregoso
			NC2- Bruno Não Cálcico textura argilosa pedregoso
			NC3- Bruno Não Cálcico textura argiloso pedregoso/rochoso
			NC4- Bruno Não Cálcico textura argilosa pedregoso + afloramento
		Vertissolos	V2- Vertissolo
		Neossolos	Re2- Litossolo Eutrófico textura arenosa pedregoso
			Re10- Litossolo Eutrófico textura média pedregoso
			Re11- Litossolo Eutrófico textura arenosa e/ou média rochoso
	Relevo Ondulado	Luvisolos	PE2- Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Tb textura argilosa
			PE4- Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico Tb textura média cascalhento
			NC5- Bruno Não Cálcico textura argilosa pedregoso
		Neossolos	Re3- Litossolo Eutrófico textura arenosa e/ou média rochoso
			Re4- Litossolo Eutrófico textura arenosa rochoso
			Re5- Litossolo Eutrófico textura média pedregoso
			Re12- Litossolo Eutrófico textura arenosa e/ou média pedregoso/rochoso
			Re13- Litossolo Eutrófico textura arenosa pedregoso/rochoso
	Relevo Forte Ondulado	Neossolos	Re1- Litossolo Eutrófico textura arenosa e/ou média pedregoso
			Re6- Litossolo Eutrófico textura arenosa rochoso
			Re15- Litossolo Distrófico textura arenosa pedregoso/rochoso
	Relevo Montanhoso	Neossolos	Re7- Litossolo Eutrófico textura arenosa e/ou média rochoso
			Re9- Litossolo Eutrófico textura média e/ou arenoso pedregoso
			Re14- Litossolo Eutrófico textura arenosa pedregoso/rochoso

Fonte: PDRH-PB/1996

De acordo com Ab'Saber (1977), o caráter exorréico da rede de drenagem faz com que os solos salinos não sejam uma característica mais destacada nesta região. As áreas de ocorrência dos solos salinos (Solonetz Solodizados) são facilmente identificáveis; nelas desenvolvem-se os carnaubais (*Copernicia prunifera*), traços naturais de solos salinos.

CARTOGRAMA 7: SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE

65



4.5 VEGETAÇÃO

Tendo em vista a interação existente entre os elementos do quadro natural, Dansereau (1949), dizia que “*a vegetação é o espelho do clima*”, para se referir às características climáticas que determinam o comportamento fitogeográfico de uma região.

Tal situação de equilíbrio entre clima e vegetação pode chegar ao seu ponto máximo, provocando o que se denomina “Equilíbrio biostático”, termo criado pelo pedólogo Erhart. Este equilíbrio conduz a uma condição de estabilidade na morfogênese. Um desequilíbrio qualquer, provocado por alterações de natureza climática, tectônica ou antrópica, deverá acarretar uma aceleração dos processos erosivos, fase esta denominada resistasia.

A vegetação natural que predomina na área da bacia do Rio do Peixe é a Caatinga. Caracteriza-se pelo conjunto de árvores e arbustos espontâneos, densos, baixos, retorcidos, de aspecto seco, nanofoleáceas, coreáceas, de caráter caducifólio, com raízes profundas; adapta-se a altas temperaturas e a evapotranspiração do ambiente semi-árido.

Em seu estágio primitivo esta vegetação se apresentava de forma fechada, impenetrável pela sua densidade e pelos espinhos, rica em elementos arbóreos e com muitas espécies vegetais nobres.

As diferenciações fisionômicas e florísticas das caatingas estão diretamente relacionadas às características edafo-climáticas. As diversas fisionomias da caatinga ocorrem em tempos e espaços diferentes, provocando grandes contrastes entre os períodos secos e chuvosos.

Andrade Lima (1966) classifica as caatingas de acordo com os aspectos fisionômicos peculiares; assim, na área da bacia do Rio-do-Peixe é possível identificar a ocorrência de caatinga arbórea, caatinga arbóreo-arbustiva e caatinga arbustiva. Uma outra ocorrência

bastante significativa da vegetação na bacia do Rio-do-Peixe são os campos de carnaubais (*Copernicia prunifera* H.E. Moore (Miller)), indicadores de áreas com solos salinos, que possuem uma grande importância na economia local.

No Quadro 1, é possível identificar as diferentes formações vegetais que ocorrem na bacia hidrográfica do Rio do Peixe com as suas respectivas características.

Quadro 1. Formações Vegetais

Formação Vegetal	Descrição	
Caatinga arbórea	Ocorrência de vegetação com predomínio do estrato arbóreo com indivíduos com cerca de 8 a 12 metros.	
Caatinga arbóreo-arbustiva	Onde é possível encontrar as duas sinúsias associadas, um arbustivo com indivíduos entre 3 e 4 metros e outro arbóreo com indivíduos entre 7 e 8 metros.	

Caatinga arbustiva	Predominância do estrato arbustivo, com indivíduos com cerca de 2 a 5 metros.	
Carnaubal	<i>Copernicia prunifera</i> , palmácea com grande importância na pequena produção rural. Vegetação nativa das áreas de má drenagem do solo, indicativas de solos salinos (Planossolos)	

A identificação das principais espécies vegetais arbóreas, existentes na bacia hidrográfica do Rio do Peixe foi feita por Ferri (1980), conforme menciona Pinto (1998).

Confira-se no quadro 2 a classificação das espécies arbóreas de maior incidência naquela bacia.

Quadro 2: Espécies arbóreas de maior ocorrência.

<i>Nome Científico</i>	<i>Nome Comum</i>
<i>Amburana cearensis</i>	Cumarú ou Umburana
<i>Anacardium sp.</i>	Caju
<i>Annona muricata</i>	Graviola
<i>Aspidosperma sp.</i>	Pereiro
<i>Astronium urunduva</i>	Aroeira
<i>Bauhinia forficata</i>	Mororó
<i>Caesalpina sp.</i>	Catingueira
<i>Caesalpina sp.</i>	Pau-ferro ou Jucá
<i>Cássia excelsa</i>	Canafistula
<i>Cássia sp.</i>	Canuto de cachimbo
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro
<i>Combretum sp.</i>	Mufumbo
<i>Copernicia prunifera H.E. Moore (Miller)</i>	Carnaúba
<i>Erythrina falcata</i>	Mulungú
<i>Genipa amaricana</i>	Genipapo
<i>Ingá sp.</i>	Ingá
<i>Licania rígida</i>	Oiticica
<i>Licania tormentosa</i>	Oiti
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	Sabiá
<i>Piptadenia macrocarpa</i>	Angico
<i>Pithecolobium tortum</i>	Jurema branca
<i>Psidium guajava</i>	Goiaba
<i>Quillaja brasiliensis</i>	Saboneteira
<i>Spondias sp.</i>	Umburana de cheiro
<i>Tabebuia Alba</i>	Ipê-amarelo; Pau d'arco Amarelo
<i>Tabebuia avellaneda</i>	Ipê-roxo; Pau d'arco Roxo
<i>Tabebuia caraíba</i>	Craibeira
<i>Ziziphus joazeiro</i>	Juazeiro

Fonte: Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio do Peixe. 1998

Segundo Silva (2002), “as ações de natureza extrativista, como meio de exploração dos recursos vegetais da caatinga, associadas ao uso da área como pastagens e desmatamento

para cultivo, bem assim as queimadas e a exposição do solo por longo período, constituem intervenções antrópicas; fatores de contribuem para o empobrecimento da caatinga. A utilização dos produtos vegetais (lenha, carvão) como matriz energética corresponde a 22,3% do consumo regional, para um consumo nacional de 14,9%. Estes produtos correspondem a segunda maior fonte energética consumida na região, perdendo apenas para o gás natural”.

4.5.1 Distribuição de Cobertura Vegetal

A grande importância da cobertura vegetal no contexto ambiental relaciona-se não apenas com a biodiversidade, mas com a proteção do solo, minimizando a ocorrência dos processos morfogenéticos.

Para minimizar os efeitos dos processos morfogenéticos a cobertura vegetal atua das seguintes formas:

- o evita o impacto direto das gotas de chuva contra o terreno que provocam a desagregação das partículas do solo;
- o impede a compactação do solo que diminui a capacidade de infiltração e absorção de água;
- o diminui os efeitos da radiação solar direta sobre a matéria orgânica que compõe o solo.

A densidade da cobertura vegetal na bacia hidrográfica comprova o quanto esta bacia já foi degradada. Segundo os dados do Plano Diretor dos Recursos Hídricos, elaborado em 1996, cerca de 84,8% da vegetação natural se encontra antropizada, ou seja, não representa mais a vegetação primitiva, sendo observado apenas uma vegetação secundária.

Esse processo ocorre em função do intenso uso agrícola, dos desmatamentos para implantação de pastagens, além do uso da lenha em padarias, cerâmicas, carvoarias e construção das casas da região.

Veja-se a tabela 7, para identificar o grau da cobertura vegetal, em cada uma das sub-bacias que compõem a área do trabalho.

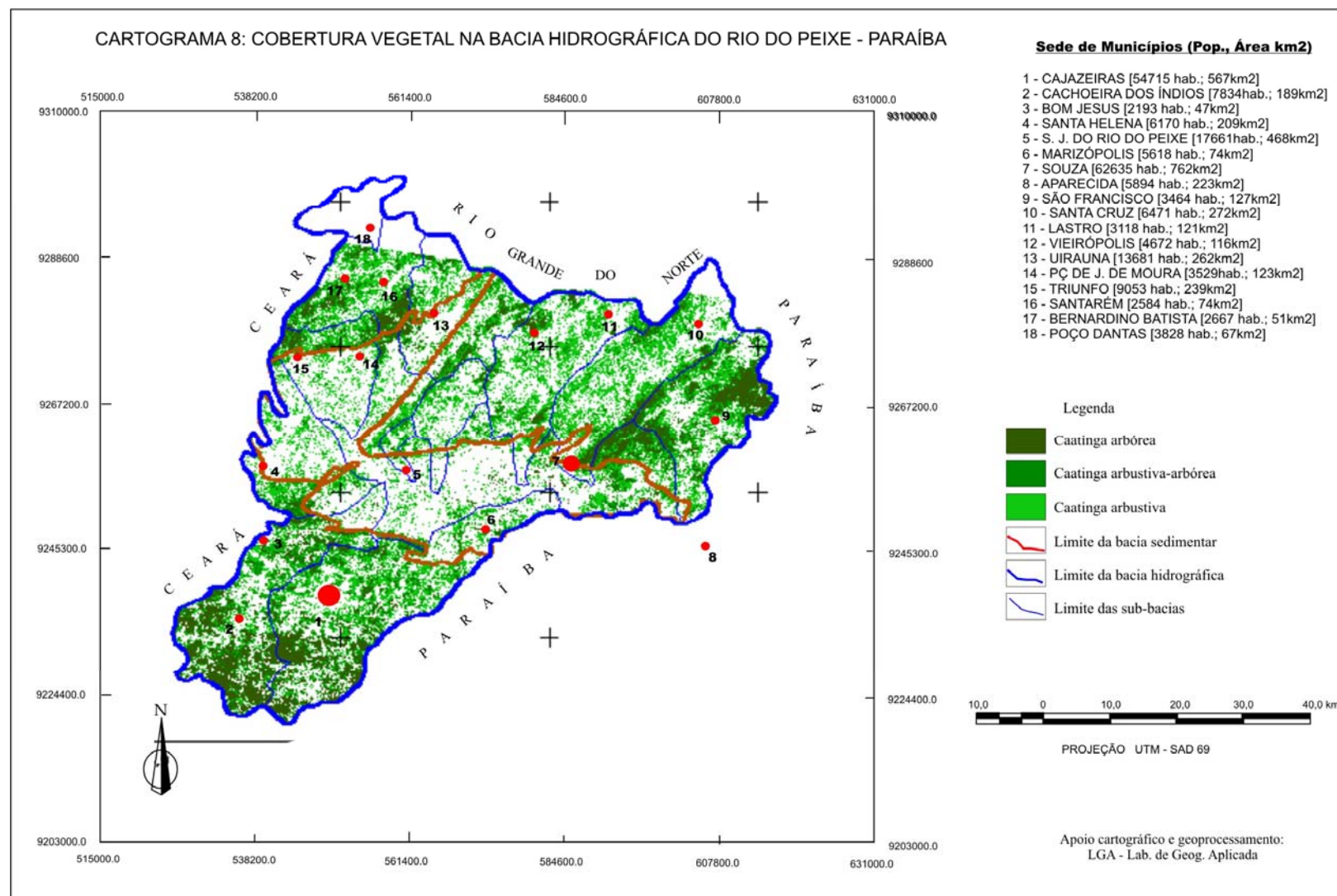
No Cartograma 8, observa-se a distribuição espacial da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Tabela 7: Distribuição da Cobertura Vegetal

Bacia/Sub-bacia Vegetação	Bacia do rio do Peixe	Sub-bacia do Riacho Cacaré	Sub-bacia do Riacho Zé Dias	Sub-bacia do Riacho Jurema	Sub-bacia do Riacho do Açude Chupadouro	Sub-bacia do Riacho Poço Dantas	Sub-bacia do Riacho Morto 2	Sub-bacia do Riacho Condado	Sub-bacia do Riacho da Serra	Sub-bacia do Riacho das Araras	Sub-bacia do Riacho Boi Morto	Sub-bacia do Riacho Morto 1
Caatinga arbustiva	907,51	66,30	128,01	64,22	9,18	0,01	68,37	51,27	120,98	104,22	78,99	26,95
Caatinga arbustiva-arbórea	367,60	59,95	74,87	17,93	3,00	0,00	26,34	14,80	26,97	22,65	42,50	6,09
Caatinga arbórea	421,80	112,01	90,29	5,95	1,04	0,00	19,31	13,70	18,08	15,83	66,04	3,78
Total (em km ²)	1696,91	238,26	293,17	88,10	13,22	0,01	114,02	79,77	166,03	142,7	187,53	36,82
Cobertura Vegetal (%)	49,13	64,10	55,66	38,12	55,63	*	44,45	44,63	50,61	59,47	66,72	36,90

A cobertura vegetal é calculada dividindo-se o total da cobertura vegetal nativa (áreas relativas a Caatinga arbustiva + Caatinga arbustiva-arbórea + Caatinga arbórea) pela área total da sub-bacia.

* - A sub-bacia do Riacho Poço Dantas não pode ter o seu valor determinado devido a falta de cobertura pela imagem de satélite.



4.6 RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE

4.6.1 AS ÁGUAS SUPERFICIAIS

As nascentes do Rio do Peixe localizam-se na Serra do Padre, município de Uiraúna. Ao longo de seu curso recebe significativas contribuições de onze sub-bacias; sete delas à margem esquerda: Riacho Poço Dantas, Riacho Morto 2, Riacho das Araras, Riacho da Serra, Riacho Boi Morto, Riacho do Açude Chupadouro, Riacho Morto 1; as outras quatro à margem direita: Riacho Condado, Riacho Jussara, Riacho Cacaré, Riacho Zé Dias, desaguando finalmente na confluência com o Rio Piranhas, município de Aparecida.

