



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO DE ALTOS ESTUDOS AMAZÔNICOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU
FORMAÇÃO DE ESPECIALISTAS EM DESENVOLVIMENTO DE ÁREAS
AMAZÔNICAS
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E MANEJO DE PAISAGEM

FILIPE GOMES DIAS

**PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS:
ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO RIO CAETÉ**

BELÉM – PARÁ

2017

FILIPE GOMES DIAS

**PLANEJAMENTO E GESTÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: O
MAPEAMENTO CARTOGRÁFICO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO RIO
CAETÉ**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-graduação Lato Sensu, Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Manejo de Paisagem, do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do grau de Especialista.

Orientadora: Msc. Brenda Batista Cirilo

Co-Orientador: Prof^o Dr. Edson Vicente da Silva

BELÉM – PARÁ

2017

Dados Internacionais de Catalogação na publicação
(CIP) Biblioteca do NAEA/UFPA

Dias, Filipe Gomes

Planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas: análise da fragilidade ambiental do Rio Caeté / Filipe Gomes Dias; Orientadora Brenda Batista Cirilo. - 2017.

57 f.: il.; 30 cm

Monografia (Especialização) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental e Manejo de Paisagem, Belém, 2017.

1. Planejamento. 2. Gestão ambiental. 3. Paisagem. 4. Hidrografia. I. Cirilo, Brenda Batista, orientadora. II. Título.

CDD 21. ed.363.70098115

FILIPE GOMES DIAS

**PLANEJAMENTO E GESTÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: O
MAPEAMENTO CARTOGRÁFICO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DO RIO
CAETÉ**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu, Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Manejo de Paisagem, do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção do Grau de Especialista.

Data da aprovação: __/__/__

Banca Examinadora

Msc. Brenda Batista Cirilo (Orientadora)

Prof. Msc. Nelton Cavalcante da Luz(Examinador Interno)

Prof. Msc. Rodrigo Rafael de Souza Oliveira (Examinador Externo)

BELÉM – PARÁ

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a pessoa que sempre esteve por trás de toda minha trajetória acadêmica, mesmo às vezes sem entender esse percurso, mas sempre me apoiando de todas as formas possíveis: minha mãe!

À Msc. Brenda Cirilo, que aceitou de prontidão orientar esse trabalho, estando sempre disposta a tirar dúvidas, e sempre contribuindo na leitura e no direcionamento do texto.

Ao Prof. Dr. Edson Vicente da Silva, que mesmo distante ofereceu ajuda na elaboração do trabalho, também pelos seus ensinamentos valiosos da Geoecologia da Paisagem, e pela grande amizade estabelecida.

Ao Prof. Msc. Nelton Luz, por participar com suas contribuições na banca examinadora, e pelos ensinamentos nas aulas de Geoprocessamento.

Ao Prof. Msc. Rodrigo Oliveira, por participar com suas contribuições na banca examinadora.

A todas e todos colegas de curso, que proporcionaram, pelo fato de serem de várias áreas, diversos debates interdisciplinares propositivos, com grandes discussões sobre as problemáticas socioambientais na Amazônia.

Aos demais amigos e amigas, que desde a graduação seguimos compartilhando as aflições e objetivos acadêmicos, cada um seguindo nas suas aptidões disciplinares, e pelos vários momentos de distração e “boemia”.

E a todos e todas que contribuíram direta e indiretamente para essa etapa viesse a ser concluída.

“Pelos caminhos visualizamos paisagens que formam colchas de retalho onde se desenvolve a sociobiodiversidade” (Cacau)

RESUMO

O conhecimento das potencialidades e limitações dos sistemas naturais é fundamental para que as ações antrópicas empreendidas nestes estejam de acordo com suas características, dinâmicas e funcionalidades. A utilização das Geotecnologias, integrada à análise sistêmica da paisagem, é cada vez mais indispensável nos estudos relacionados às problemáticas ambientais. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi elaborar o mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté a partir da proposta metodológica de Crepani et al. (2001) como instrumento de subsídio para tomada de decisão no âmbito do planejamento e gestão ambiental do território da bacia. Foram confeccionados os mapas-base das unidades geoambientais da bacia do rio Caeté como: Declividade, Tipos de Solo, Geologia, Geomorfologia e Uso da Terra. O resultado do mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté apresentou o nível bastante baixo, demonstrando certo equilíbrio dinâmico das componentes geoambientais da paisagem da área. Entretanto, ressalta-se a necessidade do aprofundamento e tratamento *in loco* de outras variáveis socioambientais e econômicas que a metodologia utilizada não consegue contemplar para uma análise mais ampla.

Palavras-Chave: Planejamento e Gestão Ambiental; Fragilidade Ambiental; Bacia Hidrográfica; Rio Caeté; Paisagem; Unidades Geoambientais.

ABSTRACT

The knowledge of the potentialities and limitations of the natural systems is fundamental so that the anthropic actions undertaken in these are according to their characteristics, dynamics and functionalities. The use of Geotechnologies, integrated to the systemic analysis of the landscape, is increasingly indispensable in the studies related to environmental problems. Thus, this work aims to elaborate the Environmental Fragility map of the Caeté Hydrographic Basin based on the methodological proposal of Crepani et al. (2001) as a subsidy instrument for decision-making in the planning and environmental management of the basin's territory. We constructed the base maps of the geoenvironmental units of the Caeté river basin as: Declivity, Soil Types, Geology, Geomorphology and Land Use. The result of the mapping of the Environmental Fragility of the Caeté River Basin presented a very low level, demonstrating a certain dynamic balance of the geoenvironmental components of the area landscape. However, we emphasize the need for deepening and on-site treatment of other socio-environmental and economic variables that the methodology used can not contemplate for a broader analysis.

Keywords: Environmental Planning and Management; Environmental Fragility; Hydrographic Basin; Caeté River; Landscape; Geoenvironmental Units

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	17
Figura 2 - Fluxograma para geração do Mapa de Fragilidade Ambiental.....	30
Figura 3 - Níveis de Fragilidade Ambiental.....	34
Figura 4 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	37
Figura 5 - Mapa de Tipos de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	39
Figura 6 - Distribuição dos tipos de solos pertencentes à bacia do rio Caeté.....	40
Figura 7 - Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	41
Figura 8 - Distribuição das unidades geológicas pertencentes à bacia do rio Caeté.....	42
Figura 9 - Mapa de Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	43
Figura 10 - Distribuição das unidades geomorfológicas pertencentes à bacia do rio Caeté.....	44
Figura 11 - Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	46
Figura 12 - Distribuição das classes de cobertura da terra pertencentes à bacia do rio Caeté.....	47
Figura 13 - Distribuição das classes de uso e cobertura da terra pertencentes à bacia do rio Caeté.....	48
Figura 14 - Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	50
Figura 15 - Distribuição dos níveis de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da área dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Caeté.....	15
Tabela 2 - Valores de Fragilidade de acordo com a declividade.....	31
Tabela 3 - Valores de Fragilidade de acordo com o Tipo de Solo.....	32
Tabela 4 - Valores de Fragilidade de acordo com a Geologia.....	32
Tabela 5 - Valores de Fragilidade de acordo com a Geomorfologia.....	33
Tabela 6 - Valores de Fragilidade de acordo com o uso e cobertura da terra.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 O CONCEITO DE PAISAGEM NO CONTEXTO DA CIÊNCIA GEOGRÁFICA.....	18
2.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO COMO INSTRUMENTOS DE ANÁLISE ESPACIAL.....	23
2.3 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	25
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	30
3.1 MAPA DE DECLIVIDADE.....	31
3.2 MAPA TIPOS DE SOLOS.....	32
3.3 MAPAS DE GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	32
3.4 MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA.....	33
3.5 MAPA DE FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ.....	34
4. UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ.....	35
4.1 USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ.....	44
5.FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ.....	48
5.1 POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ.....	52

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1. INTRODUÇÃO

Os processos de urbanização e industrialização impuseram uma dinâmica diferenciada nas atividades das sociedades modernas, o que ocasionou um grande desequilíbrio nas relações entre Sociedade e Natureza, e estavam associados a uma produção não planejada do espaço geográfico, ocasionando agravos significativos ao ambiente e conseqüentemente, ao ser humano. Esse aspecto reflete em como a paisagem se mostra e é confeccionada pela interação complexa dos fatores geoambientais, e partindo de uma análise geoambiental, necessariamente deve-se considerar a intrínseca conexão existente entre sociedade e natureza.

Os estudos de cunho socioambiental são importantes e necessários, pois à medida que emergem problemáticas ambientais em escala global, regional e local e seus efeitos são sentidos de forma negativa na qualidade de vida da sociedade, faz-se necessário buscar alternativas para a solução ou minimização desses problemas. As transformações desordenadas impostas à natureza pela sociedade e a dinâmica natural de seus sistemas são responsáveis pelas mudanças e ocorrências de catástrofes (ROSS, 2005).

De acordo com Spörl e Ross (2004), os estudos referentes às fragilidades dos ambientes são de suma importância ao planejamento ambiental. O conhecimento integrado dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes permitem a adoção de medidas de acordo com as características do espaço físico-territorial, dando as bases para o planejamento e gestão do território.

Para Cruz *et al* (2010) na realização de um estudo de Fragilidade Ambiental é substancial a organização dos componentes ambientais referentes a porção do espaço da bacia hidrográfica, levando em consideração os aspectos antrópicos e naturais. Demandando, assim, o conhecimento detalhado dos componentes ambientais.