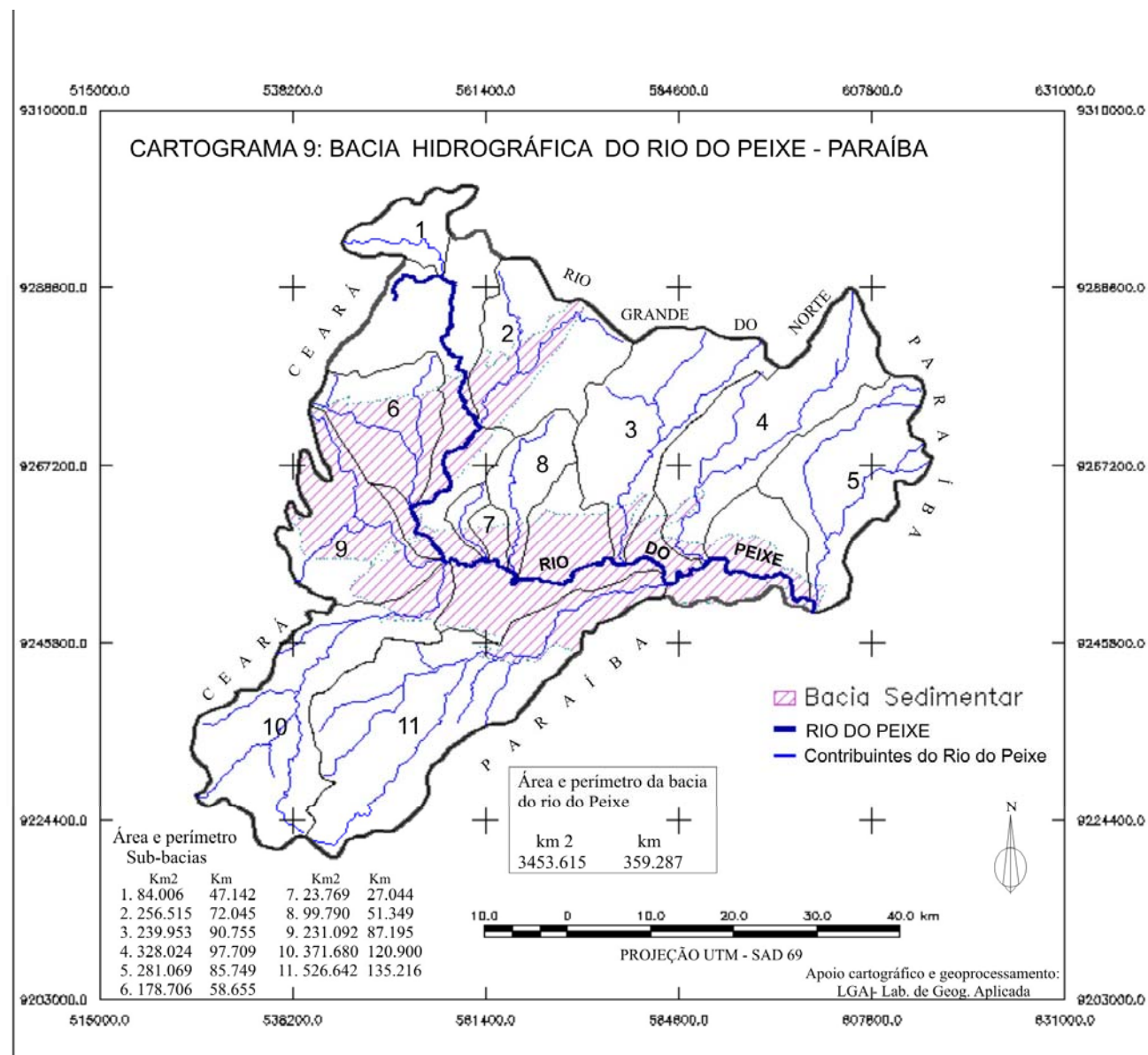
A rede hidrográfica da bacia do Rio do Peixe é formada pelo seu curso principal e por onze sub-bacias, suas áreas, perímetros e comprimento do curso principal são apresentadas na tabela 8.

No cartograma 9 visualiza-se o conjunto da bacia hidrográfica e suas principais sub-bacias.

Tabela 8: Sub-Bacias da Bacia hidrográfica do Rio do Peixe-PB

Sub-bacia	Área (em km ²)	Perímetro (em km)	Comprimento do Rio Principal (em km)
(1) Riacho Poço Dantas	84,00	47,14	18,20
(2) Riacho Morto 2	256,51	72,04	30,10
(3) Riacho das Araras	239,95	90,75	38,80
(4) Riacho da Serra	328,02	97,70	51,60
(5) Riacho Boi Morto	281,06	85,74	39,30
(6) Riacho Condado	178,70	58,65	24,65
(7) Riacho do Aç. Chupadouro	23,76	27,04	12,60
(8) Riacho Morto 1	99,79	51,34	27,00
(9) Riacho da Jurema	231,09	87,19	33,00
(10) Riacho Cacaré	371,68	120,90	52,18
(11) Riacho Zé Dias	526,64	135,21	67,55
(12) Rio do Peixe	832,48	298,34	106,10

Fonte: PDRH-PB. 1996



O perfil longitudinal do Rio do Peixe divide-se em três trechos, conforme a sua mudança de declividade (tabela 9).

Tabela 9: Declividades na Bacia Hidrográfica do Rio Peixe

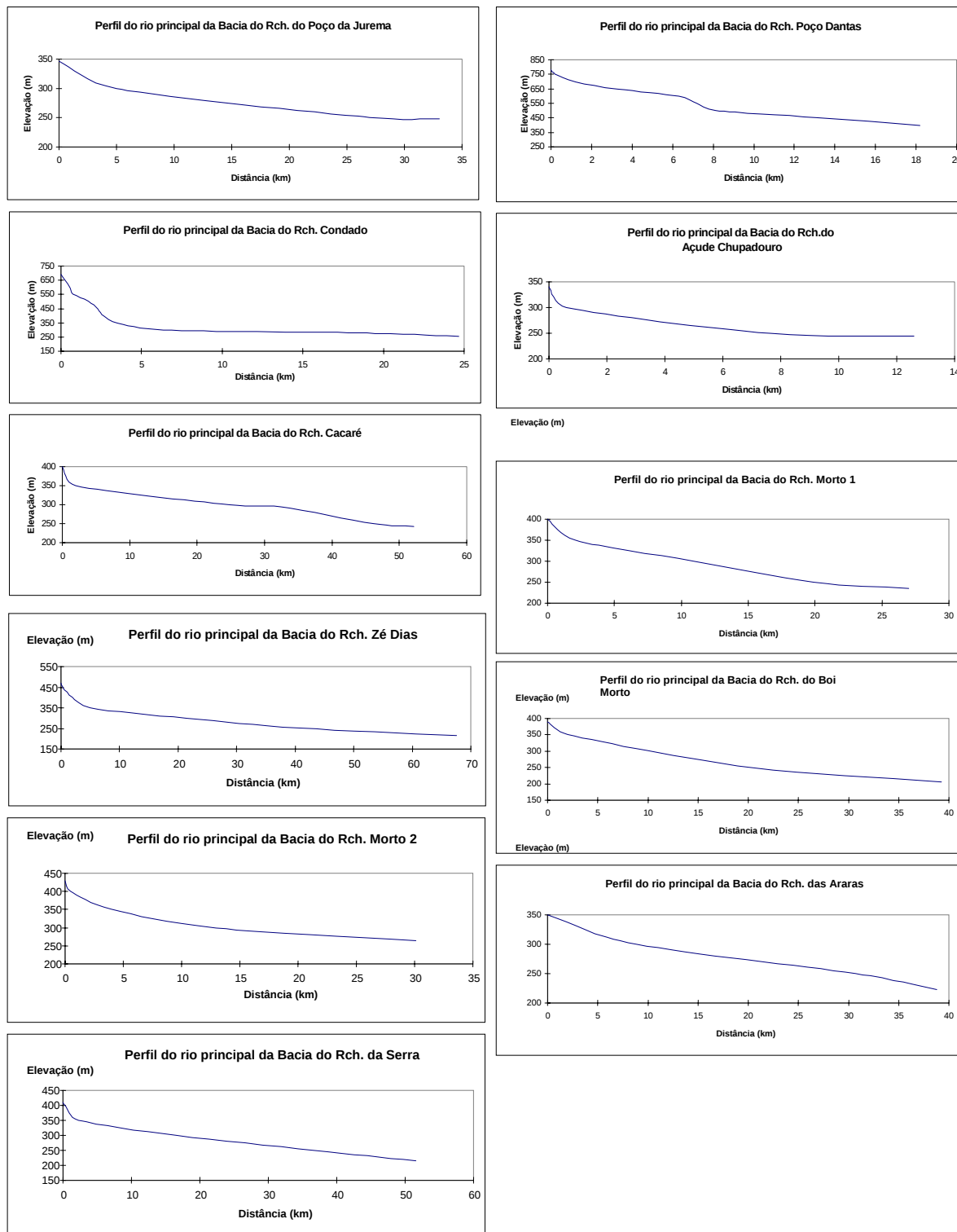
Curso Superior	29,02 m/km
Curso Médio	1,80 m/km
Curso Inferior	0,87 m/km

Fonte: PDRH-PB/1996

No Quadro 3 estão configurados os perfis longitudinais dos rios que compõem as sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

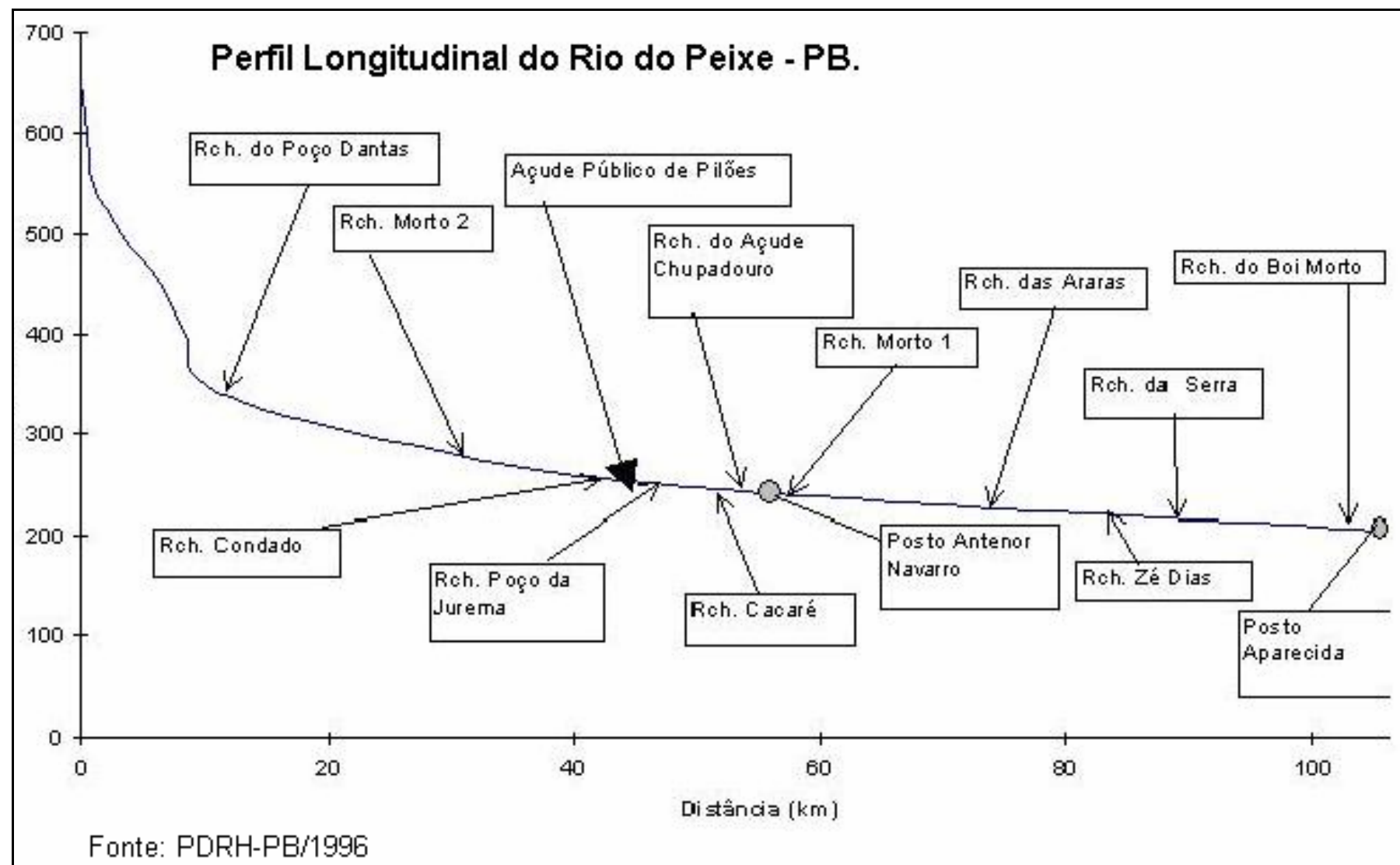
No Quadro 4 é possível observar o perfil longitudinal do Rio do Peixe e as confluências com os seus principais afluentes.

Quadro 3: Perfis longitudinais dos afluentes do Rio do Peixe.



Fonte: PDRH-PB/1996

Quadro 4: Perfil longitudinal do Rio do Peixe-PB



O comportamento hídrico da rede de drenagem regional se caracteriza por cursos intermitentes sazonais, com sistema de drenagem exorréica. Esses rios tornam-se caudalosos durante a estação das chuvas e vão perdendo gradativamente seu aporte de água até desaparecerem, à medida que diminui a precipitação.

4.6.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Em virtude das próprias características climáticas, o semi-árido nordestino apresenta sérias limitações às atividades produtivas. Daí a importância do aproveitamento racional das diversas fontes de água. Nas estruturas sedimentares, a água de infiltração forma uma reserva estratégica de importância vital.

ALBUQUERQUE (1984) caracteriza o Sistema Rio do Peixe como sendo de um sistema multi-aquífero, que apresenta os seguintes níveis:

- Nível Antenor Navarro ou Unidade A
- Nível Sousa Superior ou Unidade B2
- Nível Rio Piranhas ou Unidade C
- Nível Aquífero Aluvial

O aquífero Antenor Navarro, constituído por arenitos finos, médios e conglomeráticos tem como substrato impermeável, rochas do embasamento cristalino, limitado superiormente pela Formação Sousa, constituída de folhelhos siltosos e siltitos (unidade B1). É um aquífero do tipo confinado; a sua recarga é processada indiretamente através dos sedimentos superpostos ou pelas fraturas de contração que ocorrem por toda a sequência da Formação Sousa.

O aquífero Sousa Superior desenvolve-se nas camadas de arenitos finos a médios, de cores variadas. Tem como embasamento impermeável os sedimentos da Formação Sousa Inferior, limitado superiormente por siltitos e folhelhos, micáceos e calcíferos da própria Formação, tratando-se, portanto, de um aquífero confinado. A Formação Sousa desenvolve-se sob a superfície da bacia, essas áreas específicas são potencialmente as áreas de recarga desse aquífero.

O aquífero Rio Piranhas, constituído por arenitos de médios a grossos, amarelos e róseos, é um aquífero do tipo livre; desenvolve-se sobre o substrato impermeável da parte superior da Formação Sousa.

O aquífero Aluvial desenvolve-se nos aluviões que recobrem o vale do rio do Peixe e seus afluentes. Esses aluviões espalham-se pela superfície da bacia, sendo bastante extensos devido a baixa declividade existente na bacia.

Análises de resíduo seco (RS) dessas águas demonstram que elas podem ser utilizadas para consumo humano. O resultado encontrado de análises dessas águas apresenta, em média, 866,5 mg/l de sais.

De acordo com os dados do Cadastro de Poços do Estado da Paraíba, dos 6.003 poços perfurados e cadastrados, 678 poços estão localizados na bacia do Rio do Peixe, divididos em poços perfurados no sistema cristalino, sistema Rio do Peixe e sistema aluvial. A disponibilidade de águas subterrâneas na bacia foi estimada em $9,18 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. A parcela aqui referida diz respeito à potencialidade hídrica ativada pelo homem.

A vazão média dos poços localizados no sistema cristalino é de $1,92 \text{ m}^3/\text{h}$, com valor máximo de $2,25 \text{ m}^3/\text{h}$ e mínimo de $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

No sistema Rio do Peixe, a vazão média dos poços perfurados é de $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ com valor máximo de $3,27 \text{ m}^3/\text{h}$ e mínimo de $1,74 \text{ m}^3/\text{h}$.

Os poços perfurados no sistema aluvial demonstraram uma vazão média de $3,75 \text{ m}^3/\text{h}$. A potencialidade total é a quantidade dos recursos hídricos que escoa naturalmente, sem intervenção antrópica.

O potencial hídrico total das reservas subterrâneas exploráveis na bacia do Rio do Peixe é estimada em $20,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Faz-se necessário um maior aprofundamento nos estudos quantitativos e qualitativos das águas subterrâneas desses aquíferos.

Além disso, é preciso maior fiscalização do poder público, quanto à adoção de critérios na perfuração dos poços, para disciplinar os abusos de exploração dos recursos hídricos. Muitas vezes, ingerências de caráter político sobrepõem-se, em detrimento do caráter técnico, colocando em risco a qualidade das águas dos aquíferos.

5. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE

Entende-se como uso do solo a forma como o homem ocupa o espaço geográfico. A carta de uso do solo fornece um quadro demonstrativo em um determinado momento. A partir desta carta é possível analisar como tem sido processada a ocupação da área de estudo.

Historicamente, a bacia do Rio do Peixe era considerada como uma das áreas que compunham o subsistema gado-algodão. Silva (1982) diz:

“... o sistema produtivo que caracteriza a área se baseia no binômio algodão-pecuária. O algodão, além de ser o produto de maior expressão na agricultura desse subespaço é, também, aquele que tem participação mais significativa na produção agrícola do Sertão Norte e do próprio Nordeste. Dados referentes ao ano de 1974 indicam que, naquele ano, a participação da área na produção algodoeira desses espaços foi de 81,1 e 48,9% respectivamente.”

Nos dias atuais, ainda é possível perceber a ocorrência desse subsistema na bacia do Rio do Peixe. Porém, ocorreu o declínio na produção do algodão em decorrência da praga do “bicudo”.

Em substituição ao algodão, incentivou-se a fruticultura irrigada, a exemplo das áreas de São Gonçalo, distrito de Sousa, com a produção de culturas perenes como o coco da bahia e a banana. Além dessas culturas ainda é possível perceber um acréscimo na produção de goiaba e caju, para fins industriais. A rizicultura também é de grande importância na agricultura local. Sazonalmente, ainda resiste o consórcio milho-feijão, plantados nos períodos invernosos.

O segundo componente mais importante do sistema produtivo é a pecuária, daí a existência de áreas destinadas à formações herbáceas, formadoras de campos de pastagem para suporte ao rebanho.

Para a elaboração da carta de uso e ocupação do solo, tomou-se como base a imagem do sensor LANDSAT (agosto/2002); o tratamento da imagem segue critérios de classificação como: tamanho, forma, localização e textura, complementado pelo trabalho de campo.

Para auxiliar o processo de identificação das informações extraídas da imagem foram preparadas chaves de interpretação através de um processo de comparação entre as características dos alvos identificados em campo com as características contidas na imagem. Baseados nestas informações foram definidas as categorias de uso do solo, agrupadas quanto as suas semelhanças. Para o mapeamento do uso do solo foi proposta a seguinte tipologia:

- Solo Desnudo
- Formação herbácea
- Caatinga Arbustiva
- Caatinga Arbustivo-arbórea
- Caatinga Arbórea
- Cultura temporária
- Cultura Permanente
- Lâmina d'água

As categorias de uso e ocupação do solo identificadas são apresentadas no quadro 5, acompanhadas da descrição de seus aspectos mais importantes.

Quadro 5: Categorias de Uso do Solo

Tipologia	Descrição	
Nenhuma	Nenhuma classe de uso do solo representa áreas que o SIG não conseguiu classificar.	
Solo desnudo	Áreas sem nenhum tipo de vegetação.	
Formação herbácea	Áreas cultivadas com pasto para suporte à pecuária.	
Caatinga arbustiva	Predominância do estrato arbustivo, com indivíduos com cerca de 2 a 5 metros.	
Caatinga arbustivo-arbórea	Onde é possível encontrar as duas sinúcias associadas, um arbustivo com indivíduos entre 3 e 4 metros e outro arbóreo com indivíduos entre 7 e 8 metros.	

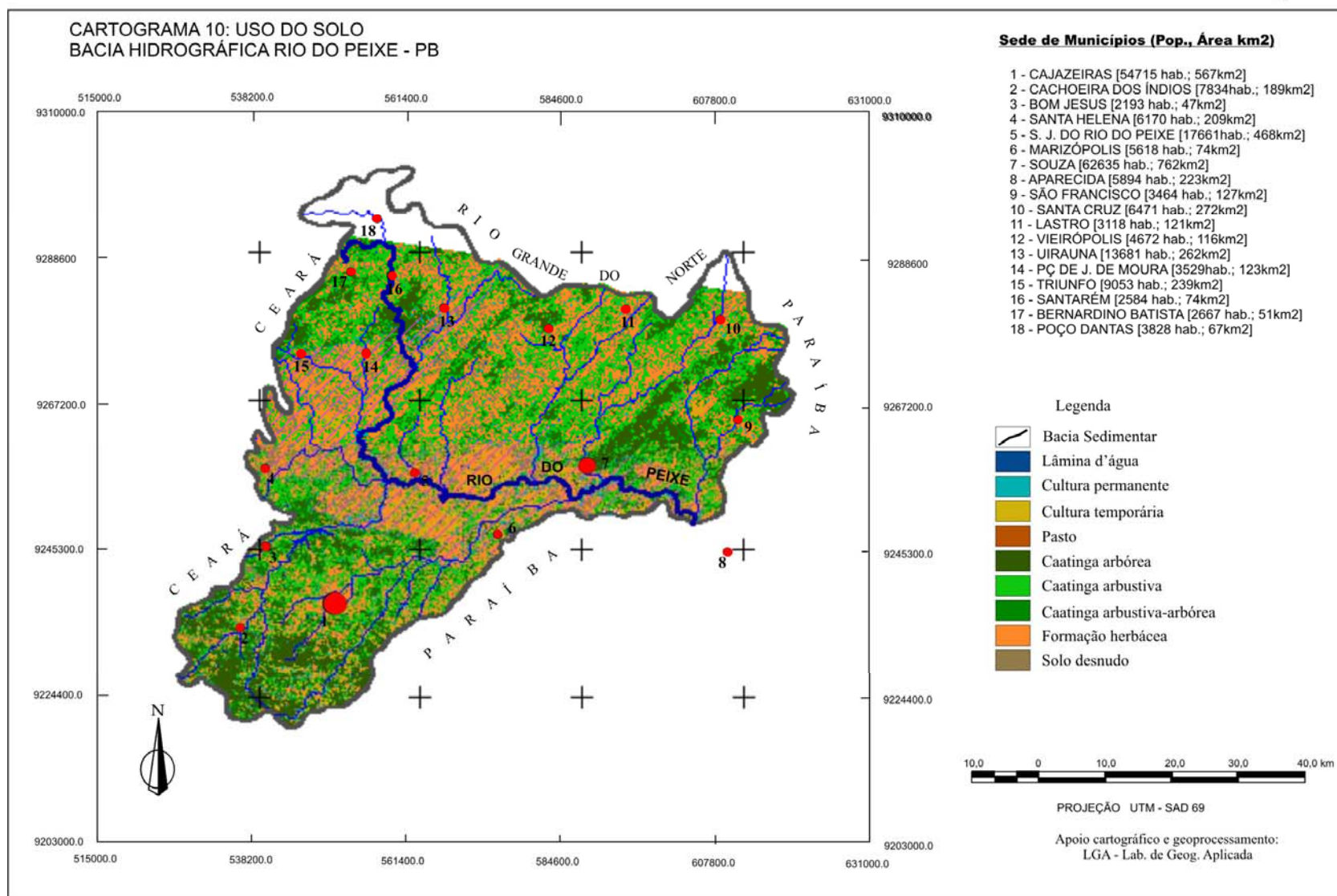
Caatinga arbórea	Ocorrência de vegetação com predomínio do estrato arbóreo com indivíduos com cerca de 8 a 12 metros	
Cultura temporária	Algodão herbáceo, milho, feijão, arroz, batata doce, fava, fumo, mandioca, tomate.	
Cultura permanente	Banana, algodão arbóreo, coco-da-baía, cana-de-açúcar, café, laranja, manga, goiaba, limão.	
Lâmina d'água	Superfícies líquidas (rios, riachos, açudes, barreiros).	

Na tabela 10, quantificam-se as áreas de cada uma das classes de uso do solo. Estas áreas estão determinadas por sub-bacia.

A ocupação urbana não foi quantificada em virtude da escala da imagem utilizada ser muito pequena, não proporcionando uma visão adequada das áreas urbanas.

Tabela 10. Classes de Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe

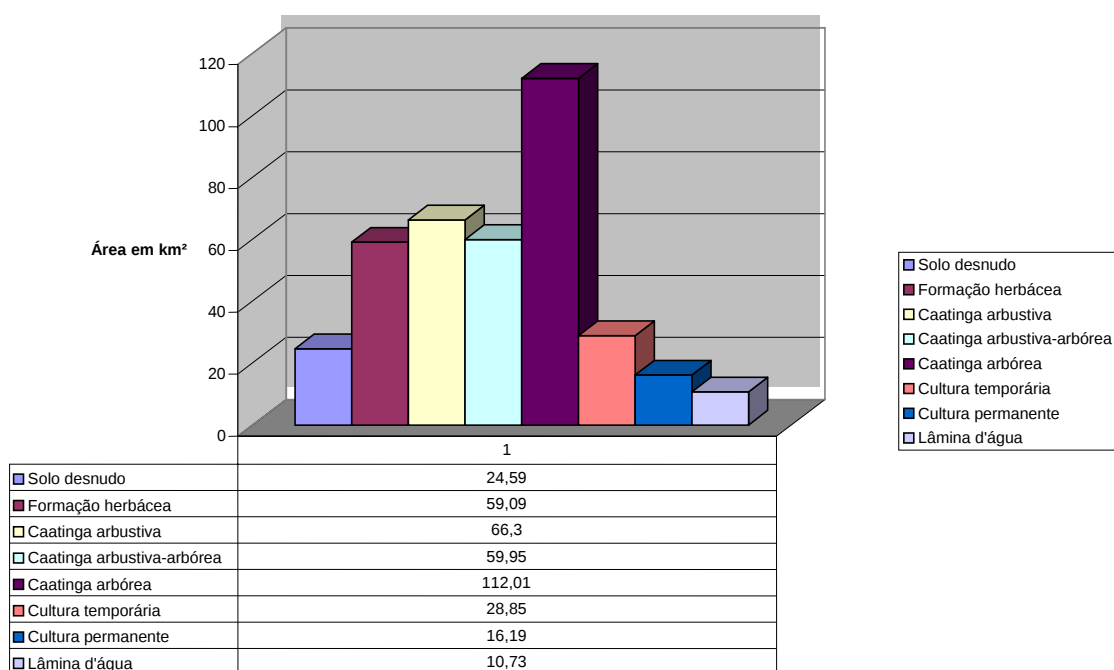
Bacia/Sub-bacia Categoria	Bacia do rio do Peixe	Sub-bacia do Riacho Cacaré	Sub-bacia do Riacho Zé Dias	Sub-bacia do Riacho Jurema	Sub-bacia do Riacho do Açude Chupadouro	Sub-bacia do Riacho Poço Dantas	Sub-bacia do Riacho Morto 2	Sub-bacia do Riacho Condado	Sub-bacia do Riacho da Serra	Sub-bacia do Riacho das Araras	Sub-bacia do Riacho Boi Morto	Sub-bacia do Riacho Morto 1
Solo desnudo	288,13	24,59	27,24	31,92	2,02	83,99	34,68	24,83	21,41	29,23	11,25	15,46
Formação herbácea	954,23	59,09	124,21	93,83	6,56	0,00	69,21	63,62	100,95	103,54	61,81	39,91
Caatinga arbustiva	907,51	66,30	128,01	64,22	9,18	0,01	68,37	51,27	120,98	104,22	78,99	26,95
Caatinga arbustiva-arbórea	367,60	59,95	74,87	17,93	3,00	0,00	26,34	14,80	26,97	22,65	42,50	6,09
Caatinga arbórea	421,80	112,01	90,29	5,95	1,04	0,00	19,31	13,70	18,08	15,83	66,04	3,78
Cultura temporária	243,21	28,85	58,91	14,55	1,00	0,00	12,13	8,24	10,50	11,36	13,60	5,49
Cultura permanente	94,09	16,19	21,67	2,46	0,72	0,00	5,82	2,11	4,53	6,55	6,07	2,01
Lâmina d'água	10,73	4,70	1,43	0,16	0,25	0,00	0,43	0,10	0,45	0,58	0,75	0,09
Nenhuma	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	20,20	0,03	24,15	0,00	0,05	0,00
Total (em km ²)	3287,3	371,68	526,63	231,08	23,77	84,00	256,49	178,7	328,02	293,96	281,06	99,78



Nas páginas subseqüentes visualiza-se proporcionalmente o atual uso do solo, nas sub-bacias e na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

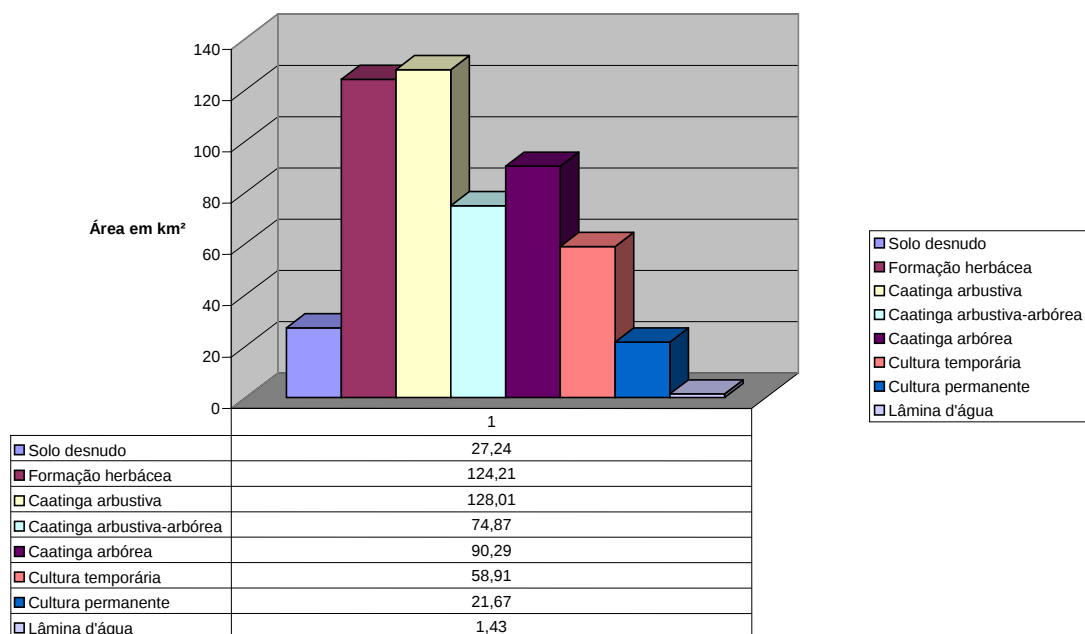
No gráfico 2, observa-se o uso do solo na sub-bacia do Riacho Cacaré. Há grande ocorrência de caatinga arbórea, o que se dá em virtude da influência topográfica; a ocorrência deste tipo de vegetação ainda prevalece nas áreas serranas da região. Já as caatingas arbustiva e arbustivo-arbórea, por se localizarem freqüentemente nas porções médias e na baixa encosta, são mais facilmente exploradas, conseqüentemente são percentualmente menos ocorrentes.

Gráfico 2. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Cacaré



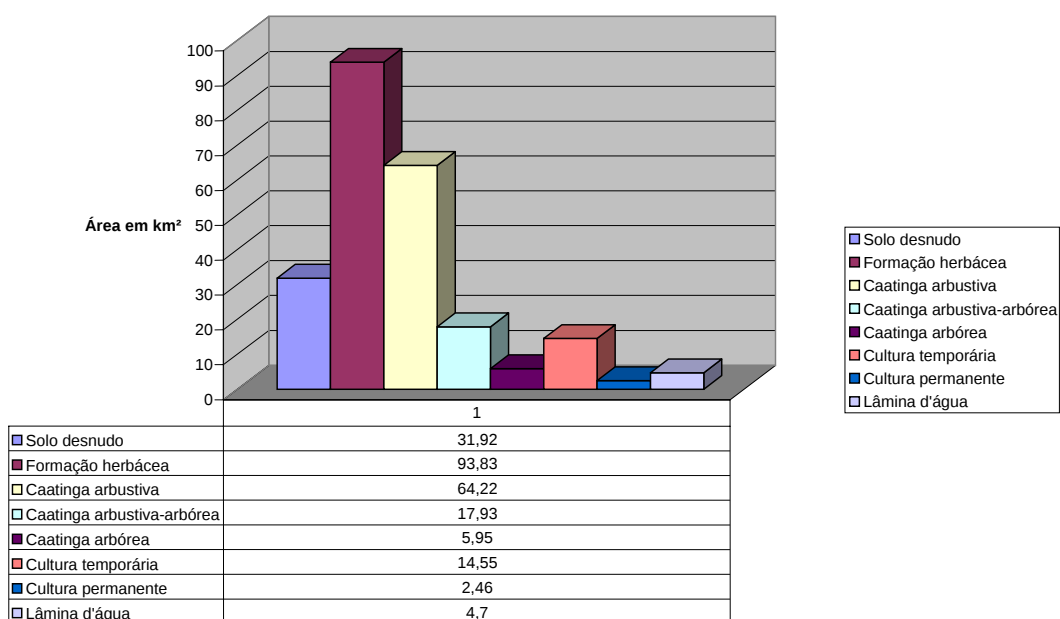
No gráfico 3, sub-bacia do riacho Zé Dias, prevalece a existência da caatinga arbustiva, acompanhada pelas formações herbáceas, estas resultantes da formação de pastos para suporte à pecuária da região: bovinos, caprinos e ovinos.