A importância do conhecimento da Fragilidade Ambiental abrange, de acordo com o objetivo específico do trabalho, várias finalidades. As variáveis que a compõem podem ser sintetizadas através de mapas, que fornecem a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica que pode ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas (LEITE e ROSA, 2012).

As bacias hidrográficas apresentam-se como uma unidade de análise fundamental para os estudos ambientais, pois elas refletem espacialmente os impactos

das ações desordenadas no ambiente. Nesse sentido, a questão ambiental demanda uma abordagem integradora entre os aspectos naturais e sociais, e a bacia hidrográfica aparece com destaque no direcionamento das abordagens ambientais integradoras para o planejamento e gestão ambiental.

O desenvolvimento dos estudos de Planejamento Ambiental tendo a bacia hidrográfica como unidade de estudo busca realizar análises ambientais por meio da dinâmica dos componentes naturais e socioeconômicos em determinado recorte temporal.

De acordo com Rodriguez e Silva (2016), o Planejamento Ambiental consiste no ponto de partida das diretrizes a serem produzidas da forma e intensidade pela qual se utilizará o espaço físico-ambiental de um determinado território, constituindo-se, assim, em um processo organizado de coleta de informações, análises e reflexões sobre as potencialidades e limitações dos sistemas ambientais.

A realização de mapeamentos em bacias hidrográficas se coloca como uma grande ferramenta de Planejamento Ambiental. A elaboração de produtos cartográficos dos componentes naturais e socioeconômicos servirá como um norte para as medidas a serem tomadas. A grande vantagem dos mapas de Fragilidade Ambiental é fornecer a visualização espacial da informação.

Dessa forma, os estudos em bacias hidrográficas através das ferramentas de geotecnologias se apresentam como uma abordagem importante dentro de um conjunto de metodologias interdisciplinares para análise e avaliação de maneira integrada das ações naturais e antrópicas empreendidas sobre o ambiente.

O Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará, instituído a partir da Lei 6.381 de 2001 que cria a Política Estadual de Recursos Hídricos, divide o estado em sete Regiões Hidrográficas. A saber, são elas: Região Hidrográfica do Xingu, Região Hidrográfica do Tocantins – Araguaia, Região Hidrográfica da Calha Norte, Região Hidrográfica de Portel – Marajó, Região Hidrográfica do Tapajós, Região Hidrográfica do Baixo Amazonas e a Região Hidrográfica da Costa Atlântica – Nordeste.

A Região Hidrográfica da Costa Atlântica - Nordeste é banhada pelos rios Guamá, Capim, Piriá, Caeté e Gurupi, que servem como meio de acesso a outros municípios, assim como uma ligação entre o meio urbano e meio rural. Estes rios são de fundamental importância na economia, pois é através deles que circulam a produção transportada por barcos e canoas. Além desses rios, existem outros de menor porte

como o Itinga, Surubijú, Bananal, Marajoara, Sarapeú, Caxiú, Grande, Curi, Peritoró, Taurari, rio Ararandeuá, rios Candiru - Açú e rio Candiru - Miri, Coité, Uraim, Mãe do Rio (FANEP, 2006).

Dentre esses rios supracitados, esse trabalho objetivou realizar um estudo de Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Caeté, que está situada na região da Zona Bragantina (IBGE, 2013).

Como ferramentas metodológicas as técnicas de Geoprocessamento, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto são essenciais para a elaboração de produtos cartográficos voltados para o Planejamento Ambiental, uma vez que o uso dessas metodologias possibilita a análise das ações impostas à paisagem pelo homem em razão de sua grande capacidade de manipular e organizar dados e informações espaciais (OLIVEIRA, 2013).

Há de ressaltar a importância da utilização dessas geotecnologias nos estudos relacionados ao meio ambiente. As ferramentas de análise espacial tornaram-se fundamentais para auxiliar os estudos referentes aos fenômenos ocorridos no território. As técnicas de Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto são instrumentos que possibilitam a espacialização da informação, maior acessibilidade, precisão e velocidade na obtenção e processamento dos dados necessários às análises (SILVA e ZAIDAN, 2013).

Propõe-se a utilização dessas geotecnologias na elaboração de mapas-base tendo como unidade de análise a bacia hidrográfica para geração de um produto temático final que subsidie ações de Planejamento Ambiental. As bacias hidrográficas são comumente empregadas para a elaboração de estudos de Planejamento Ambiental (BOTELHO e SILVA, 2012).

A partir dos expostos acima, o presente trabalho tem como objetivo central elaborar o mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté como subsídio para o planejamento ambiental, o que permitirá:

A análise de forma integrada todos os geocomponentes e formas de uso e cobertura da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, bem como de suas fragilidades ambientais.

A delimitação das principais unidades geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

A identificação das potencialidades, problemas e limitações das unidades geoambientais e seus componentes na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

1.1 Localização da área de estudo

A bacia do rio Caeté localiza-se entre as coordenadas geográficas Lat. 0° 55' 30'' e Long. 46° 37' 38'' ao Norte (N); Lat. 1° 34' 05'' e Long. 46° 52' 30'' ao Sul (S); Lat. 1° 22' 13'' e Long. 46° 42' 23'' ao Leste (L) e Lat. 1° 12' 45'' e Long. 47° 07' 22'' ao Oeste (O). A bacia tem uma área de aproximadamente 2.166 km², com o seu rio principal apresentando uma extensão longitudinal de 149 km, desde sua nascente, no município de Bonito, até sua foz, nos municípios de Bragança e Augusto Corrêa, formando o complexo hidrológico da baía Caeté-Urumajó.

A bacia do rio Caeté (Figura 1, p. 17) está situada na Região do Nordeste Paraense, abrangendo sete municípios: Bonito, Santa Luzia do Pará, Ourém, Capanema, Tracuateua, Bragança e Augusto Corrêa. A maior parte da bacia abrange o município de Bragança, ocupando uma área de 1.065,22 km², ou seja, 48,52% da área total (tabela 1).

Tabela 1 – Distribuição da área dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Caeté

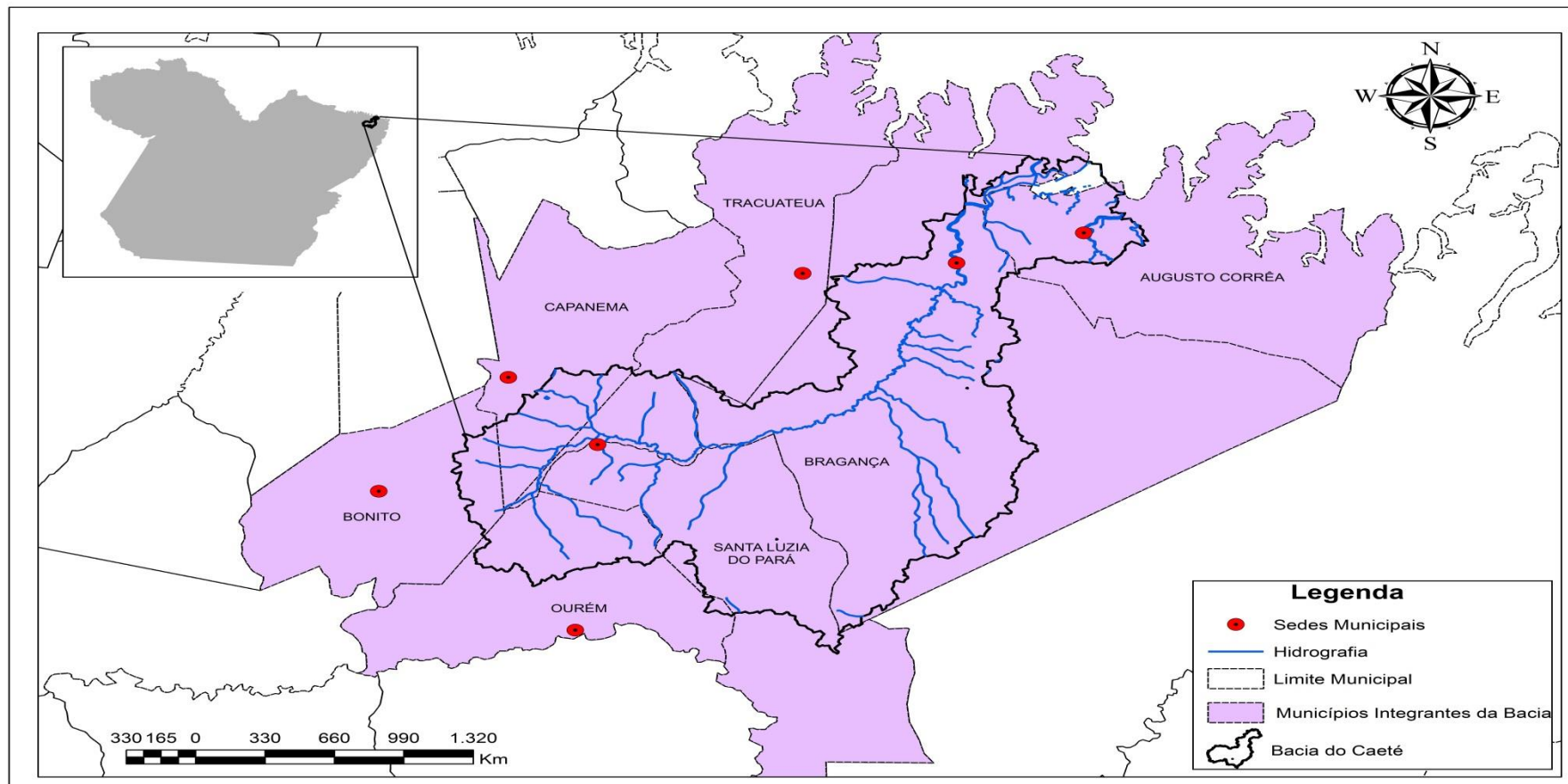
Municípios	Área (km)	Porcentagem (%)
Augusto Corrêa	151,93	6,92
Bonito	55,13	2,51
Bragança	1.065,22	48,52
Capanema	127,81	5,82
Ourém	172,89	7,87
Santa Luzia do Pará	467,54	21,30
Tracuateua	125,69	5,72
Total	2.166,21	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Geomorfologicamente, essa bacia é formada principalmente pelo planalto costeiro. E, também possui áreas de planície fluvial, estuarina e litorânea, apresentando cotas máximas de 80 metros (GORAYEB, 2008). A cobertura vegetal da região é formada por florestas secundárias (capoeiras que ocorrem sobre os planaltos costeiros) e vegetação de mangue, campos herbáceos (que ficam sobre a planície costeira) e arbustivos (SILVA, 2002). A bacia do rio Caeté se situa na faixa equatorial e apresenta um clima do tipo Af/Am de acordo com a classificação de Köppen, caracterizando um clima tropical úmido com temperatura média de 22,4° C e 31, 4° C (RODRIGUES et al.,