Gráfico 3. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Zé Dias



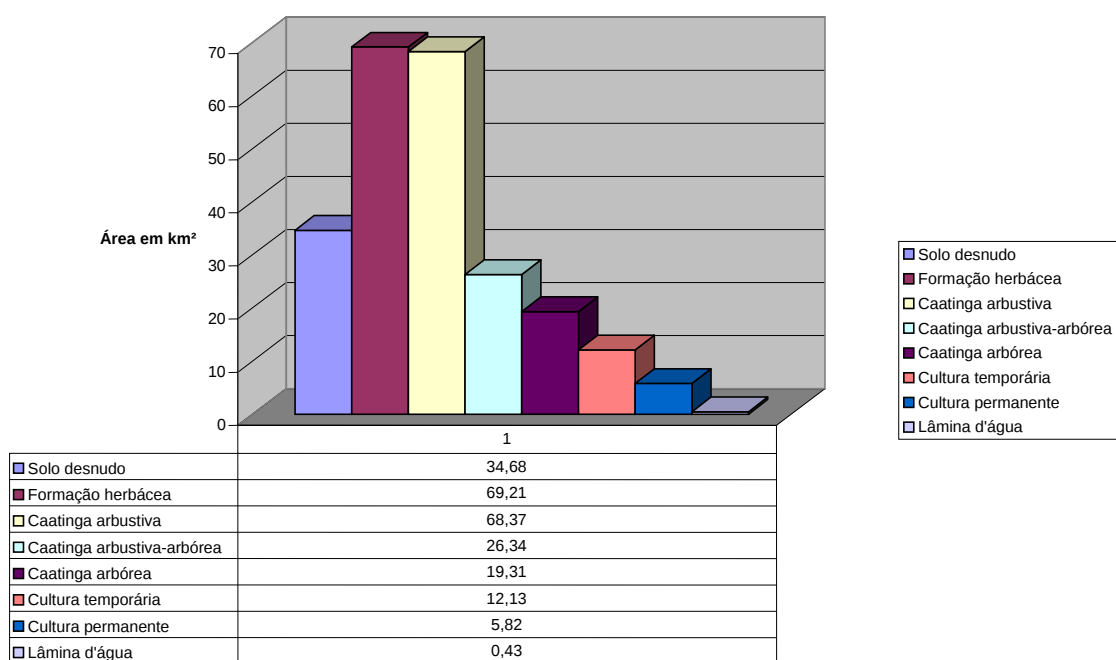
No gráfico 4, sub-bacia do riacho Jurema, observa-se a maior ocorrência de pastos (formações herbáceas); da mesma forma que na sub-bacia anterior, a vegetação nativa é representada pela caatinga arbustiva e as porções de caatinga arbustiva-arbórea e arbórea são bastante reduzidas.

Gráfico 4. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Jurema



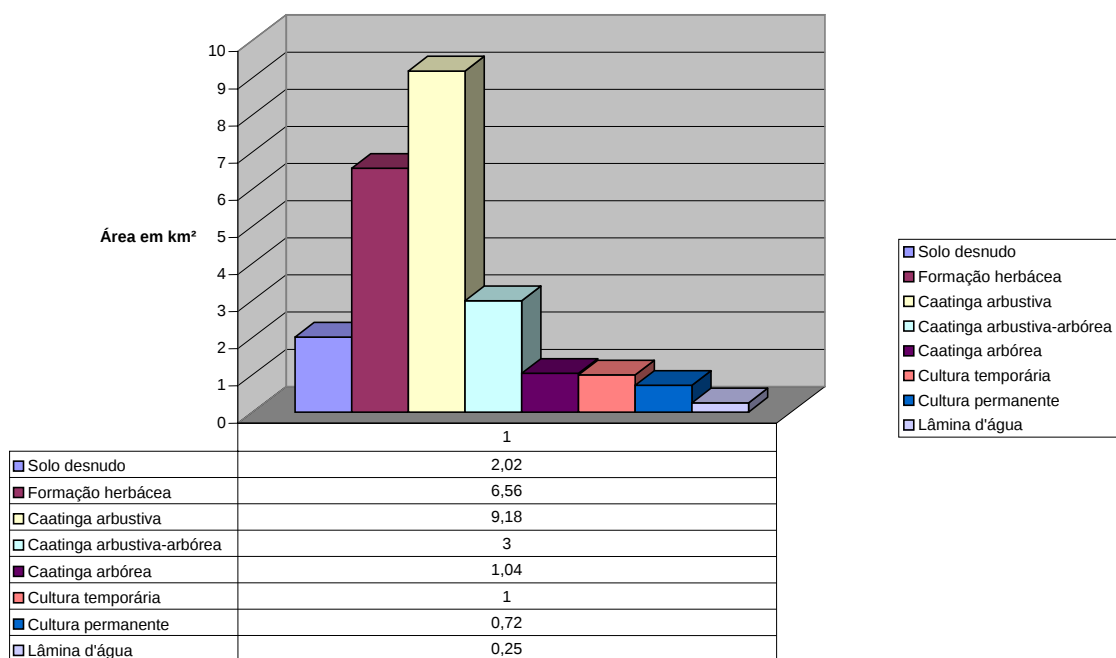
No gráfico 5, sub-bacia do Riacho Morto 2, as formações herbáceas (pastos) e a caatinga arbustiva são os elementos marcantes no uso do solo. Cabe salientar que os pastos cultivados pelo homem e a própria caatinga arbustiva servem de suporte alimentar à pecuária; a primeira resulta do uso intensivo na produção; enquanto a segunda, mais danosa ao meio ambiente, caracteriza uma produção extensiva, muito comum na região.

Gráfico 5. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Morto 2



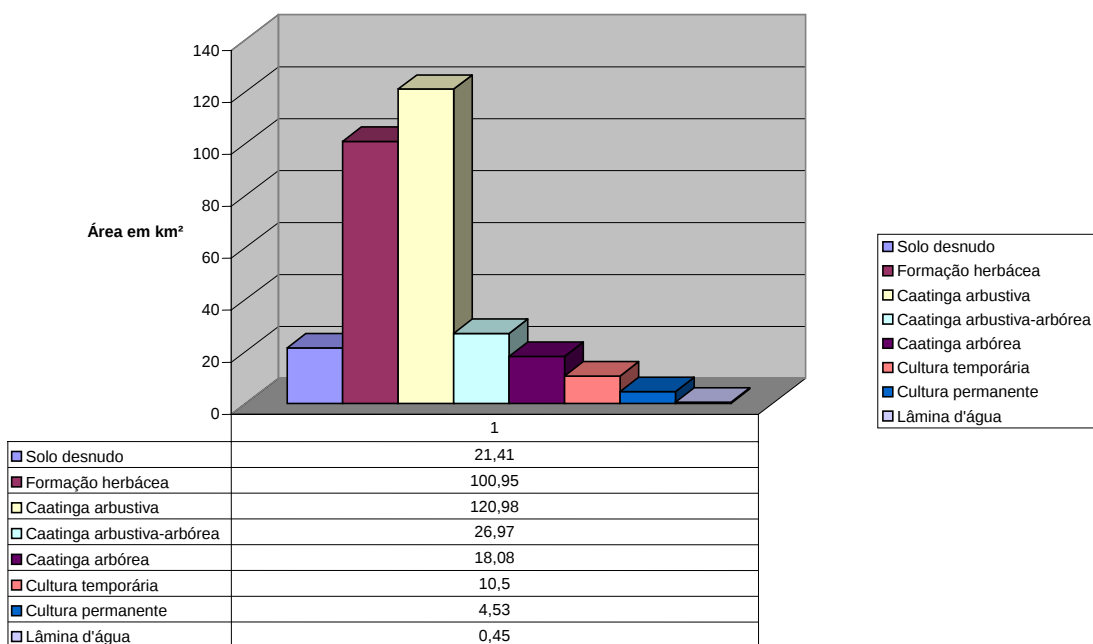
O uso do solo na sub-bacia do Açude Chupadouro é representada no Gráfico 6. Aquela sub-bacia apresenta uma forte ocorrência de caatinga arbustiva em detrimento das outras formações vegetais. Além disso, é possível destacar a ocorrência das formações herbáceas que associadas à caatinga arbustiva, servem de suporte alimentar à pecuária regional.

Gráfico 6. Uso do Solo na Sub-bacia do Açude Chupadouro



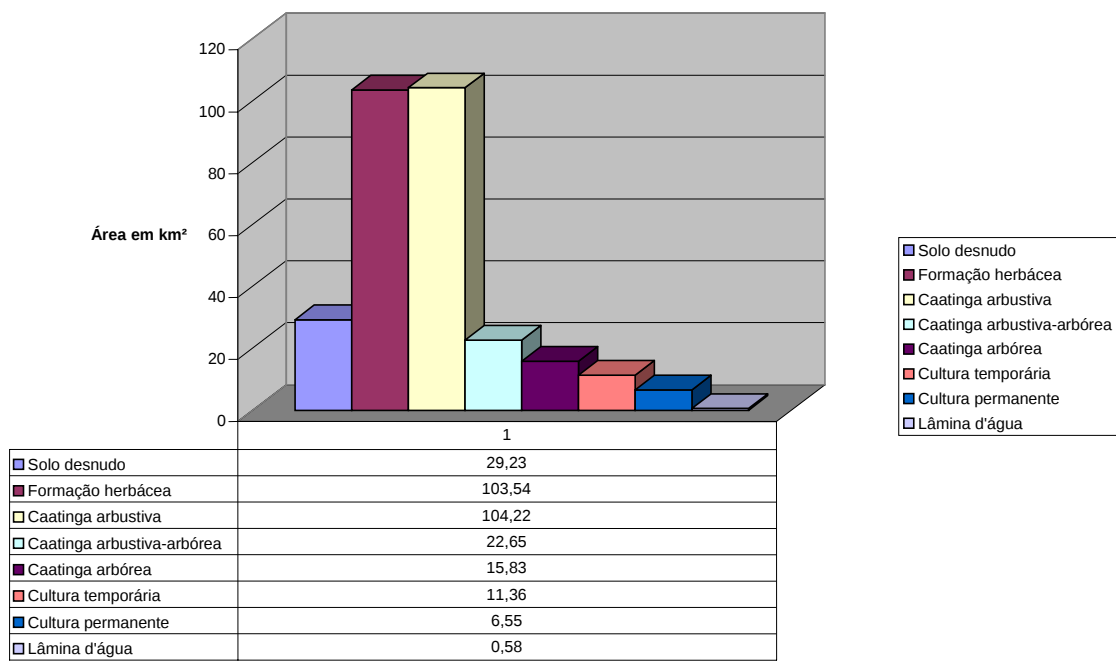
O uso do solo na sub-bacia do riacho da Serra está representado no gráfico 7. De uma forma semelhante às outras sub-bacias, a sub-bacia do riacho da Serra caracteriza-se pelo binômio formações herbáceas e caatinga arbustiva que também suportam a atividade pecuária da região.

Gráfico 7. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho da Serra



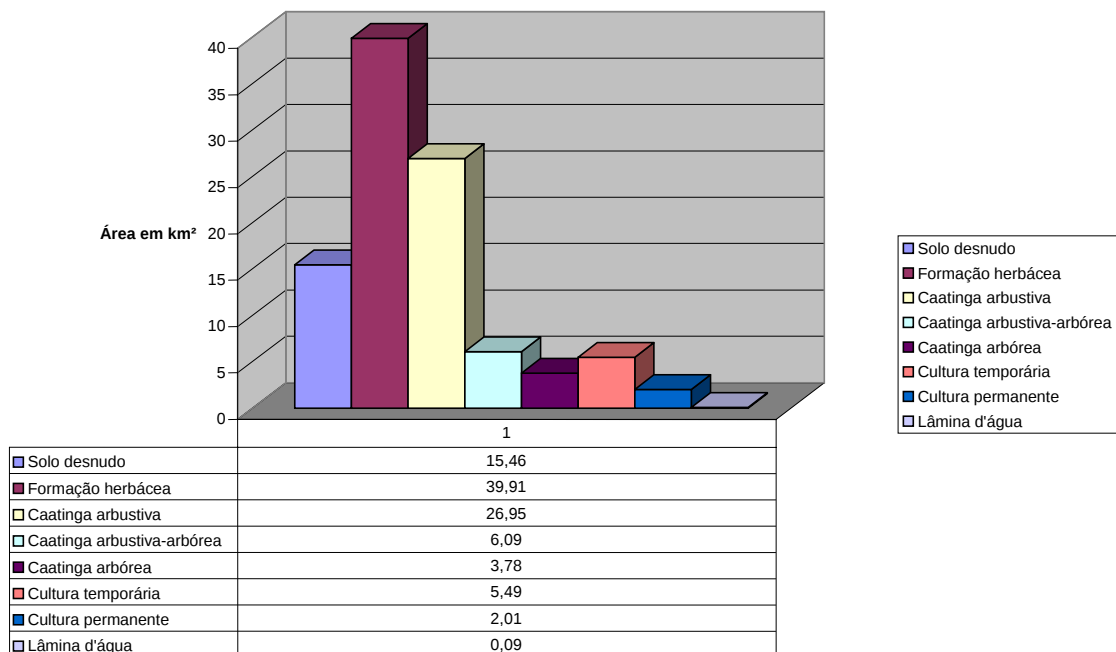
O gráfico 8, representa o uso do solo na Sub-bacia do Riacho das Araras, que segue o comportamento das sub-bacias anteriores.

Gráfico 8. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho das Araras



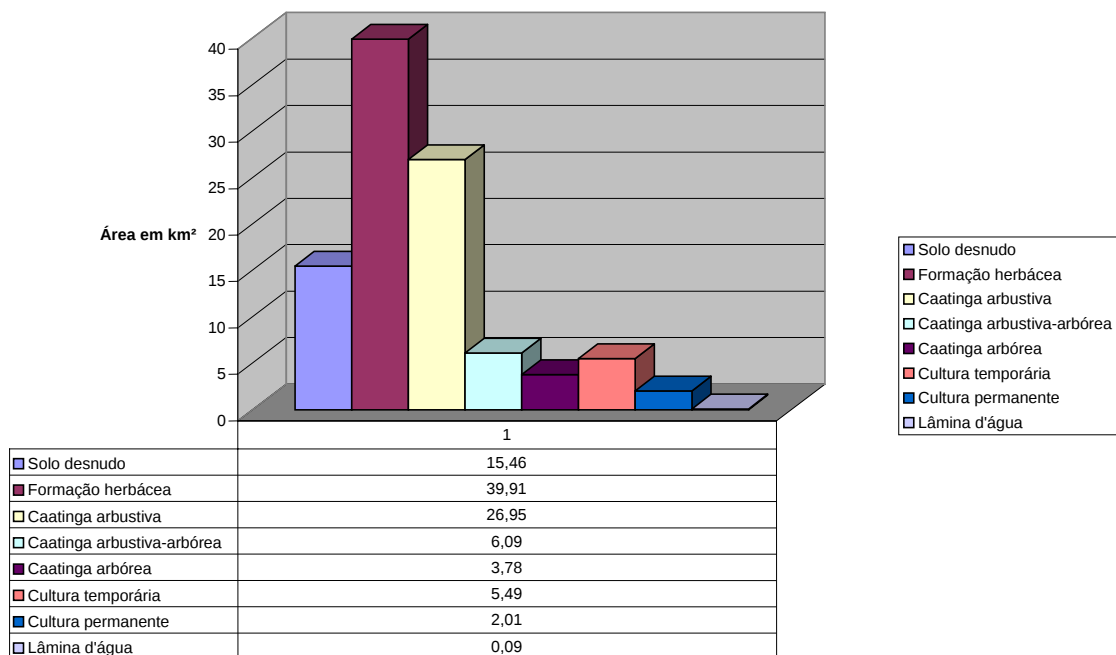
Na sub-bacia do Boi Morto, a baixa declividade favorece o cultivo de pastos, a vegetação natural tem sua maior representação na caatinga arbustiva, que associada aos pastos são utilizadas como pastagem para as atividades pecuárias. O uso do solo nesta sub-bacia é representado pelo gráfico 9.

Gráfico 9. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Boi Morto



O gráfico 10 representa a sub-bacia do riacho Morto 1; aí, o sistema formação herbácea (pastos) e caatinga arbustiva atua dando suporte às atividades pecuárias da região.