2001). O índice de pluviosidade gira em torno de médias de 2.384mm e amplitude térmica em torno de 5° C.

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: IBGE (2010).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.10 conceito de paisagem no contexto da ciência geográfica

O conceito de paisagem pode ser entendido a partir da delimitação de dois tempos históricos. Um a partir de meados do século XIX que vai até os anos 50 do século XX e depois dos anos 50 até os dias de hoje. Entretanto, o entendimento por paisagem é bastante anterior ao período aqui delimitado, sendo a palavra criada no período do Renascimento (SCHIER, 2003).

No século XIX o paradigma predominante nas ciências era o positivismo criado por Augusto Comte. Na Geografia não era diferente, então a compreensão do conceito de paisagem perpassa pelos critérios estabelecidos por aquele paradigma. A paisagem é abordada a partir da análise morfológica e descritiva.

Nesse primeiro momento as abordagens morfológicas da paisagem vão diferenciar-se de acordo com as perspectivas de análise, da abordagem e das orientações metodológicas das escolas de Geografia (GUERRA e MARÇAL, 2006).

A geografia alemã é pioneira nos estudos sobre a paisagem (*landschaft*) e introduziu o conceito como categoria científica. Através dos trabalhos dos naturalistas Alexander Von Humboldt e Richthofen, percebe-se a predominância das análises descritivas e regionais da paisagem. Nesse período os trabalhos são voltados para a sistematização e taxonomia. Guerra e Marçal (2006) ressaltam que os trabalhos de Von Humboldt apresentam os aspectos descritivos da vegetação, com destaque para a fisionomia do terreno, as características da vegetação e do clima. As obras de Richthofen apresentam um conjunto de informações sobre a paisagem que servem como guia de observações para o período.

De acordo com Schier (2003) essa escola, pautada na abordagem positivista, focaliza os fatores geográficos agrupados em unidades espaciais de forma mais estática diferentemente da escola francesa onde o dinamismo e o caráter processual são mais focalizados sobre o estudo da paisagem.

Na geografia francesa destacam-se, na virada para o século XX, os trabalhos de La Blache, que considera como elementos fundantes na organização e desenvolvimento dos estudos geográficos a caracterização do *pays* e regiões, os componentes da natureza e os transformados pela ação empreendida pelo homem (GUERRA e MARÇAL, 2006). O conceito de *pays* e de região são abordados na geografia francesa para o entendimento

das estruturas da natureza, sendo o conceito de paisagem pouco utilizada pelos geógrafos franceses.

O trabalho do geógrafo americano Carl Sauer *The Morphology of Landscape* surge a partir da necessidade de reflexões mais abrangentes sobre o conceito de paisagem. A paisagem é considerada como “uma área composta por associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais” onde “sua estrutura e função são determinadas por formas integrantes e dependentes” (SAUER, 1998 apud GUERRA e MARÇAL, 2006, p. 107). Nesta conceituação percebe-se a interdependência entre os elementos constituintes da paisagem, e não uma adição, sendo apreendida pela análise morfológica.

Esse período é marcado pela compreensão da paisagem através da análise morfológica e descritiva, demonstrando a herança naturalista que pauta o conceito através de sua fisionomia e funcionalidade (GUERRA e MARÇAL, 2006).

No segundo momento, o conceito de paisagem, contrapondo-se à ideia fundante da análise morfológica e descritiva que predominou no contexto anterior, aparece como uma abordagem vinculada a Teoria Geral dos Sistemas Dinâmicos onde todos os elementos sejam naturais, físicos, químicos, bióticos e antrópicos fazem parte da natureza. Guerra e Marçal (2006) explicam que os aspectos fisionômicos da paisagem passaram a exercer um papel secundário e destacaram-se as trocas de energia e matéria dentro do sistema.

De acordo com Rodriguez e Silva (2016) a noção de Paisagem tem se fundamentado teórica e metodologicamente a partir de três perspectivas, as quais estão intrinsecamente interligadas. Portanto, tomando como base a sistematização realizada pelos autores acima, o conceito de Paisagem pode ser compreendido a partir da Geocologia das Paisagens, a Teoria dos Geossistemas e a noção de Sistema Geocológico da Paisagem.

A Geocologia da Paisagem, proposta pelo geógrafo alemão Karls Troll, é uma abordagem importante para análise da paisagem, e foi inicialmente denominada de Ecologia da Paisagem. Essa abordagem dá enfoque para a interação dos padrões espaciais e os processos ecológicos, resultando na heterogeneidade espacial (SCHIER, 2003; MAXIMIANO, 2004). Para Rodriguez e Silva (2016) a Geocologia da Paisagem enfoca os complexos territoriais e naturais antropogênicos da Terra (paisagens, Geossistemas dos continentes, oceanos e mares) tanto na escala global, quanto regional

e local, com o objetivo de promover mais qualidade do meio de vida dos organismos, dos seres humanos, e dos meios de atividade socioeconômica.

Dividida nas abordagens geográfica e ecológica a Geoecologia de Paisagem é uma contribuição significativa para os estudos geográficos. Partindo da abordagem geográfica, ao qual nos interessa, a Geoecologia da Paisagem permite estabelecer os limites e potencialidades do uso econômico de cada unidade da paisagem. Um aspecto importante nessa abordagem é o estudo em grandes áreas espaciais, abordando questões em macro-escalas, tanto espaciais quanto temporais (METZGER, 2001; RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

A Geoecologia analisa as paisagens naturais e antropo-naturais com o intuito de propiciar um ambiente onde as condições de realização da vida sejam apropriadas. De acordo com Rodriguez e Silva (2016):

(...) a Geoecologia é seu próprio centrismo no ambiente, com o intuito de resolver os problemas de otimização da paisagem e o desenvolvimento de princípios e métodos de uso ambientalmente saudável dos recursos, a conservação dos biodiversidade e da geodiversidade e os valores e propriedades estruturais e funcionais seus valores recreativos e histórico-culturais, estéticos e outros, necessários a Sociedade para o Desenvolvimento Sustentável (RODRIGUEZ e SILVA, 2016, p. 83).

Metzger (2001, p. 4) em seu trabalho “*O que é ecologia de paisagens?*” propõe uma definição onde considera a paisagem como “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”.

Rodriguez e Silva (2016) explanam que a Geoecologia fundamenta-se em três pontos básicos. O primeiro refere-se a formação da natureza e seu ordenamento na superfície terrestre, em que a natureza é considerada uma organização sistêmica formada por diferentes componentes que estão interagindo entre si, com uma determinada lógica de funcionamento e estruturação. O segundo destaca as transformações estabelecidas pelas atividades humanas, criando sistemas de uso e de objetos, a partir da lógica econômica, social e política, ditando a natureza de acordo com suas necessidades. E por fim, tendo como ponto de partida as transformações realizadas pelas atividades humanas, como a sociedade compreende a natureza sob os

aspectos das representações, significados, imagens, símbolos e identidades, perpassando os fatores culturais.

Em suma, a Geocologia da Paisagem busca entender as transformações realizadas pelo homem nos sistemas ambientais, a partir do conhecimento dos componentes que formam a estruturação da superfície terrestre e de acordo com sua relação com os sistemas humanos (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

Na Teoria Geossistêmica a paisagem é abordada a partir de uma concepção sistêmica, e essa abordagem foi realizada pelo geógrafo soviético Sotchava que buscou atender uma demanda social da época (RODRIGUEZ e SILVA, 2016). Nessa perspectiva destaca-se a necessidade de entendimento da dinâmica dos elementos da natureza na sua totalidade, através de suas conexões e funcionalidades, ultrapassando os aspectos da morfologia da paisagem e às suas subdivisões (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Dessa forma, Rodriguez e Silva (2016) colocam que a formulação proposta por Sotchava partia de alguns pressupostos básicos como compreender o geossistema num caráter espacial em diversas escalas, dimensões, nos quais os elementos da natureza estão em uma interação sistêmica entre si e com os componentes sociais e econômicos.