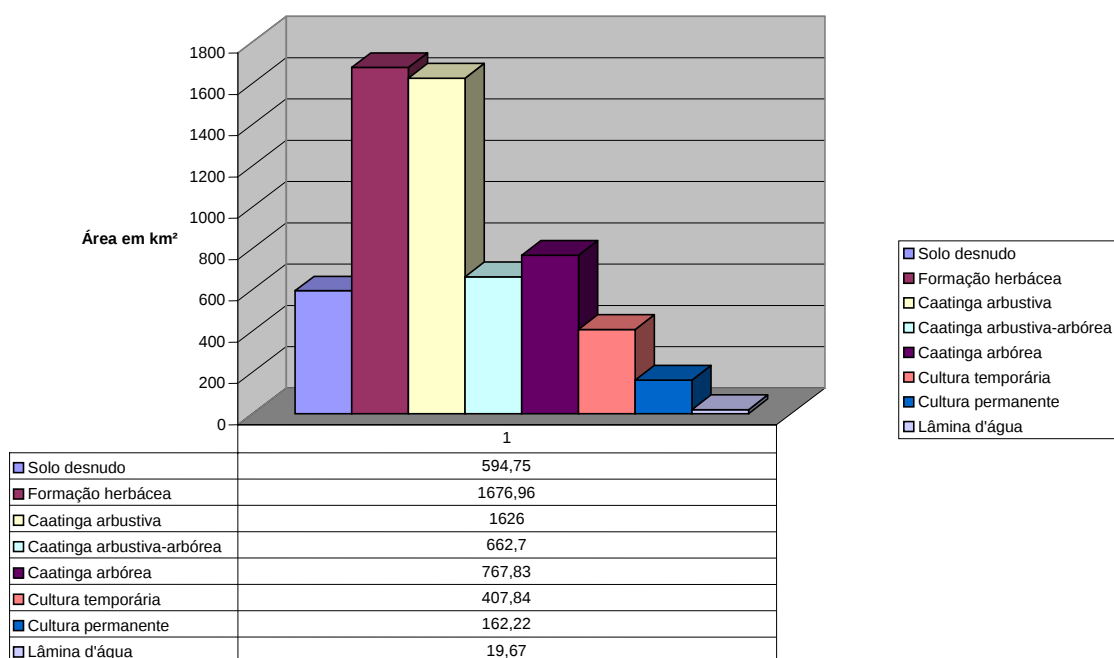
Gráfico 10. Uso do Solo na Sub-bacia do Riacho Morto 1



No gráfico 11 é possível analisar de forma geral a situação do uso do solo, no contexto geral da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

De acordo com os dados gerais do uso e ocupação do solo na área em estudo, constata-se a forte presença das formações herbáceas, constituídas por espécies forrageiras, para o pastoreio. São áreas onde houve a retirada da vegetação natural ou onde a pastagem foi formada conservando espécies arbóreas dispersas com o objetivo de sombreamento para o gado: ocupam cerca de 29% da área total da bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Gráfico 11. Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe



A presença da caatinga arbustiva, que ocorre em 27% da área, está totalmente antropizada e descaracterizada. Representa uma vegetação secundária, historicamente depredada para o fornecimento de lenha a carvoarias, padarias, caieiras, cerâmicas e uso doméstico.

Esta mesma caatinga arbustiva, associada aos pastos, serve de suporte alimentar à pecuária local, processo que caracteriza a existência de uma pecuária nos moldes extensivos, bastante danosa ao meio-ambiente.

A caatinga arbórea é representativa de apenas 13% da área estudada. Só nas áreas serranas é possível ainda encontrar algumas espécies remanescentes. Porém, pesquisas de campo já começam a detectar algumas áreas serranas sendo invadidas para o cultivo, o que pode levar a uma diminuição ainda maior dessa categoria.

Já a caatinga arbustivo-arbórea, ocorrendo em apenas por 11% da área, apresenta-se fortemente degradada, devido a sua exploração ser mais fácil e por possuir espécies lenhosas de grande calorimetria.

Um fato preocupante é a ocorrência de 10% da área total da bacia hidrográfica com solos desnudos. Especificamente, em algumas sub-bacias é possível detectar valores de até 15% da área das sub-bacias (sub-bacias do riacho morto 1 e 2) com solos desnudos. Essas áreas, em observação de campo, estão em efetivo processo de desertificação.

As características pedo-climáticas, associadas ao mau uso do solo e a um forte processo de desmatamento, estão provocando impactos ambientais, agravando ainda mais a qualidade de vida da população local. Este processo pode ser progressivo se não forem tomadas algumas medidas preventivas que minimizem esses impactos.

Dorst (1973) ao comentar sobre a erosão em seus diferentes tipos diz:

“Existe uma erosão natural, inevitável, evidentemente. Efetua-se em ritmo lento. O desaparecimento de uma parte das matérias que constituem o solo é compensado, pari passu, pela decomposição da rocha mãe e por elementos alóctones carregados por forças físicas. Assim, os solos encontram-se geralmente em equilíbrio, pelo menos nas condições médias que reinam atualmente à superfície do globo. Paralelamente, porém, a esse fenômeno geológico normal, que faz parte da própria evolução da Terra, existe uma erosão acelerada, fenômeno artificial, consequência dos maus cuidados dispensados aos solos pelo homem; nesse processo acelerado as perdas já não são compensadas pelas transformações locais do substrato geológico ou pelas contribuições

aluviais. Essa forma brutal da evolução dos solos é a consequência direta da modificação profunda, ou mesmo da destruição total, dos habitats originais, que já não estão protegidos por uma cobertura vegetal suficiente.”

Este processo acelerado de erosão já pode ser visto em diversos pontos da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, em diversas etapas de desenvolvimento, alguns deles com caráter irreversível de evolução.

5.1 ASPECTOS DA URBANIZAÇÃO

A ocupação da bacia do Rio do Peixe não difere do modelo de ocupação do sertão nordestino. Essas áreas serviram para a produção de gado que abasteciam os centros urbanos açucareiros em desenvolvimento.

A política de ocupação do espaço sertanejo, desenvolvida a partir da Casa da Torre, onde Garcia d'Ávila e seus descendentes distribuíam terras e sesmarias aos “bons homens” daquela época, possuidores de prestígio e influência no meio palaciano.

A partir da segunda metade do século XVII, inicia-se a ocupação do sertão paraibano. Desde essa época, predominava a criação extensiva de rebanhos: bovino, eqüino, caprino, ovino, muar.

Curiosamente, as lavouras de ciclo curto como feijão, fava, milho entre outras, eram desenvolvidas de forma confinada, cercada por varas ou pedras para impedir a destruição, enquanto os animais pastavam livres no restante do espaço. Como afirma Barros (1959):

...no Sertão, a cerca tem, ainda hoje, aplicação diferente em relação às zonas de agricultura mais intensa; no Sertão, ela protege, sobretudo, a pequena agricultura dos baixios e das vazantes, das encostas úmidas e das pequenas manchas mais agrícolas perdidas nos tabuleiros e chapadões. São estes trechos aproveitados para as plantações que o sertanejo tem de cercar para que o criatório livre não invada, não faça “destruições” e venha a comprometer as poucas reservas alimentares que lhe advirão dessa incipiente agricultura.

Esta forma de ocupação estende-se até os dias atuais. O desmatamento da caatinga para a implantação de pastos e de outras culturas, o uso da lenha como matriz energética, aliado a práticas agrícolas danosas ao meio ambiente (queimada, coivara) contribuem para a lenta degradação do ambiente. Sob o ponto de vista dos estudos integrados, as ações

desencadeadoras de alterações ambientais mais profundas, causam instabilidade no meio ambiente e a necessidade de re-equilíbrio do mesmo.

Sobre a origem dos dois maiores centros urbanos da bacia do Rio do Peixe o historiador Cartaxo (1964) descreve que:

“...durante o ciclo das entradas ao sertão bruto, selvagem e inexplorado, o terreno que fora hoje o município de Sousa foi domínio da Casa da Torre da Bahia e de Teodósio de Oliveira Ledo, senhores dos vales constituídos pelos rios do Peixe e Piranhas. A atual sede do município fica situada em terras da antiga Jardim do Rio do Peixe, que pertencia a Francisco Dias D’Ávila e, depois, por morte deste, a sua mãe, Inácia de Araújo Pereira, que, foi doadora desta sesmaria que ainda hoje constitui o patrimônio de Nossa Senhora dos Remédios. Os estanciadores do município, foram os irmãos Ledo, após o devassamento do território no ano de 1723. Bento Freire de Sousa, residente na fazenda Jardim, tomou a si a tarefa de construir um núcleo de povoamento denominado de Povoado do Rio do Peixe, erguendo aí a primeira igreja, sob a invocação de Nossa Senhora do Rosário, por volta dos anos 1730 a 1732. Ainda hoje o templo existe, resistindo a todas as intempéries. Foi o primeiro administrador do patrimônio, Bento Freire de Sousa, cujo nome ficou ao município e à cidade, como gratidão aos serviços prestados por seu fundador.”

Sobre a cidade de Cajazeiras o mesmo historiador diz o seguinte:

“... A atual cidade de Cajazeiras originou-se de um sítio denominado “Cajazeiras”, pelas árvores desse nome existentes nesse local que fazia parte da sesmaria concedida em 7 de fevereiro de 1767, pelo governador da Capitania Jerônimo José de Melo, ao pernambucano Luís Gomes de Albuquerque. Como presente de casamento, Luís Gomes de Albuquerque fizera doação à sua filha Ana de Albuquerque, do sítio “Cajazeiras”, quando esta contraíra núpcias com Vital de Sousa Rolim, membro de importante e tradicional família do Jaguaribe, Estado do Ceará,

vindo ambos residir aí. Do consórcio, nasceu, entre outros filhos, Inácio, a 22 de agosto de 1800, o qual em 1825, se ordenara em Olinda, Pernambuco, voltando, mais tarde, para o sítio dos seus pais, depois de conquistar justo renome por ser erudito de nomeada. Aí em seu sítio, fundou, oficialmente, um Colégio, em 1843, que conseguiu considerável afluência de alunos não só da Paraíba, como também dos estados vizinhos. Em volta do colégio, foi nascendo a povoação. Cresceu a cidade que em breve se tornou um poderoso núcleo de civilização. Cajazeiras singularizou-se, assim, dentre todas as cidades do Brasil, pois teve, como São Paulo, seus alicerces firmados em um estabelecimento de ensino”.

No contexto urbano-regional da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, as cidades de Sousa e Cajazeiras funcionam como centros urbanos regionais, polarizando e dinamizando a economia dos municípios que fazem parte de sua hinterlândia.

A tabela 11 apresenta os dados demográficos nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

tabela 11. Densidade demográfica dos municípios.

<i>Município</i>	<i>População Total</i>	<i>Área (em km²)</i>	<i>Densidade Demográfica (hab/km²)</i>
Aparecida	5.894	223	26,43
Bernardino Batista	2.667	51	52,29
Bom Jesus	2.193	47	46,69
Cachoeira dos Índios	7.834	189	41,45
Cajazeiras	54.715	567	96,50
Lastro	3.118	121	25,76
Marizópolis	5.618	74	75,91
Poço Dantas	3.828	67	57,13
Poço de José de Moura	3.529	123	28,69
Santa Cruz	6.471	272	23,79
Santarém	2.584	74	34,91
Santa Helena	6.170	209	29,52
São Francisco	3.464	127	27,27
S. J. do Rio do Peixe	17.661	468	37,73
Sousa	62.635	762	82,19
Triunfo	9.053	239	37,88
Uiraúna	13.681	262	52,21
Vieirópolis	4.672	116	40,27
Total	215.787	3.991	54,07

Fonte: Dados demográficos do Censo 2000 (FIBGE)

De acordo com Almeida & Tertuliano (1999), a densidade demográfica pode ser classificada com base nos seguintes valores de habitantes por km². Veja tabela 12.

Tabela 12. Classes de Densidades Demográficas

hab/km ²	Classe
0 a 3,8	Pressão fraca
3,9 a 25,5	Pressão média
> 25,5	Pressão alta

Fonte: Almeida, 1999.

Os valores da tabela 11 demonstram a alta densidade demográfica nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

O que corrobora a citação de Dresh (1957) sobre a densidade demográfica do semi-árido nordestino:

“... apesar das condições ecológicas e estrutura agrária rígida, é a área socialmente mais crítica do país, sendo considerada a região semi-árida mais povoada do mundo”.

Apenas o município de Santa Cruz possui uma densidade demográfica considerada média, os demais apresentam uma alta densidade demográfica, provocando uma forte pressão antrópica sobre o ambiente.

5.2 Atividades Antropogênicas

A área da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, reiteramos, insere-se no sistema produtivo gado-algodão, onde a pecuária e a cotonicultura são os elementos representativos nas formas de produção do espaço. Apesar de predominantes, essas atividades não são

exclusivas. Juntamente com o algodão associam-se outras culturas, sobretudo o milho e o feijão.

Outra forma de produção no contexto agrícola da bacia hidrográfica do Rio do Peixe é a fruticultura. Os processos de irrigação permitem obter uma produção representativa, a exemplo da banana, caju, goiaba, e outras espécies frutíferas.

Tanto na pecuária como na agricultura, prevalecem os processos produtivos extensivos, que por sua vez caracterizam-se pela baixa produtividade e provocam grande impacto ambiental, tanto no desmatamento para implantação de pastos e lavouras, como no uso das espécies da caatinga como suplemento alimentar dos rebanhos.

Especificamente na produção agrícola, as práticas danosas ao ambiente ainda prevalecem: broca, derrubada, aceiramento, encoivramento, queimada, ainda bastante usuais na região. Normalmente, antes das chuvas, final do mês de novembro e início de dezembro, intensificam-se essas atividades na preparação do solo para a implantação das lavouras.

O setor industrial, ainda incipiente, apresenta algumas atividades tradicionais como a produção de rapadura, queijos, doces, fiação, beneficiamento de grãos, olarias e caieiras. Essas duas últimas utilizam como matriz energética em sua produção a lenha retirada da caatinga, agravando ainda mais os impactos ambientais.

O setor comercial e de bens de serviços também é bastante forte nas áreas urbanas, especialmente nos municípios de Sousa e Cajazeiras que dominam a economia local, abastecendo os demais municípios, tanto da Paraíba como dos Estados vizinhos.

6. VULNERABILIDADE AMBIENTAL

Após a visão corográfica das características do quadro natural e socioeconômico da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, é preciso analisar a situação ambiental. Para isso utiliza-se o conceito de vulnerabilidade ambiental concebido por Tricart (1977).

Vulnerabilidade ambiental consiste em qualquer conjunto de fatores de mesma natureza que, diante de algumas atividades, poderá criar adversidades e afetar, de forma total ou parcial, a estabilidade ecológica da região na qual ocorre.

De acordo com a classificação ecodinâmica do meio ambiente de Tricart (1977), é possível distinguir três tipos de meios morfodinâmicos: meios estáveis, meios intergrades e meios instáveis.

Meios estáveis

O conceito de estabilidade no sistema ambiental relaciona-se diretamente à noção de equilíbrio nos processos existentes entre o binômio atmosfera-litosfera. Tricart (1977) diz:

“A característica essencial desse tipo de meio é resultante da permanência no tempo de combinações de fatores. (...)”

Os meios morfodinamicamente estáveis encontram-se em regiões dotadas de uma série de condições:

- *cobertura vegetal suficientemente fechada para por um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese;*
- *dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d’água, sem sapeamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução;*
- *ausência de manifestações vulcânicas suscetíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos mais ou menos catastróficos.*

Nos meios estáveis ocorre o equilíbrio dinâmico, com uma evolução lenta e gradual dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, sem rupturas abruptas no sistema.

Meios intergrades

Esta categoria situa-se na zona de transição entre os meios estáveis e os meios instáveis, caracterizando-se pela relação existente entre os processos morfogenéticos e pedogenéticos, atuando concorrentemente em um mesmo espaço. Tricart, (1977) diz:

“O termo intergrade foi tomado do vocabulário dos geólogos para designar uma transição. Estes meios, com efeito, asseguram a passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis. A rubrica é, por força das coisas, convencional porque não existe nenhum corte; ao contrário, estamos em presença de um contínuo.

O que caracteriza esses meios é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço.”

Os meios intergrades são extremamente frágeis e estão propensos a evoluir para os meios instáveis, comprometendo a sua exploração. Outrossim, caso seja identificado a tempo, os meios intergrades podem evoluir para uma situação de estabilidade, através de práticas conservacionistas e manejo adequado dos solos, evitando assim a degradação ambiental.

Meios instáveis

Característica fundamental nesse meio é a predominância da morfogênese sobre a pedogênese. A ruptura da estabilidade pode ocorrer por processos naturais e/ou antrópicos, acelerando os processos morfodinâmicos, maximizando os processos erosivos, ao degradar solos e dificultar a regeneração da cobertura vegetal. Tricart (1977) comenta:

“Nesses meios. A morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural e fator determinante do sistema natural, aos quais outros elementos estão subordinados. (...)”

O trabalho morfodinâmico efetuado nas regiões semi-áridas, onde caem pesados temporais repetidos um bom número de vezes por século, é superior ao que se efetua nas regiões hiperáridas onde esses temporais são incomuns. (...)”

À degradação antrópica se acrescentam causas naturais, particularmente eficazes nas regiões acidentadas onde o clima opõe fatores limitantes severos à vegetação. Essas condições ecológicas difíceis tornam a degradação mais fácil, impedindo a reconstituição da vegetação quando lhe é dado um prazo. Podem mesmo acentuar retroações positivas, suscetíveis de provocar uma verdadeira euforia dos processos de degradação. Em tais regiões a restauração é tão difícil que se torna imperioso tomar medidas de conservação muito estritas para impedir a degradação. É excepcional que tais áreas possam ser consideradas como aptas a uma produção vegetal ou animal apreciáveis. A conservação se justifica não por ela mesma, mas para evitar os efeitos induzidos: são essas regiões que emitem os detritos que recobrem os cursos d’água e que permitem a formação de enchentes devastadoras”.

Utilizando-se dos parâmetros de Tricart, foi possível elaborar a carta de Vulnerabilidade Ambiental para a bacia hidrográfica do Rio do Peixe (veja na tabela 13 os valores gerais):

Tabela 13. Classes de Vulnerabilidade Ambiental na Bacia hidrográfica do Rio do Peixe, segundo Tricart.

Vulnerabilidade	Área (em km ²)	(%)
Meio Estável	437,450	13,31
Meio Instável	477,400	14,54
Meio Intergrade	2.369,400	72,15
Total	3.284,250	100,00

Fonte: Tricart (1977).

Observa-se a situação de vulnerabilidade ambiental por sub-bacia, analisando a tabela 14 e a distribuição espacial da Vulnerabilidade ambiental segundo Tricart pode ser vista no cartograma 11.

Tabela 14. Classes de Vulnerabilidade Ambiental por Sub-bacias hidrográficas

Bacia/Sub-bacia	Bacia do Rio do Peixe	Sub-bacia do Riacho Cacaré	Sub-bacia do Riacho Zé Dias	Sub-bacia do Riacho Jurema	Sub-bacia do Riacho do Ac. Chupadouro	Sub-bacia do Riacho Poço Dantas	Sub-bacia do Riacho Morto 2	Sub-bacia do Riacho Condado	Sub-bacia do Riacho da Serra	Sub-bacia do Riacho das Araras	Sub-bacia do Riacho Boi Morto	Sub-bacia do Riacho Morto 1
Categoria												
Nenhuma	0,00	1,55	4,77	0,87	0,00	84,06	20,77	0,03	24,59	0,31	3,36	0,08
Meio Instável	477,40	54,20	86,54	37,49	3,29	0,00	42,98	27,82	25,66	33,28	12,85	16,92
Meio Estável	437,45	121,65	94,27	5,23	0,79	0,00	19,12	14,11	18,80	16,66	66,41	3,61
Meio Intergrade	2369,40	194,23	341,04	187,56	19,70	0,02	173,57	136,68	258,88	243,91	198,43	79,21

CARTOGRAMA 11: VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DO RIO DO PEIXE - PARAÍBA

Sede de Municípios (Pop., Área km²)

- 1 - CAJAZEIRAS [54715 hab.; 567km²]
- 2 - CACHOEIRA DOS INDIOS [7834hab.; 189km²]
- 3 - BOM JESUS [2193 hab.; 47km²]
- 4 - SANTA HELENA [6170 hab.; 209km²]
- 5 - S. J. DO RIO DO PEIXE [17661hab.; 468km²]
- 6 - MARIZÓPOLIS [5618 hab.; 74km²]
- 7 - SOUZA [62635 hab.; 762km²]
- 8 - APARECIDA [5894 hab.; 223km²]
- 9 - SÃO FRANCISCO [3464 hab.; 127km²]
- 10 - SANTA CRUZ [6471 hab.; 272km²]
- 11 - LASTRO [3118 hab.; 121km²]
- 12 - VIEIROPOLIS [4672 hab.; 116km²]
- 13 - UIRAUNA [13681 hab.; 262km²]
- 14 - PÇ DE J. DE MOURA [3529hab.; 123km²]
- 15 - TRIUNFO [9053 hab.; 239km²]
- 16 - SANTARÉM [2584 hab.; 74km²]
- 17 - BERNARDINO BATISTA [2667 hab.; 51km²]
- 18 - POÇO DANTAS [3828 hab.; 67km²]

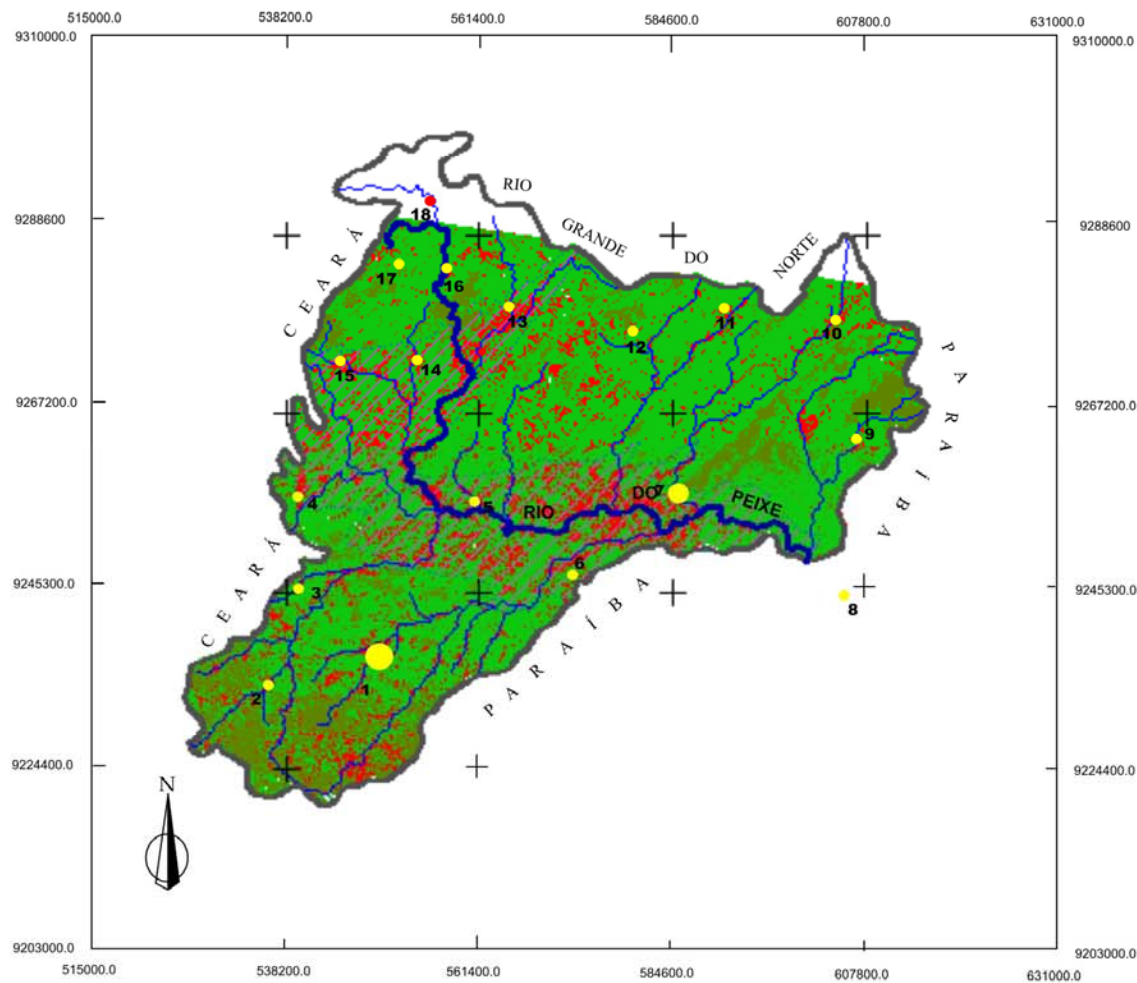
Legenda

-  Bacia Sedimentar
 Meio - estável
 Meio - intergrade
 Meio - instável



PROJEÇÃO UTM - SAD 69

Apoio cartográfico e geoprocessamento:
LGA - Lab. de Geog. Aplicada



6.1 ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL (IDA)

O Índice de Degradação Ambiental (IDA) é um novo modelo, desenvolvido nesta tese, a partir dos conceitos de Ecodinâmica, já desenvolvido por Tricart (1977), e dos métodos de classificação ambiental formulados por Ross (1994) com o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nas Classes de declividade” e o “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio nos Índices de Dissecção do Relevo”, além do método elaborado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE - denominado de “Modelo de Fragilidade Potencial Natural com apoio em Unidades Territoriais Básicas”.

O IDA utiliza-se dos elementos do quadro natural e inclui em sua formulação o fator antrópico, representado pela densidade demográfica, não contemplada nos demais modelos.

Baseado nos fatores Vegetação, Solo, Declividade e Densidade Demográfica, o IDA fornece-nos parâmetros de classificação que quantifica o grau de degradação ambiental.

Com o valor definido pelo IDA é possível não apenas avaliar o grau de degradação, mas fazer a comparação entre bacias, levando em conta os fatores tempo e espaço. Assim é possível monitorar se a degradação ambiental evolui de forma crescente ou decrescente.

A fórmula utilizada para a geração do IDA é a seguinte:

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{V + S}{2} \right) \right] + \left(\frac{D + P}{2} \right)}{2}$$

onde:

V = Vegetação (percentual de cobertura vegetal);

S = Característica do horizonte A do Solo;

D = Declividade;

P = Pressão Antrópica (Densidade Demográfica)

O valores do IDA podem variar de 0 a 1, da seguinte forma:

Demonstração na situação Positiva:

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{V + S}{2}\right)\right] + \left(\frac{D + P}{2}\right)}{2}$$

se:

$$V=1$$

$$S=1$$

$$D=0$$

$$P=0$$

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{1+1}{2}\right)\right] + \left(\frac{0+0}{2}\right)}{2} \therefore \frac{[1-1] + (0)}{2} \therefore \frac{0+0}{2} = 0$$

ou

Demonstração na situação Negativa:

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{V + S}{2}\right)\right] + \left(\frac{D + P}{2}\right)}{2}$$

se:

$$V= 0$$

$$S= 0$$

$$D= 1$$

$$P=1$$

$$IDA = \frac{\left[1 - \left(\frac{0+0}{2}\right)\right] + \left(\frac{1+1}{2}\right)}{2} \therefore \frac{[1-0] + (1)}{2} \therefore \frac{1+1}{2} = 1$$

Comportamento das variáveis:

A variável Vegetação leva em conta o grau de cobertura da vegetação natural, que por sua vez, varia entre 0 e 100%. O percentual de cobertura vegetal dividido por 100, fornece um número que varia de 0 a 1, onde o 0 representa a ausência total da cobertura vegetal e o 1 significa a total existência da mesma cobertura. Veja a utilização desta variável na tabela 15.

Tabela 15: Grau de Cobertura vegetal no IDA

Grau de Cobertura Vegetal (%)	Valor no IDA
10	0,10
35	0,35
89	0,89
100	1

As classes de solo foram agrupadas de acordo com as características do horizonte A, que apresentam maior ou menor suscetibilidade aos processos erosivos. Aos solos de textura arenosa, mais suscetíveis à erosão, atribui-se valor 0, enquanto os solos de textura argilosa, menos suscetíveis a erosão são representados pelo valor 1. Os solos de textura média, de tipo areno-argiloso ou argilo-arenoso, são representados pelo valor 0,5.

A variável “Solo” é representada no IDA de acordo com a tabela 16.

Tabela 16: Representação dos Solos no IDA

Características do horizonte A do Solo	Valor no iMA
Textura arenosa	0
Textura média	0,5
Textura argilosa	1

A variável “Declividade” obedece à seguinte regra:

- a) o valor da declividade dividido por 100, fornece um número que varia de 0 a 1.
- b) as declividades com valores maiores que 100%, são enquadradas no valor 1.

A tabela 17 corresponde à utilização dos valores relativos à “Declividade”.

Tabela 17: Representação da Declividade no IDA

Declividade (%)	Valor no IDA
2	0,02
35	0,35
≥ 100	1

Para representar a variável “Pressão Demográfica”, utiliza-se o valor da densidade demográfica, que dividido por 100, resultará no valor a ser utilizado no IDA. Este valor poderá variar de 0 a 1. Os valores superiores a 100 hab/km², serão representados pelo valor 1 (Tabela 18).

Tabela 18: Representação da “Pressão Antrópica” no IDA

Densidade Demográfica (hab/km ²)	Valor no IDA
15	0,15
57	0,57
≥ 100	1

Utilizando-se da fórmula do IDA, é possível classificar o resultado de acordo com a tabela 19.

Tabela 19: Classes do Índice de Degradação Ambiental (IDA)

Classes do IDA	Valores
Qualidade Ambiental Alta	0 – 0,25
Qualidade Ambiental Moderada	0,26 – 0,50
Qualidade Ambiental Sub-crítica	0,51 – 0,75
Qualidade Ambiental Crítica	0,76 – 1

Entre os valores determinados pelo IDA e a elaboração do cartograma existe o intérprete, que fará a leitura dos valores encontrados, inferindo daí os fatores determinantes que influenciam diretamente no resultado da qualidade ambiental encontrada.

Em relação à cobertura vegetal, os menores valores representam forte processo de degradação ambiental. Nessas condições, descobre-se que a vegetação perdeu espaço para a agricultura e/ou serviu de fonte energética.

Quanto às características pedológicas, os solos de textura mais arenosa apresentam uma maior fragilidade aos processos erosivos, enquanto os solos com textura argilosa são mais resistentes a esses processos.

O fator declividade é de vital importância para a interpretação; ele determina o balanço entre pedogênese e morfogênese. Em vertentes com valores superiores a 30% predominará a morfogênese, neste caso, serão necessários maiores cuidados em relação aos processos erosivos dominantes.

De acordo com a tabela 20, utilizada por Almeida e Tertuliano (1999) os valores atribuídos à Pressão Antrópica possuem os seguintes intervalos:

Tabela 20: Classes de Densidade Demográfica.

Densidade Demográfica (hab/km ²)	Pressão Demográfica
0 – 3,8	Pressão Dem. Fraca
3,9 – 25,5	Pressão Dem. Média
> 25,5	Pressão Dem. Alta

Fonte: Almeida e Tertuliano (1999).

Cabe ao intérprete identificar e avaliar que fator ou conjunto de fatores estão interagindo no resultado final do IDA.

De acordo com os dados encontrados para a bacia hidrográfica do Rio do Peixe, foi elaborada a carta de degradação ambiental, onde é possível observar a situação atual do ambiente da bacia hidrográfica do Rio do Peixe. Esses dados gerais estão descritos na tabela 21.

Tabela 21: Índice de Degradação Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe-PB.

Classe de Qualidade Ambiental	Área (km ²)	(%)
Qualidade Ambiental Alta	1.014,20	37,91
Qualidade Ambiental Moderada	822,26	30,74
Qualidade Ambiental Sub-crítica	456,84	17,07
Qualidade Ambiental Crítica	365,13	13,64
Nenhuma	17,46	0,64

A qualidade ambiental alta (IDA entre 0,00 – 0,25), encontra-se em 37,91% da área da bacia hidrográfica, o que corresponde a 1.014,20 km². As sub-bacias mais representativas desta classe são: Riacho Condado e Riacho da Serra que representam 79,14% e 52,17%, respectivamente.

A qualidade ambiental moderada (IDA entre 0,26 – 0,50), ocorre em uma área com cerca de 822,26 km², área que corresponde a 30,74% da área total da bacia. As sub-bacias que melhor representam essa classe são: Riacho Poço Dantas (59,91%) e Riacho de Zé Dias (59,90%). Essa situação se deve à ocorrência da vegetação natural nas cotas mais elevadas do relevo, associados aos solos de características argilosas, menos suscetíveis à erosão.

Na classe de qualidade ambiental sub-crítica (IDA entre 0,51-0,75). Abrangendo uma área equivalente a 17,07% da bacia hidrográfica; esse percentual corresponde a uma área de aproximadamente 456,84 km². As sub-bacias Riacho Morto 2 e Riacho Jurema, com valores de 27,51% e 26,9% de área são as que representam, essa classe de degradação ambiental. Essa situação resulta da alta densidade demográfica, baixo grau de cobertura vegetal natural, associados aos solos de textura arenosa.

A Qualidade Ambiental Crítica (IDA entre 0,76-1,00) representa cerca de 13,64% da área da bacia, que corresponde a 365,13 km². Essa classe ocorre em maior proporção nas sub-bacias do Riacho Chupadouro (61,27%) e no Riacho Jurema (40,13%). Esse quadro decorre

do intenso desmatamento destinado ao plantio de pastos que servem de suporte à pecuária extensiva predominante na região. Nessas áreas, são freqüentes os desmatamentos e queimadas que ocorrem na porção média e superior das vertentes, devastando assim toda a cobertura vegetal natural e expondo os solos rasos aos processos erosivos acelerados, causando em alguns pontos a gênese da desertificação.