Outra premissa pontuada é a diferenciação dos geossistemas a partir de sua dimensão. De acordo com Rodriguez e Silva (2016) a dimensão dos geossistemas é definida pelas peculiaridades da circulação de substâncias. Essas circulações apresentam uma hierarquia, dividindo-se, assim, em três ciclos de troca de substâncias: planetário, regional e topológico (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

A Teoria Geossistêmica apresenta uma grande contribuição para os estudos geográficos onde considera o Geossistema como o conjunto de fenômenos naturais, mas Sotchava expõe que se devem levar em conta também os fenômenos econômicos e sociais que influenciam sua estrutura e funcionamento (GUERRA e MARÇAL, 2006).

Seguindo a linha de abordagem da Ecologia de Paisagem de Karls Troll o geógrafo francês Bertrand (1971) apresenta, nessa abordagem sistêmica, grandes contribuições para o conceito de paisagem e propõe uma abordagem integrativa, taxonômica, tipológica e dinâmica:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo

dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1971, p. 141).

A contribuição de Bertand (1971) é bastante significativa, pois concebe a paisagem de forma integrativa, não privilegiando os aspectos naturais e nem os aspectos culturais, ou seja, a paisagem é entendida de maneira homogênea.

A interpretação atual do conceito de Paisagem está caminhando para a noção de sistema geocológico (ROMANOVA et al., 2010 apud RODRIGUEZ e SILVA, 2016). O entendimento desse sistema coloca que o complexo da paisagem em todas as suas particularidades naturais, sociais e econômicas, possui uma qualidade geocológica (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

Nessa abordagem a paisagem é compreendida pela formação de diversos subsistemas. Rodriguez e Silva (2016) explicam que o principal subsistema, definido pela sua formação temporal e a partir de seu significado, é o subsistema natural. O subsistema natural refere-se aos recursos e serviços ecossistêmicos necessários para o desenvolvimento das atividades imprescindíveis aos seres humanos e a sociedade.

Outro subsistema fundamental do sistema geocológico da paisagem é relacionado aos aspectos econômicos. O subsistema econômico encontra-se nas atividades produtivas desenvolvidas pelo homem. Este subsistema é o responsável pela utilização dos recursos e serviços ecossistêmicos da paisagem natural, a qual também será um agente de transformação, mudança e alteração (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

O subsistema social também é incluído na análise geocológica da paisagem de maneira essencial, referindo-se sobre as peculiaridades da população, responsável pela utilização dos serviços ecossistêmicos e as ações empreendidas que criam a estrutura econômica e os impactos (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

Outro subsistema que tem papel de destaque é o subsistema de gestão. Aqui pontua-se o conhecimento dos subsistemas, suas relações, e as ações de gestão adequadas. Para os autores "a qualidade das medidas de gestão cientificamente fundamentadas ou adaptadas de forma espontânea, a sua eficácia econômica e a consciência ambiental das pessoas que implementam as medidas" (RODRIGUEZ e SILVA, 2016, p. 127), estão diretamente relacionadas com os desdobramentos advindos da "assimilação da paisagem".

Perpassado o conceito de Paisagem em suas várias nuances e abordagens, o presente trabalho aproxima-se das conceituações que a compreendem como um todo

complexo sistêmico, onde os subsistemas da natureza estão interagindo entre si e com os subsistemas socioeconômicos (BERTRAND, 1971; RODRIGUEZ e SILVA, 2016; METZGER, 2001).

2.2 Sistemas de informações geográficas e geoprocessamento como instrumento de análise espacial

*“Se **onde** é importante para seu negócio, então
Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho”*
(CÂMARA et al. 2008).

As ferramentas de análise espacial tornaram-se fundamentais para auxiliar os estudos referentes aos fenômenos ocorridos no território. As técnicas de Geoprocessamento, Sistema de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto são instrumentos cada vez mais importantes nos estudos interdisciplinares, pois possibilitam a espacialização da informação, maior acessibilidade, precisão e velocidade na obtenção e processamento dos dados necessários às análises (SILVA e ZAIDAN, 2013).

2.2.1 Geoprocessamento

O conceito de Geoprocessamento pode ser entendido de acordo com a definição proposta por José Xavier da Silva a qual esta ferramenta “destina-se a tratar os problemas ambientais levando em conta a localização, a extensão e as relações espaciais dos fenômenos analisados”(SILVA, 1992, apud MOURA, 2000, p. 10), buscando analisar sua situação presente e suas dinâmicas passadas e futura.

Em uma definição complementar e abrangente sobre Geoprocessamento Silva e Zaidan (2013) explanam:

Um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre dados (que são registrados de ocorrências) georreferenciados, para transformar em informação (que é um acréscimo de conhecimento) relevante, deve necessariamente apoiar-se em estruturas de percepção ambiental que proporcionem o máximo de eficiência nesta transformação (XAVIER-DA-SILVA; ZAIDAN, 2013).

As formas de saída da informação do sistema de Geoprocessamento, através do processamento dos dados referenciados geograficamente, podem ser de várias formas desde mapas interativos, convencionais, arquivos digitais, relatórios e etc. (OLIVEIRA, 2013; SILVA e ZAIDAN, 2013).

O Geoprocessamento é considerado uma ferramenta interdisciplinar, utilizado para várias aplicações e objetivos específicos. Este sistema abrange uma gama de áreas como Fotogrametria, Cartografia, Topografia, Geodésia, Sensoriamento Remoto, Posicionamento por Satélites, etc. para alimentar o Sistema de Informação Geográfica (OLIVEIRA, 2013).

2.2.2 Sistema de Informação Geográfica

O conceito de Sistema de Informação Geográfica é comumente tratado como sinônimo do conceito de Geoprocessamento. Mas ressalta-se que são conceitos diferenciados. O conceito de Geoprocessamento é mais abrangente, o qual considera todos os tipos de processamento de dados georreferenciados, enquanto que o Sistema de Informação geográfica trata apenas de dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) consiste em manipular, editar, sintetizar, pesquisar e visualizar informações armazenadas em bancos de dados referenciados geograficamente.

Essas características que compõem os SIG são expostas por Filho e Iochpe (1996) a qual demonstram as vantagens de utilização dessas ferramentas.

Uma das vantagens dos SIG é que eles podem manipular dados gráficos e não gráficos de forma integrada, promovendo uma forma consistente para análise e consulta envolvendo dados geográficos. Pode-se permitir, por exemplo, acesso a registros de imóveis a partir de sua localização geográfica. Além disso, podem fazer conexões entre diferentes entidades, baseados no conceito de proximidade geográfica (FILHO e IOCHPE, 1996, p. 2).

De acordo com Câmara et al (2008) os SIG são utilizados para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e possibilitam a recuperação de informações através de sua localização espacial, e não somente por meio das características alfanuméricas.

As definições atribuídas sobre SIG ressaltam as múltiplas ações e visões possíveis desta tecnologia, caracterizando-se assim uma ferramenta com caráter interdisciplinar. Dessa forma, existem pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produzir mapas como suporte para análise espacial de fenômenos, e como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial (CÂMARA et al, 2008).

2.3 Planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas

Atualmente a bacia hidrográfica é um recorte de análise comumente utilizado para estabelecer ações de planejamento e gestão ambiental. Isso se deve ao fato da bacia hidrográfica expressar as relações e interações sistêmicas dos aspectos naturais e os aspectos sociais e econômicos. Conforme Rodriguez et al.(2011) entender a bacia como um sistema ambiental é expressar o caráter relacional dos diversos componentes naturais e socioeconômicos, que estão em uma interação complexa.

Frente às intervenções humanas sobre os sistemas da bacia hidrográfica, às quais ocasionaram na maioria das vezes impactos negativos, o planejamento em bacia hidrográfica, de acordo com Rodriguez et al (2011), vem conceitualmente se modificando. Passando inicialmente pela abordagem de manejo das águas, posteriormente a bacia é enfatizada a partir de uma conjunção de fatores ambientais, e recentemente o enfoque é dado em um planejamento e manejo integrado das bacias.

Em uma definição, as redes que drenam a superfície de determinada área, associadas a um rio principal que recebe contribuições pela ação da gravidade, e que delimitadas topograficamente, definindo assim essa área, caracterizam-se como uma bacia hidrográfica. Nesse sentido, existem diversas conceituações sobre bacia hidrográfica por diferentes autores, muitas das quais se assemelham e complementam.

De acordo com Tucci (2007) a bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água da chuva que converge os escoamentos para um único ponto de saída. Estas são formadas por um conjunto de superfícies vertentes e de redes de drenagem constituídas por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

A bacia hidrográfica ou bacia de drenagem é uma parte da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial. A delimitação da bacia é estabelecida pelos divisores de drenagem ou divisores de água. Em uma mesma paisagem pode haver um

número de bacias que confluem para um reservatório comum, como os oceanos ou mesmo um lago, conforme expõe Coelho Netto (2008).

Rodriguez et al. (2011) explicam que a bacia hidrográfica pode ser caracterizada pela seguinte maneira:

- É a superfície terrestre drenada por um sistema fluvial contínuo e bem definido.
- As águas escolhem outro sistema fluvial ou outros objetos hídricos.
- Seus limites estão geralmente determinados pela divisão principal, segundo o relevo.
- É o conjunto de terras drenadas por um corpo principal de águas.
- É um espaço físico-funcional.

Porto e Porto (2008) pontuam a bacia hidrográfica com um caráter sistêmico, e define-a como uma área onde se realiza os balanços de entrada da água proveniente da chuva e saída pelo exutório, possibilitando a delimitação de bacias e sub-bacias, onde a interconexão é feita pelos sistemas hídricos. Essas autoras expressam o dinamismo dos processos que envolvem a bacia hidrográfica:

Sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem as atividades humanas. Todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação fazem parte de alguma bacia hidrográfica. Pode-se dizer que, no seu exutório, estarão representados todos os processos que fazem parte do seu sistema. O que ocorre ali é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem (PORTO e PORTO, 2008, p. 45.).

A bacia hidrográfica é compreendida como uma unidade territorial mais adequada para a gestão integrada dos recursos hídricos. Conforme expõem Porto e Porto (2008), a gestão dos recursos hídricos utilizando o recorte da bacia hidrográfica ganha força no início dos anos de 1990. Nesse contexto temporal, dos Princípios de Dublin onde se dá os preparativos para a Rio-92, a gestão dos recursos hídricos é concebida de forma integrada e deve abarcar os aspectos físicos e socioeconômicos (PORTO e PORTO, 2008).

A institucionalização da bacia hidrográfica como uma unidade territorial para o planejamento e gestão ambiental no Brasil vem a partir da Lei 9.433/97 que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos.

Na bacia hidrográfica é tida a gestão integrada como diretriz geral de ação, e os instrumentos para sua efetivação são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre os recursos hídricos e a compensação aos municípios (PORTO e PORTO, 2008).

Entendida a definição de bacia hidrográfica e sua importância como unidade para ações de planejamento e gestão ambiental, faz-se necessário pontuar que os termos planejamento e gestão não são sinônimos. Estes últimos se diferenciam conceitualmente, porém estão interligados, complementados.

Souza (2006) compreende que as atividades de planejamento estão ligadas a gestão do futuro, na busca de evitar ou minimizar determinados problemas, na possibilidade de ampliar as margens de manobra. Já a gestão é considerada como os processos presentes, a administração das condições e dos resultados que foram desenvolvidos pelo planejamento pretérito. Nesse sentido, entende-se a complementaridade dos conceitos de planejamento e gestão, diferenciando-se na escala temporal de atuação.

Para Botelho (1999 apud DIBIESO e LEAL, 2006) o planejamento ambiental consiste em um projeto de determinada área que leve em consideração os aspectos físico-naturais e socioeconômicos com o intuito de aferir o potencial de uso do território e dos recursos naturais.

Santos (2004, p. 28) entende que o planejamento ambiental tem como finalidade conciliar o desenvolvimento harmônico de uma região com a qualidade ambiental dos componentes naturais e sociais, a partir de ações adequadas pautadas pelas características locais e seu suporte de capacidade. A autora enfatiza que o planejamento ambiental trabalha sob “a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando ocupações, ações e atividades, de acordo com essas características”.

Rodriguez et al. (2011; 2016) consideram o Planejamento Ambiental a partir dos seguintes pontos:

- Um instrumento da Política Ambiental, em consonância com o modelo e estilo de desenvolvimento adotado.
- Um suporte articulado ao processo de tomada de decisões.
- Um exercício técnico-intelectual, voltado para traçar as diretrizes e programar o uso do território, dos espaços, das paisagens e das características da gestão ambiental.

- Um rumo para adequar as ações e intervenções dos governos e dos agentes econômicos e atores sociais, aos sistemas naturais.

Contudo, as ações de planejamento ambiental buscam otimizar a organização dos sistemas ambientais a partir de tomadas de decisões adequadas com as características locais da bacia hidrográfica.

Analisando a literatura sobre o conceito de gestão ambiental, Rodriguez e Silva (2016) explicam que a gestão ambiental pode ser definida a partir de três pontos, os quais não estão desvinculados um do outro.

O primeiro ponto entende, de maneira ampla e geral, a gestão ambiental como a administração, controle e as explorações ambientais e territoriais, praticada através de instrumentos, regulamentos, normas e arranjos institucionais e legais, pelos sujeitos econômicos e sociais (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

O segundo viés, encontrado também dentro do exposto acima, considera a gestão ambiental como um instrumento dos sujeitos sociais e como ponto de orientação das direções a serem tomadas sobre o meio natural e construído (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

E por último, a gestão ambiental é entendida como a conjunção do planejamento, monitoramento, licenciamento, fiscalização e administração. Têm-se, nesse sentido, o objetivo de cumprimento, através de diversos instrumentos, das normas de qualidade ambiental e a interiorização dos aspectos ambientais na dinâmica econômica e social (RODRIGUEZ e SILVA, 2016).

De acordo com Rodriguez et al. (2011) a gestão ambiental advém de todo um processo de planejamento, em que aquela se definiria como um processo de uso, administração e aproveitamento dos recursos e serviços dos espaços que integram uma bacia hidrográfica.

Santos (2004) considera que a compreensão de gestão ambiental deve partir de uma integração entre o planejamento, o gerenciamento e a política ambiental. Com isso, a gestão ambiental em bacias hidrográficas tem como objetivo gerir, administrar, manejar as atividades de uso e suas potencialidades ambientais de acordo com suas características locais.

Apesar de uma literatura vasta defendendo a bacia hidrográfica como unidade territorial para as ações de planejamento e gestão ambiental, algumas limitações atravessam a prática efetiva das atividades de planejamento e gestão.

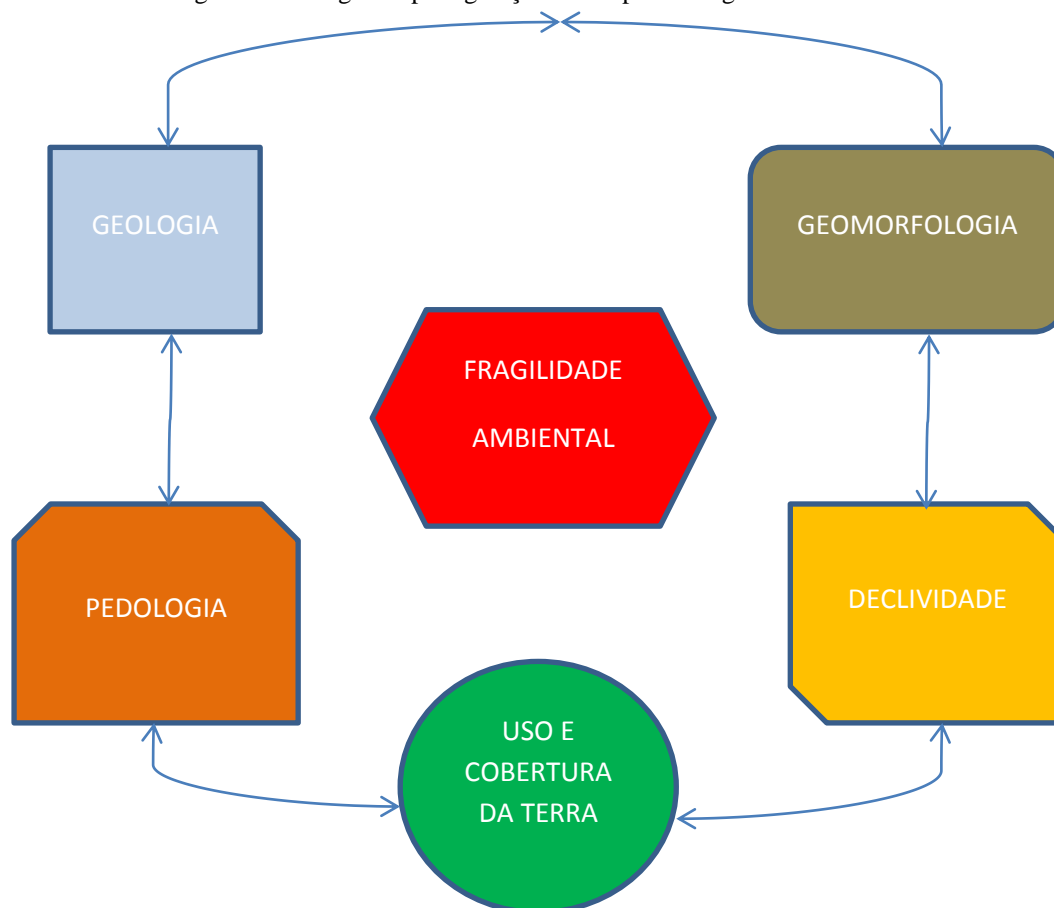
Um dos principais entraves para as ações de planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas são as suas expressões espaciais. É comum encontrar bacias hidrográficas em que seus limites estejam dentro de mais de um município, Estado ou País. Os limites naturais das bacias hidrográficas na maioria das vezes não coincidem com os limites políticos-administrativos.

Desta forma, o processo intelectual e técnico na elaboração dos planos e manejos das bacias hidrográficas deve considerar essas limitações, e buscar a atuação de todos os atores sociais envolvidos na área da bacia hidrográfica.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo proposta como unidade de análise para empregar as ferramentas de análise da Fragilidade Ambiental foi a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, localizada na região Nordeste Paraense. Os passos a seguir correspondem à metodologia utilizada para elaboração do trabalho.