A maior parte a bacia hidrográfica do Rio do Peixe está classificada no estágio de qualidade ambiental Alta a Moderada, 37,91% e 30,74%, respectivamente.

De acordo com Drew (2002) *“embora todos os sistemas sejam cadeias com elos de força variável, também acontece de alguns sistemas naturais se desintegrarem com maior facilidade do que outros, com uma rápida e irreversível modificação em seu todo”*. Esta modificação é desencadeada a partir de uma alteração ambiental, denominada de *trigger* (gatilho, alavanca, disparador).

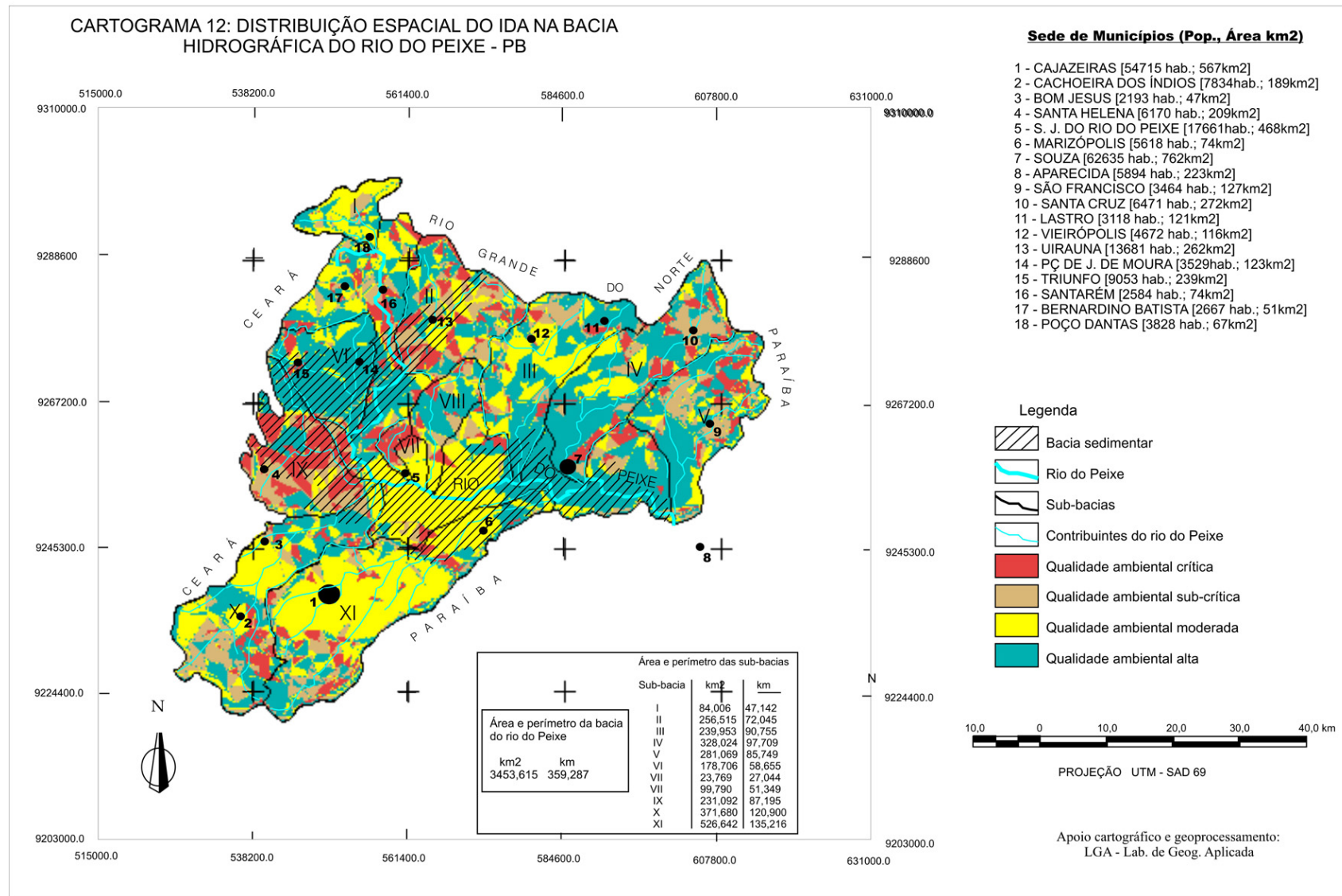
No caso específico da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, esse gatilho (*trigger*) já foi acionado, as alterações ambientais já são visíveis. Com a continuação dos processos de uso e ocupação do solo nos mesmos moldes atuais, fatalmente haverá uma evolução para a classe de Qualidade Ambiental Crítica, diminuindo a qualidade de vida da população local.

Na tabela 22, observam-se as classes do índice de degradação ambiental por sub-bacia hidrográfica.

O cartograma 12 mostra a distribuição das classes do IDA.

Tabela 22: Classes do Índice de Degradação Ambiental por Sub-bacia hidrográfica.

Bacia/Sub-bacia (km ²) Classes de iMA	Sub-bacia do Riacho Cacaré	Sub-bacia do Riacho Zé Dias	Sub-bacia do Riacho Jurema	Sub-bacia do Riacho do Açude Chupadouro	Sub-bacia do Riacho Poço Dantas	Sub-bacia do Riacho Morto 2	Sub-bacia do Riacho Condado	Sub-bacia do Riacho da Serra	Sub-bacia do Riacho das Araras	Sub-bacia do Riacho Boi Morto	Sub-bacia do Riacho Morto 1	Bacia do Rio do Peixe (Geral %)
Nenhuma	2,75 (0,74%)	4,24 (0,8%)	0,41 (0,17%)	0,16 (0,67%)	0,45 (0,53%)	0,67 (0,26%)	0,52 (0,29%)	1,21 (0,37%)	2,90 (0,98%)	3,49 (1,24%)	0,46 (0,46%)	17,46 (0,64%)
Qualidade Ambiental Alta	129,40 (34,8%)	107,53 (20,4%)	56,12 (24,3%)	1,51 (6,35%)	22,13 (26,35%)	63,42 (24,72%)	141,45 (79,14%)	171,13 (52,17%)	145,02 (49,33%)	128,22 (45,6%)	48,27 (48,36%)	1.014,20 (37,91%)
Qualidade Ambiental Moderada	130,30 (35%)	315,33 (59,9%)	19,43 (8,4%)	3,77 (15,86%)	50,31 (59,91%)	60,29 (23,50%)	20,47 (11,45%)	59,88 (18,25%)	96,68 (32,88%)	46,18 (16,42%)	19,62 (19,65%)	822,26 (30,74%)
Qualidade Ambiental Sub-Crítica	73,71 (19,8%)	56,34 (10,7%)	62,37 (26,9%)	3,76 (15,82%)	10,29 (12,25%)	70,57 (27,51%)	5,78 (3,23%)	57,02 (17,38%)	34,06 (11,58%)	65,12 (23,16%)	17,82 (17,85%)	456,84 (17,07%)
Qualidade Ambiental Crítica	36,00 (9,68%)	43,19 (8,2%)	92,71 (40,13%)	14,56 (61,27%)	0,79 (0,94%)	61,57 (24,00%)	10,51 (5,88%)	38,79 (11,82%)	15,30 (5,20%)	38,08 (13,54%)	13,63 (13,65%)	365,13 (13,64%)
	371,66	526,63	231,04	23,76	83,97	256,52	178,73	328,03	293,96	281,09	99,80	100%



7. CONCLUSÃO

No contexto do espaço semi-árido nordestino, as bacias sedimentares representam áreas de exceção, em função de suas características mesológicas que repercutem na diferenciação dos graus de limitações condicionantes nas atividades produtivas e em seus aspectos geo-sócio-econômicos.

Esses espaços, as bacias sedimentares, possuem características geoambientais que os individualizam. São áreas que, em virtude de suas características ambientais possuem uma potencialidade produtiva maior que as áreas circunvizinhas.

A metodologia que foi desenvolvida pode contribuir para gestão territorial de uma forma planejada e sustentável, evitando problemas decorrentes da ocupação desordenada do solo.

O principal produto deste trabalho é o levantamento detalhado da realidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio do Peixe e o índice de degradação ambiental (IDA), elaborado a partir da correlação dos elementos: vegetação /solo /declividade /densidade demográfica.

Através deste índice foi possível quantificar o grau de degradação ambiental nas escalas espacial, possibilitando comparar a evolução dos processos de degradação. É possível também criar cenários, antevendo o comportamento ambiental da bacia hidrográfica.

Acredita-se haver contribuído para implementar medidas mitigadoras que visem minimizar ou até sustar os processos de degradação ambiental.

Mesmo sob o domínio do clima semi-árido, existe um aporte de precipitação bastante considerável, além disso, as águas superficiais e os aquíferos estão disponíveis para o uso racional. A própria vegetação natural, sendo recuperada, pode servir de suporte a outras atividades produtivas, a exemplo da apicultura.

Ao observar o cartograma que representa o IDA da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, nitidamente pode ser percebido que o processo de ocupação e produção do espaço vem provocando, ao longo do tempo, uma forte degradação ambiental, processos estes que se acumulam e se reproduzem até os dias atuais, delineando um cenário sombrio para a capacidade de suporte e para os recursos naturais daquela bacia.

Deve ter ficado claro que o modelo de desenvolvimento atual está ultrapassado, dado que não leva em consideração o equilíbrio entre as potencialidades e as limitações do quadro natural: daí as conseqüências danosas que resultam inexoravelmente na degradação ambiental.

A falta de proteção às nascentes, o desmatamento indiscriminado da vegetação natural e das matas ciliares, os processos de salinização dos solos decorrentes da falta de drenagem, as práticas agrícolas inadequadas, levam progressivamente aos processos de desertificação que já podem ser observados em alguns pontos da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, razões suficientes para se postular uma mudança drástica de visão antrópica que resgate o paraíso perdido devastado inconseqüentemente pela insanidade humana.

Urge a implantação de ações mitigadoras que atenuem o quadro vigente. A ação efetiva no âmbito da bacia, reclama um comitê de bacia hidrográfica atuante, que identifique os problemas e proponha formas alternativas de produção do espaço semi-árido fora de palanques políticos que assegurem efetivamente o equilíbrio da própria dinâmica ambiental e a proteção aos recursos naturais.

As ações mitigadoras dos problemas ambientais atuais podem ser de diversas ordens:

- o Recuperação das matas ciliares e de espécies arbóreas diversificadas;
- o Incentivo à pequena produção familiar;
- o Extensão rural;
- o Educação ambiental em todos os níveis;

- o Uso racional das águas superficiais e dos aquíferos;
- o Controle na perfuração e cadastramento dos poços artesianos;
- o Agricultura de xerófitas e a caprinocultura;
- o Fruticultura irrigada.

Estas seriam algumas das ações que poderiam atenuar os problemas sócio-ambientais na bacia hidrográfica do Rio do Peixe.

Entre a realidade que se apresenta e a realidade que se imagina, existe a necessidade de uma ação efetiva do poder público na gestão do espaço semi-árido.

Desta forma a bacia hidrográfica do Rio do Peixe pode atuar como espaço polarizador, dinâmico na economia regional, produzindo e gerando trabalho e renda, promovendo a cidadania de uma forma sustentável. Vale a pena sonhar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz Nacib. (1974). **O Domínio Morfoclimático das Caatingas Brasileiras**. São Paulo, Instituto de Geografia, USP, Geomorfologia.43:p 1-39.

_____, Aziz Nacib. (1977). **Problemática da Desertificação e da Savanização no Brasil Intertropical**. IGEOG-USP, Geomorfologia.53:1-19.

ALBUQUERQUE, José do Patrocínio Tomaz. (1984). **Os Recursos de Água Subterrânea do Trópico Semi-árido do Estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Engenharia Civil. Campina Grande. PB.

_____. (1971). **Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Folha Jaguaribe-CE**. Recife, SUDENE – Divisão de Documentação (Série Hidrogeologia, 32) 107p

ALBUQUERQUE, Roberto Cavalcanti de & Cavalcanti, Clóvis de Vasconcelos. (1978). **Desenvolvimento Regional no Brasil**. IPEA/IPLAN. Brasília.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro & TERTULIANO, Marcos Faria. (1999). Diagnose dos Sistemas Ambientais: Métodos e Indicadores. In: **Avaliação e Perícia Ambiental**. (orgs) Cunha, S.B. & GUERRA, A.J.T, 115-171. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.

ANDRADE-LIMA, Dárdano de. (1966). A VEGETAÇÃO. In: **Atlas Nacional do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.

ANDRADE, Manoel Correia de. (1985). **A SECA: Realidade e Mito**. Coleção Nordeste em Evidência. Editora ASA Pernambuco.

_____. **A Terra e o Homem no Nordeste** (Contribuição ao Estudo da Questão Agrária no Nordeste). (1986). 5ª edição. Editora Atlas S.A. São Paulo.

_____. **Espaço, Polarização e Desenvolvimento** (A Teoria dos Pólos de Desenvolvimento e a Realidade Nordestina). (1977). 4ª edição. Editora Grijalbo. Rio de Janeiro.

_____. **Nordeste, Espaço e Tempo**. (1970). Coleção Caminhos Brasileiros. Editora Vozes Ltda. Petrópolis.

AYALA CARCEDO, F. J. (1988). **La Geologia Ambiental en el Contexto de las Disciplinas y Problemas Ambientais**. Serie Engenharia GeoAmbiental, Inst. Tecn. Geominero de España, Madrid. p 9-15.

BARBOSA Jr, W.V.; SILVA, I.B.; SANTOS, R.C.; PIMENTEL, C.A.C.; NÓBREGA, V.A.; MABESOONE, J.M.. (1986). Revisão Geológica da Parte Oriental da Sub-bacia de Sousa (Bacia do Rio do Peixe), Paraíba. In: **Congresso Brasileiro de Geologia**. Goiânia. (308-320)

BARROS, Souza. (1959). **Cêrcas Sertanejas** (Traços Ecológicos do Sertão Pernambucano). Cadernos de Cultura. Ministério da Educação e Cultura. Rio de Janeiro.

BAUMGARTNER, A & REICHEL, E. (1985). **The World Water Balance**. Munique, R. Oldenbourg,

BETZ, F. Jr. (1975). **Environmental Geology**. Stroudsburg, Dowden, Hotchinson & Ross, Inc.

BEURLIN, K. (1971). Bacias Sedimentares do Bloco Brasileiro. **Estudos Sedimentológicos**, Natal, RN, (1-2) p. 7-31.

BIGARELLA, João José et al. (1994). **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Fundamentos Geológico-Geográficos, alteração química e física das rochas, relevos cársticos e dômico. Vol 1. Editora da UFSC. Florianópolis – SC.

BRASIL. (1981). Ministério das Minas e Energia. Projeto **RADAMBRASIL**. Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro.

BRAUN, O.P.G. (1969). **Geologia da Bacia do Rio do Peixe, Nordeste do Brasil**. Ministério das Minas e Energia, Departamento de Produção Mineral. Brasília, 231p

BROWN, Geoff et al. (2000). **Os Recursos Físicos da Terra**. Bloco 4 Parte 1. Recursos Hídricos. THE OPEN UNIVERSITY. Tradução e adaptação: Álvaro P. Crosta. Campinas – SP.

CARTAXO, Otacílio. (1964). **Os Caminhos Geopolíticos da Ribeira do Rio do Peixe**. Editora “A União”. João Pessoa – PB.

CARVALHO, Gelza R.F.de (1982). **ESTADO DA PARAÍBA – Classificação Geomorfológica**. Editora Universitária. UFPB/FUNAPE. João Pessoa.

CARVALHO, G. S. (1982). **Princípios e Alguns Problemas de Geologia Ambiental**. Geonovas, Assoc. Port. Geol., Lisboa, nº 4, pp19-30.

CARVALHO, Ismar de Souza. (1983). **Os Conchostráceos Fósseis das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geologia. UFRJ, Rio de Janeiro.

CASTRO, David L. & CASTELO BRANCO, Raimundo.M.G.C. (1999). **Caracterização da arquitetura interna das bacias do vale do cariri (NE do Brasil) com base em modelagem gravimétrica 3-D**. Revista Brasileira de Geofísica, Vol. 17 (2,3).

CASSETI, Valter. (1991). **Ambiente e Apropriação de Relevo**. Editora Contexto. São Paulo.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. (1979). **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo. HUCITEC/EDUSP.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. (1974). **Geomorfologia**. Editora Edgard Blücher. São Paulo. 1974

COATES, D. (1981). **Environmental Geology**. John Wiley & Sons, New York. 1981.

CRANDALL, R. (1910). **Geografia, geologia, suprimento d'água, transporte e açudagem nos estados orientais do norte do Brasil – Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba**. IFOCS. Serv. Geol. Série 1. Publicação 4. Rio de Janeiro.