Figura 2: Fluxograma para geração do Mapa de Fragilidade Ambiental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O fluxograma da figura 2 apresenta as variáveis geoambientais utilizadas para a geração do mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia hidrográfica do Rio Caeté. A escolha das variáveis geoambientais foi estabelecida de acordo com a proposta metodológica de Crepani et al. (2001). As etapas metodológicas utilizadas para a confecção dos mapas temáticos de cada variável geoambiental são detalhadas posteriormente de forma individual.

A execução do presente trabalho contou com o levantamento bibliográfico de autores como Crepani et al. (2001), Ross (1994), Cruz et al. (2010), para o estudo da

Fragilidade Ambiental e de autores como Rodriguez e Silva (2016), Porto e Porto (2008), para dar bases aos estudos de planejamento e gestão ambiental em bacias hidrográficas, bem como para ação reflexivo-analítica do problema em questão.

Realizou-se então a obtenção e sistematização dos dados e informações geográficas. A sistematização do banco de dados geográficos foi realizada nos softwares SPRING 5.2.6.1 e ArcGIS 10.1, considerando o sistema de projeção SIRGAS 2000. Para o processamento do Mapa de Uso da Terra foram utilizadas imagens *Landsat 7*, órbita-ponto 222/61 bandas ETM 3, 4 e 5. As aquisições dos dados para geração do produto temático de Geomorfologia e Geologia foram obtidas a partir de mapas digitais do Ministério do Meio Ambiente (2010). A delimitação da bacia hidrográfica do Rio Caeté foi realizada a partir do processamento das imagens SRTM (OLIVEIRA, 2011).

3.1 Mapa de Declividade

O mapa de declividade foi elaborado por meio do software ArcGis 10.1 através da ferramenta *Project Raster* para reprojeter no formato UTM, visto que é necessário que as unidades estejam em metros para que o programa possa realizar o cálculo para medição da declividade da feição. Logo após aplicou-se o recurso *Fill* que realiza algumas correções de pequenas imperfeições nos dados *Raster* e, por fim, foi realizado o procedimento *Slope* (declividade), que gerou o arquivo de declividade, com isso foram definidas as classes de declividade.

A tabela 2, a seguir apresenta as classes de declividade geradas para a bacia do rio Caeté e a atribuição dos valores de fragilidade para cada classe. Os valores utilizados foram de acordo com os estabelecidos por Oliveira et al. (2011), que adaptaram da proposta metodológica desenvolvida por Crepani et al. (2001).

Tabela 2 – Valores de Fragilidade de acordo com a declividade.

DECLIVIDADE	VALORES DE FRAGILIDADE
0 -3,5	1,0
3,51 – 5,8	1,1
5,81 – 8,2	1,2
8,21 – 10,3	1,3
10,31 – 12,9	1,4

12,91 – 15,1	1,5
15,11 – 17,4	1,6
17,41 – 18,4	1,7

Fonte: Adaptada Crepani et al (2001) e Oliveira et al (2011).

3.2 Mapa de Tipos de Solos

Na formulação do mapa de tipos de solo realizou-se a plotagem do arquivo e posteriormente o recorte na área da bacia hidrográfica do rio Caeté, definindo-se a simbologia de acordo com o solo.

A tabela 3 apresenta os valores de fragilidade de acordo com os tipos de solos pertencentes à bacia do rio Caeté. A determinação das classes de Fragilidade Ambiental seguiram os critérios adaptados pela metodologia proposta por Crepani et al(2001).

Tabela 3 – Valores de Fragilidade de acordo com o Tipo de Solo.

TIPOS DE SOLO	VALORES DE FRAGILIDADE
LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO	1,0
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO	1,0
GLEISSOLO HÁPLICO Ta EUTRÓFICO	3,0
GLEISSOLO TIOMÓRFICO ÓRTICO	3,0

Fonte: Adaptada Crepani et al (2001).

3.3 Mapas de Geologia e Geomorfologia

Os mapas de geologia e geomorfologia da área de estudo foram confeccionados a partir dos dados estabelecidos pelo MMA (2010). Esses aspectos foram adaptados de acordo com a escala e a delimitação da bacia hidrográfica do Rio Caeté. As tabelas 4 e 5 são referentes aos valores de Fragilidade Ambiental de geologia e geomorfologia, respectivamente.

Tabela 4 – Valores de Fragilidade de acordo com a Geologia

GEOLOGIA	VALORES DE FRAGILIDADE
DEPOSITOS FLUVIOMARINHOS E MARINHOS	3,0
FORMAÇÃO GURUPI	1,5
FORMAÇÃO PIRABAS	3,0
FORMAÇÃO SANTA LUZIA	1,5

GRUPO BARREIRAS	1,5
GRUPO TROMAI	1,5

Fonte: Adaptada Crepani et al (2001) e Oliveira (2011).

Tabela 5 – Valores de Fragilidade de acordo com a Geomorfologia.

GEOMORFOLOGIA	VALORES DE FRAGILIDADE
Acumulação Fluvio Marinha	3,0
Dissecação Convexa	1,5

Fonte: Adaptada Crepani et al (2001) e Oliveira (2011).

3.4 Mapa de Uso e Cobertura da Terra

O mapa de uso e cobertura da terra da bacia do rio Caeté foi confeccionado a partir do levantamento do programa *TerraClass* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do ano de 2014.

As informações de uso e cobertura da terra de algumas partes da região do Nordeste Paraense são bastantes precárias devido ao elevado índice de nuvens, dificultando, assim, o mapeamento das classes temáticas da área. Dessa forma, o presente trabalho também perpassou tal obstáculo, onde o grau de detalhamento do uso e cobertura da terra da bacia do rio Caeté é bem abaixo do desejável. Entretanto, a variável da componente de uso e cobertura da terra é de suma importância para completude dos estudos geoambientais, portanto, faz-se necessário a utilização das informações disponíveis, mesmo em seu âmbito incompleto.

Entretanto, utilizou-se uma imagem *Landsat 7* do ano de 2014, órbita-ponto 222/61 bandas ETM 3, 4 e 5, para minimizar as ausências de informações da área a partir da vetorização de polígonos das classes temáticas da bacia do rio Caeté.

A tabela 6 a seguir apresenta as classes temáticas de uso e cobertura da terra da bacia do rio Caeté, e seus respectivos valores de Fragilidade Ambiental.

Tabela 6 – Valores de Fragilidade de acordo com o uso e cobertura da terra.

USO E COBERTURA	VALORES DE FRAGILIDADE
Agricultura Anual	2,5
Área Urbana	3,0
Floresta	1,0
Pasto com Solo Exposto	3,0
Pasto Limpo	2,0

Pasto Sujo	2,5
Vegetação Secundária	1,5

Fonte: Adaptada Crepani et al (2001) e Oliveira (2011).

3.5 Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté

A elaboração do produto cartográfico da Fragilidade Ambiental da bacia do rio Caeté foi apoiada na proposta metodológica de Crepani et al. (2001) e Ross (1994), onde os mapas digitais das unidades geoambientais da paisagem selecionadas foram convertidos para o formato *Raster* no *software* ArcGIS 10 o qual promoveu a criação de *grids* para cada unidade. A partir disso, os *grids* foram reclassificados na ferramenta *Reclassify* para os valores entre 1 a 3.

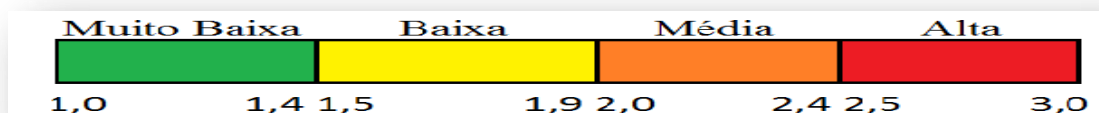
Nesse sentido, utilizou-se o método de Álgebra de Mapas em que os *grids* das unidades geoambientais foram processados a partir da média aritmética expressada pela formula abaixo.

$$F = \frac{(G+R+S+UCT+D)}{5}$$

Onde: F= Fragilidade; G= Geologia; R= Geomorfologia; UCT= Uso e Cobertura da Terra; D= Declividade.

Com o processamento do mapa de Fragilidade Ambiental finalizado, a etapa seguinte foi definir os níveis de fragilidade da bacia do rio Caeté. Os níveis de Fragilidade Ambiental foram definidos de acordo com a figura 3.

Figura 3 – Níveis de Fragilidade Ambiental



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O nível de Fragilidade Ambiental Muito Baixa corresponde aos valores entre 1,0 a 1,4, o nível de Fragilidade Ambiental Baixa varia entre 1,5 e 1,9, o nível de

Fragilidade Ambiental Média está situada entre 2,0 a 2,4, e o nível de Fragilidade Ambiental Alta está entre 2,5 e 3,0.

4.UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ

Os estudos geoambientais cada vez mais buscam dar respostas para as problemáticas socioambientais. A análise geoambiental através do entendimento dos componentes geocológicos das paisagens procura estabelecer medidas que minimizem ou mitiguem os impactos ambientais.

Dentre as tarefas da análise geoambiental o mapeamento é um processo de suma importância que objetiva delimitar determinada área em unidades, de acordo com os seus aspectos e atributos. Para Trentin e Robaina (2012, p. 38) as unidades geoambientais são “áreas com heterogeneidade mínima quanto aos parâmetros e, em compartimentos com respostas semelhantes frente aos processos de dinâmica superficial”.