COSTA, W. D. (1970). Nota Preliminar da Geologia da Bacia do Rio do Peixe. **Boletim Geológico**. 4:47-50.

CUNHA, L. Veiga da. et all. (1980). **A Gestão da Água**. Princípios Fundamentais e sua Aplicação em Portugal. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.

CUNHA, Sandra Baptista da & GUERRA, Antônio José Teixeira (Organizadores) (1999). **Avaliação e Perícia Ambiental**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

_____. (1998). **Geomorfologia do Brasil**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

DANTAS, J. R. A. & CAULA, J.A.L. (1982). Estratigrafia e geotectônica. In: **Mapa Geológico do Estado da Paraíba**. 134p. CDRM. Campina Grande-PB.

DANSEREAU, Pierre. (1949). **Introdução à Biogeografia**. Revista Brasileira de Geografia. Ano XI, nº 1. Rio de Janeiro.

DORST, Jean.(1973). **Antes que a Natureza Morra**. (Tradução: Rita Buonghermino. Editora Edgard Blucher, São Paulo.

D'ORSI, R. N. (1992). **Impactos Ambientais na Área de Baixada da folha Petrópolis (RJ) - 1:50.000: Considerações Geológicas**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DRESCH, Jean. (1957). **Les Problèmes Morphologies du Nord-Est Brésilien**. Bull.Assoc.Geogrs. France. Paris, 283/64, jan.-fev.

DREW, David. (1986). **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. Editora DIFEL. São Paulo.

EMBRAPA. (1999). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro.

ERHART, H. (1956). **Lá Gênese dès Sols en tant que Phénomène Géologique**. Masson, Paris, 83p

FERNANDES, C.V.; RIBAS, A.; ROGUSKI, M; GOBBI, E.F; SUGAI,H.M.; DIAS,N.L.(1995). **A Água e a Sociedade do Século XXI**. Seminário Franco-brasileiro de gestão em bacias hidrográficas. Boletim da Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 53:1-6.

FERRI, Mário Guimarães.(1980). **Vegetação Brasileira**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo.

FLAWN, P. T. (1970). **Environmental Geology** - Conservation, Land use, Planning and Resource Management. Harper's Geoscience Series, New York.

FRANCÉS, E.; DIAZ DE TÉRAN, J.R.; CEDRERO A. (1990). **La aplicación de la cartografía geoambiental al diagnóstico de unidades territoriales**: estabelecimento de directrizes de ordenacion. Livro de homenagem ao Profº Carlos Romariz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. Lisboa.

FRANÇOLIN, João Batista de Lellis & SZATMARI, Peter. (1987). **Mecanismo de Rifteamento da Porção Oriental da Margem Norte Brasileira**. Revista Brasileira de Geociências, 17(2): 196-207.

FRANÇOLIN, João Batista de Lellis. (1992). **Análise Estrutural da Bacia do Rio do Peixe**. Brasil. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, v.6(3/4):237-243, jul/dez.

FREIRE, Gilberto. (1985). **Nordeste**. Ed José Olympio. Rio de Janeiro.

GAUSSEN, H & BAGNOLDS, F. (1963). **Os Climats Biológicos e sua Classificação**. Boletim Geográfico, XXL, CNG. Rio de Janeiro, 176p.

GRIGORIEV, A. A. (1968). The theoretical fundaments of modern physical geography. In: **The Interaction of Sciences in the Earth**. Moscou.

GUEDES, Florisvaldo Xavier. (1993). **Aplicação de Dados de Sensores Remotos de Baixa Resolução Espacial, na Pesquisa de Água Subterrânea: Bacia do Rio do Peixe e Adjacências (PB, CE e RN)**. Dissertação (Mestrado). Campina Grande-PB.

GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista da (Organizadores).(1994). **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA, Sandra Baptista da (Organizadores). (1996). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro.

HOWARD, A. & RENSON, I. (1978). **Geology in Environmental Planning**. McGraw Hill Book Company, New York.

KEGEL, W. (1965). A Estrutura Geológica do Nordeste do Brasil. Boletim nº 227. DNPM-DGM, Rio de Janeiro, 47 p.

KELLER, E. A. (1976). **Environmental Geology**. Merril Publishing Company, Colombus. 1976.

LANNA, Antônio Eduardo Leão. (1995). **Gerenciamento de Bacia Hidrográfica**: Aspectos Conceituais e Metodológicos. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. (1971). **A Procedure for Evaluating Environmental Impact**. USGS, Circular 645, Washington DC, 13 p.

LEPSCH, Igo F. (2002). **Formação e Conservação dos Solos**. Oficina de Textos. São Paulo.

LIMA FILHO, Mário de. (1991). **Evolução Tectono-sedimentar da Bacia do Rio-do-Peixe – PB**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

LIMA FILHO, Mário F. de. (1992). **Bacia do Rio do Peixe – PB: Um Exemplo de Bacia Transtensional**. 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. Rio Claro. São Paulo.

LINS, Fernando Antônio Pessoa Lira. (1987). **Geofísica Aplicada ao Estudo de Arcabouço-Tectônico de Bacias Sedimentares entre as Bacias Potiguar e Rio do Peixe**. Dissertação (Mestrado). UFPE, Recife-PE.

LUNDGREN, L. (1986). **Environmental Geology**. Oxford University Press, New York.

MABESOONE, J.M.. (1971). Sediments of the Intracontinental Cretaceous Basins in Northeastern Brazil. **Estudos Sedimentológicos**. Natal, 1(2): 33-52.

MABESOONE, J. M & CASTRO, Cláudio. (1975). Desenvolvimento Geomorfológico do Nordeste Brasileiro. In: **Boletim do Núcleo do Nordeste da Sociedade Brasileira de Geologia**. Nº 3. Recife.

MAC NEILL, J. (1992). **Para Além da Interdependência**. Zahar Editora. Rio de Janeiro.

MAIO, Celeste Rodrigues. (1987). **Geomorfologia do Brasil**: fotos e comentários. 3ª edição revisada e aumentada. Rio do Janeiro.

MARINHO, Ana Glória da Silva. (1979). **História Cenozóica da Bacia de Sousa**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE.

MARQUES, J.Q.A. (1958). **Manual Brasileiro para Levantamento da Capacidade de Uso do Solo**. III aproximação. ETA, Rio de Janeiro.

MATOS, R.M.D. (1992). **The Northeast Brazilian Rift System**. Tectonics, 11 (4): 766-791.

MELO, Mário Lacerda de (Coord). (1988). **Áreas de Exceção da Paraíba e dos Sertões de Pernambuco**. SUDENE-PSU-SER. Recife-PE.

_____, (1978). **Regionalização Agrária do Nordeste**. SUDENE, Coordenação de Planejamento Regional, Divisão Política Espacial. Recife-PE.

MONTEIRO, Carlos Augusto F. (1978). Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: Perspectivas urbanas e agrárias. In: **Anais do Simpósio sobre a Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica**. São Paulo.

MORAES, Luciano Jacques de. (1924). **Serras e Montanhas do Nordeste**. Ministério de Viação e Obras Públicas. Inspectoria Federal de Obras Contra as Secas. Rio de Janeiro.

NIMER, Edmon. (1989). **Climatologia do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, E. P. (1923). **Nota preliminar sobre as Jazidas de Cobre de Pedra Branca, Estado da Paraíba e Rio Grande do Norte**. Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Bol. 1, p 75-114. Rio de Janeiro.

PARAÍBA. (1996). **Plano Diretor dos Recursos Hídricos do Estado da Paraíba**. PDRH-PB. Bacia do Rio do Peixe. João Pessoa.-PB.

PENTEADO, Margarida Maria. (1980). **Fundamentos de Geomorfologia**. 3ª edição. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro.

PINTO, Marco Antônio Vidal dos Santos. (1998). **Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio-do-Peixe**. Projetos de Execução Descentralizada. Sousa. 1998. 43 f. Relatório do Convênio MMA/PNMA/PED/PB N° 030/96. Sousa, PB.

PIRES, J.S.R. & SANTOS, J.E. (1999). **Bacias Hidrográficas – Integração entre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento**. Revista Ciência Hoje 19(110): 40-45.

PONTE, Francisco Celso. (1992). **Origem e Evolução das Pequenas Bacias Cretácicas do Interior do Nordeste do Brasil**. 2º Simpósio Sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. Rio Claro. São Paulo.

RAND, Helmo M. (1984). **Reconhecimento Gravimétrico da Bacia do Rio do Peixe, Paraíba**. Atas do XI Simpósio de Geologia do Nordeste. Natal.

REBOUÇAS, Aldo da C., BRAGA, Benedito, TUNDISI, José Galizia (Coordenadores). (2002). **Águas doces no Brasil**. Capital ecológico, uso e conservação. 2 ed. Escrituras Editora. São Paulo.

REVISTA ESTUDOS AVANÇADOS. (1999). **Dossiê Nordeste Seco**. Instituto de Estudos Avançados-USP. Volume 13 – Número 36. Maio/Agosto. São Paulo.

REVISTA ESTUDOS AVANÇADOS. **Dossiê Nordeste**. (1997). Instituto de Estudos Avançados -USP. Volume 11 – Número 29. Janeiro/Abril. São Paulo.

ROSS, J.L.S. (1994). Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia** nº 5, FFLCH-USP, São Paulo.

SANTOS, Edilton José dos. (org). (2002). **Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba**. Recife: CPRM.

SILVA, Abrão Amério da. (2002). **Uso e Conservação de um Remanescente de Caatinga Arbórea no Município de Cajazeiras – PB. Elementos para Gestão Ambiental**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

SILVA, Marlene Maria da & ANDRADE LIMA, Diva Maria de. (1982). Sertão Norte. **Área do Sistema Gado-Algodão**. SUDENE. Coordenação de Planejamento Regional. Recife-PE.

SPÖRL, Christiane. (2001). **Análise da Fragilidade Ambiental Relevo-Solo com Aplicação de Três Modelos Alternativos nas Altas Bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo.

SUDENE. DPG-PRN-HME. (1990). **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste – Estado da Paraíba**. Recife-PE.

SUKACHEV, V.N. (1964). **Fundamentals of Forest Biogeocology**. Oliver and Boyd. London.

SZATMARI, Peter et al. (1987). Evolução Tectônica da Margem Equatorial Brasileira. **Revista Brasileira de Geociências** 17(2): 180-188, junho.

TRICART, Jean. (1977). **Ecodinâmica**. IBGE/SUPREN. Rio de Janeiro. 91p.

TRICART, Jean. (1961). As Zonas Morfoclimáticas do Nordeste Brasileiro. **Notícia Geomorfológica** 3: 17-25. Rio do Janeiro.

TUCCI, Carlos E.M. (org). (2001). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora Universidade. UFRGS. ABRH. Porto Alegre.

TUNDISI, José Galizia. (2003). **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. RIMA Editora, Instituto Internacional de Ecologia. São Carlos.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. (1980). **A Ecologia na Gestão dos Recursos Hídricos para as Regiões Semi-áridas do Nordeste Brasileiro**. Revista Pernambucana de Desenvolvimento. v.7, nº 1, p. 65-77, jan/jul, Recife-PE.

VIEIRA, L. S. & VIEIRA, M. de N. F. (1983). **Manual de Morfologia e Classificação de Solos**. Agronômica Ceres, São Paulo.

WOLTT, F. (1987). **Geology for Environmental Planning**. Sp. Publ. 2, Geol. Survey of Norway. Trondheim.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação – (CIP)
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Centro de Formação de Professores – CFP
Denize Santos Saraiva Lourenço – Bibliotecária CRB/4-1096
Cajazeiras - Paraíba

B817i BRANDÃO, Marcelo Henrique de Melo.
 Índice de degradação ambiental na bacia hidrográfica
 do rio do peixe – PB/ Marcelo Henrique de Melo Brandão.
 Recife, 2005.

 133p.: il.

 Originalmente apresentado como tese do autor (doutorado -
Universidade Federal de Pernambuco, 2005)
 Inclui lista das ilustrações.
 Bibliografia.

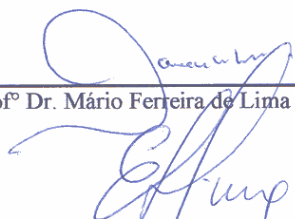
 1. Bacia Hidrográfica – Rio do Peixe – Paraíba. 2. Degradação Ambiental.
I. Título.

CDU- 556.51(043)

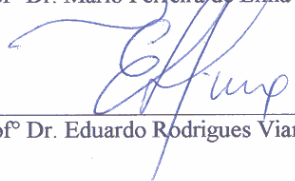
**ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO DO PEIXE – PB.**

Marcelo Henrique de Melo Brandão

Aprovado:



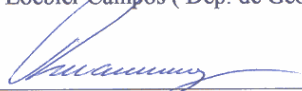
Profº Dr. Mário Ferreira de Lima Filho (Orientador – Dep. de Geologia - UFPE) 11/10/2005



Profº Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima (Dep. de Geociências – UFPB) 11/10/2005



Profº Dr. Hernani Loebler Campos (Dep. de Geografia – UFPE) 11/10/2005



Profº Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Dep. de Geologia - UFPE)



Profº Dr. Jaime Joaquim da Silva Cabral (Dep. Engenharia Civil – UFPE) 11/10/2005

Ata da Defesa de Tese de Doutorado de Marcelo Henrique de Melo Brandão

Aos 11 de outubro de 2005 (dois mil e cinco), às 9h00 (nove horas), no Anfiteatro do Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, reuniu-se a banca examinadora da tese de doutorado de Marcelo Henrique de Melo Brandão, da área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental, composta pelos professores Mário Ferreira de Lima Filho, (orientador), Valdir do Amaral Vaz Manso, Jaime Joaquim da Silva Cabral (Departamento de Engenharia Civil da UFPE), Hernani Loebler Campos (Departamento de Geografia da UFPE) e Eduardo Rodrigues Viana de Lima (Departamento de Geociências da UFPB)) cujos nomes foram indicados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geociências e aprovados pela Diretoria de Pós-Graduação da PROPESQ/UFPE em 29 de setembro de 2005, uma vez que a referida banca atende às exigências da Resolução nº 03/98 do Conselho Coordenador de Ensino, Pesquisa e Extensão. O Prof. Adejardo Francisco da Silva Filho, vice-coordenador do programa, abriu a sessão apresentando os membros da banca examinadora e passou a palavra ao Prof. Mário Ferreira de Lima Filho, Presidente da Banca Examinadora, o qual apresentou o doutorando, passando-lhe a palavra e concedendo-lhe 50 (cinquenta) minutos para exposição da tese intitulada "Índice de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio do Peixe -PB". Após a exposição da tese, o Prof. Mário Ferreira de Lima Filho passou a palavra ao Prof. Eduardo Rodrigues Viana de Lima, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu o doutorando, o qual apresentou sua defesa usando da palavra. Em seguida, foi dada a palavra ao Prof. Hernani Loebler Campos, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu o doutorando, o qual apresentou sua defesa usando da palavra. Em seguida foi dada a palavra ao Prof. Jaime Joaquim da Silva Cabral, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu o doutorando, que apresentou sua defesa usando da palavra. Logo após foi dada a palavra ao Prof. Valdir do Amaral Vaz Manso, que teceu seus comentários sobre a tese e argüiu o doutorando, que apresentou sua defesa usando da palavra. O Prof. Mário Ferreira de Lima Filho, com a palavra, teceu comentários fazendo algumas observações e argüiu o doutorando, que apresentou sua defesa usando da palavra. Encerrada a fase de apresentação e defesa da tese, o Prof. Mário Ferreira de Lima Filho solicitou aos presentes que se retirassem do recinto para que a banca deliberasse. Após 05 (cinco) minutos, foi reaberta a sessão e tornada pública a menção "Aprovado" dada por unanimidade. Em seguida, o senhor presidente deu por encerrada a sessão da qual eu, Adejardo Francisco da Silva Filho, Vice-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFPE, lavrei a presente ata, que assino com os componentes da banca examinadora. Recife, 11 de outubro de 2005.

Handwritten signatures:
 Mário Ferreira de Lima Filho
 Eduardo Rodrigues Viana de Lima
 Jaime Joaquim da Silva Cabral
 Hernani Loebler Campos

Handwritten signature:
 Adejardo Francisco da Silva Filho

Handwritten signatures:
 Valdir do Amaral Vaz Manso
 Marcelo Henrique de Melo Brandão

A presente cópia é a reprodução fiel do original, que me foi apresentado.

Recife, 12 de Dezembro de 2005

.....
 Marcelo Henrique de Melo Brandão
 Secretário
 SIAPE 1131400
 Pós-Graduação em Geociências - UFPE
 UFPE