Os componentes geocológicos da bacia do rio Caeté utilizados para a geração do mapa de Fragilidade Ambiental foram: Declividade, Pedologia, Geologia e Geomorfologia e Uso e Cobertura da Terra.

A utilização do mapa de declividade para o estudo de Fragilidade Ambiental se deve ao fato da estreita relação entre o uso da terra e as características geomorfológicas locais com as classes de declividade. Essa variável é de suma importância para a avaliação das limitações e potencialidades do uso da terra (SPORL, 2001).

O mapeamento das unidades pedológicas abrange diversos objetivos. Neste estudo pretendeu-se delimitar as unidades geoambientais para avaliar seu grau de fragilidade.

O levantamento das unidades geológicas também é fundamental para avaliar o grau de fragilidade de cada unidade geoambiental presente na bacia do rio Caeté, visto que estas unidades dão bases para a análise das feições geomorfológicas e a compreensão dos tipos de solos que ocorrem em cada formação geológica (ROSS, 1994).

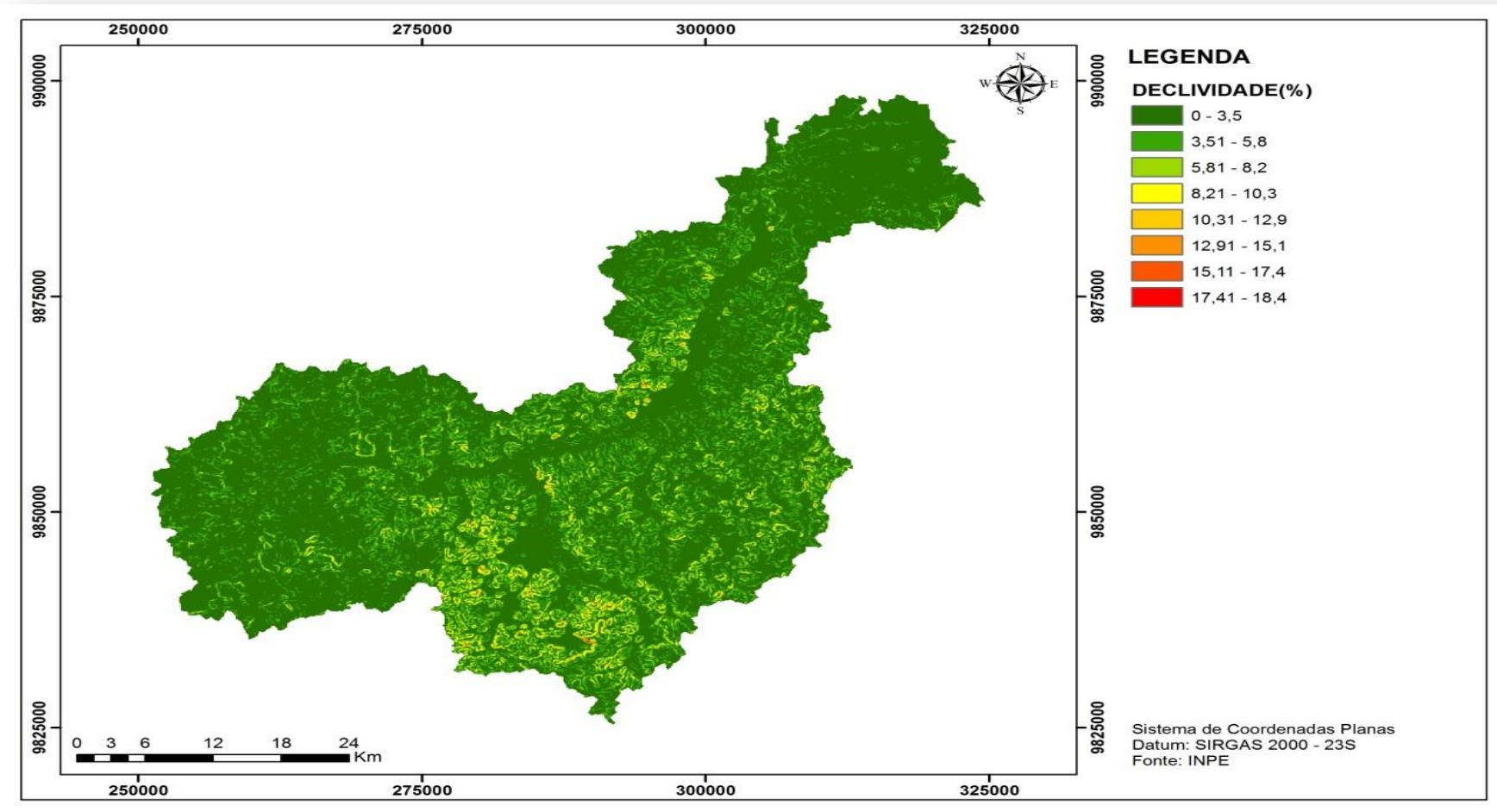
O mapeamento das unidades geomorfológicas, assim como os demais componentes geocológicos, também é de suma importância para avaliar a fragilidade

ambiental da bacia hidrográfica do rio Caeté. Essas unidades estabelecem subsídios para avaliar a potencialidade dos usos da terra e das fragilidades dos ambientes em função dos usos atuais e futuros (ROSS, 1994).

A seguir apresentam-se todos os mapas temáticos das unidades geoambientais da paisagem selecionados para compor a confecção do produto cartográfico síntese da Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Caeté.

O mapa da figura 4 (p. 37) apresenta as classes de declividade da bacia do rio Caeté onde predomina um relevo plano caracterizado por preponderar áreas de declive de 0 a 10,3%, com a presença bem reduzida de áreas com valores maiores de declive que 10,4%.

Figura 4 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

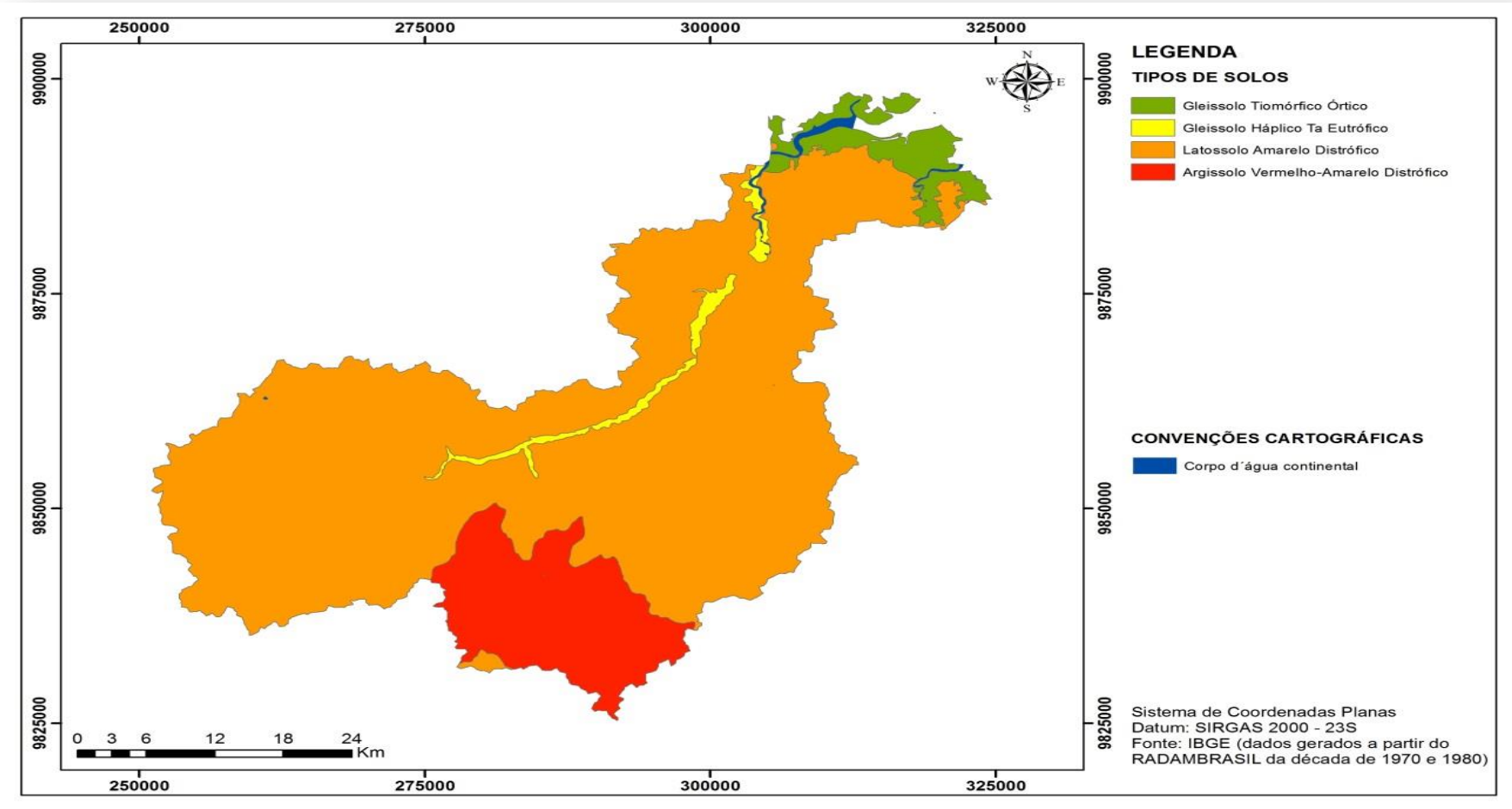
O mapa da figura 5 (p. 39) corresponde aos tipos de solos presentes na bacia hidrográfica do rio Caeté. Silva (2011) explica que a formação dos solos resulta a partir da alteração dos processos físicos e químicos dos minerais que formam as rochas. Os fatores que atuam para a formação dos solos são: o clima, organismos, materiais de origem, relevo e o tempo. A interação desses fatores é que proporciona o surgimento dos solos com características diversas e diferentes graus de evolução.

A classe *Latosolo Amarelo* Distrófico é predominante na área da bacia, compreendendo com aproximadamente 79,7% da área total, como demonstra a figura 6 (p. 40). O *Latosolo Amarelo* é oriundo de material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura. O *Latosolo Amarelo* Distrófico são solos com saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2006).

Os *Argissolos* são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B. A fase *Argissolo Vermelho-Amarelo*, abarcando cerca de 13,10% da área total da bacia, é um tipo de solo de cores vermelho-amareladas e amarelo-avermelhadas que não se enquadram nas demais classes de *Argissolos* (EMBRAPA, 2006).

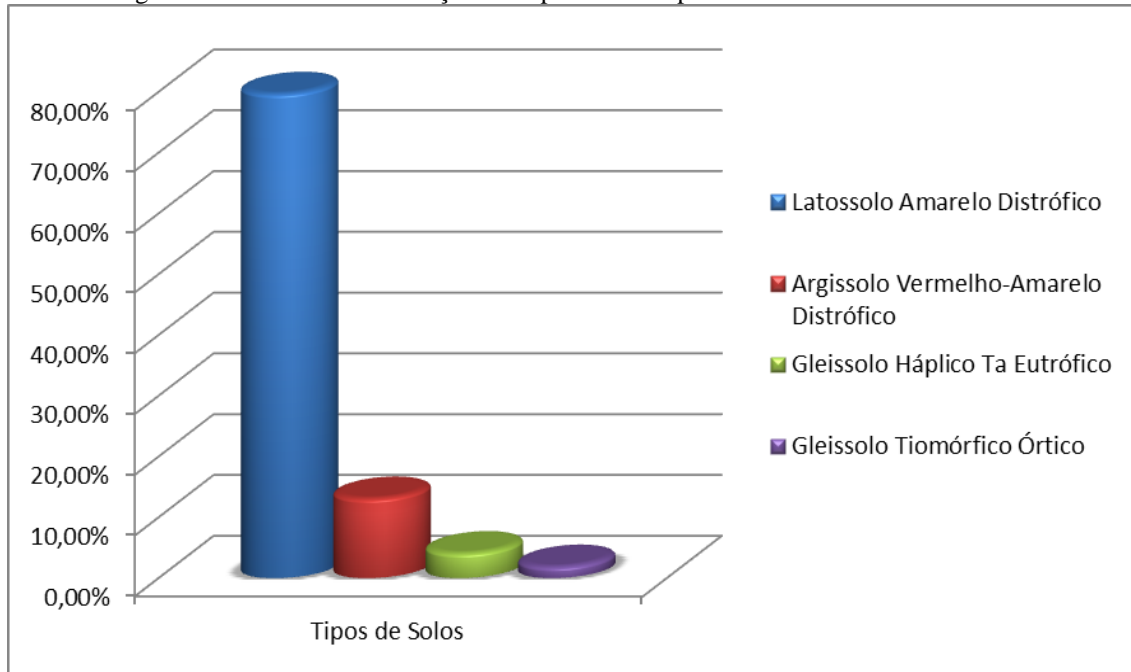
Os *Gleissolos* são caracterizados por suas classes estarem permanente ou periodicamente saturados por água, e são constituídos por material mineral com horizonte *glei* iniciando-se dentro dos primeiros 150cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E (EMBRAPA, 2006). As classes presentes na bacia do rio Caeté são Gleissolo Háptico Ta Eutrófico abrange aproximadamente 4,12% da área total, e a classe Gleissolo Tiomórfico Órtico compreende aproximadamente 1,9%.

Figura 5 – Mapa de Tipos de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 6 – Gráfico da distribuição dos tipos de solos pertencentes à bacia do rio Caeté.



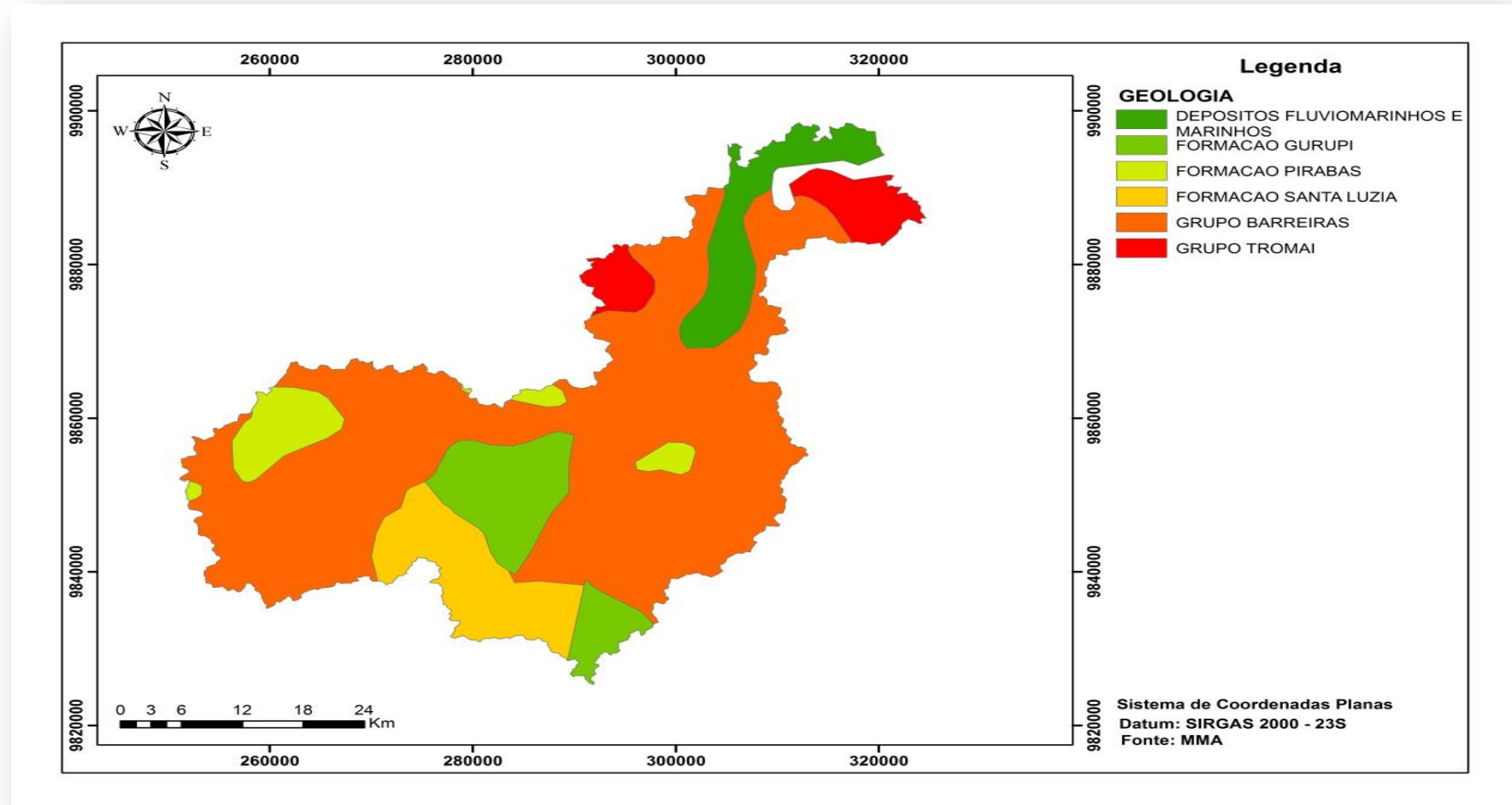
Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa da figura 7 (p. 41) apresenta a Geologia da bacia hidrográfica do rio Caeté. Percebe-se que a unidade do Grupo Barreiras é predominante na área da bacia, como mostra o gráfico da figura 8 (p. 42), compreendendo com aproximadamente 62,5% da área total. O grupo Barreiras é oriundo da divisão da Formação Barreiras que predomina na região do nordeste paraense. Esse grupo é caracterizado pela constituição de camadas argilosas, arenoargilosas, argiloarenosas e arenosas.

A Formação Gurupi é a unidade referente aos sedimentos metamórficos, ou seja, de origem metassedimentar como os filitos, ardósias, micaxistos, quartzitos e veios de quartzo, sendo a segunda maior unidade presente na área total da bacia do rio Caeté com cerca de 9,6%. Em seguida, A Formação Santa Luzia abrange aproximadamente 9,3% da área total. Essa unidade é caracterizada por apresentar depósitos de origem vulcano sedimentar como biotita xisto, muscovita xisto, xistos granatíferos, estauroлита xistos e xistos grafitosos.

A unidade Depósitos Fluvio-marinhos e Marinhos, de origem sedimentar como areias e cascalhos, compreende aproximadamente 7% da bacia. A unidade do Grupo Tromai, de origem geológica vulcano plutonismo, tendo como exemplo as rochas tonalíticas, somou-se cerca de 5,3% da área total.

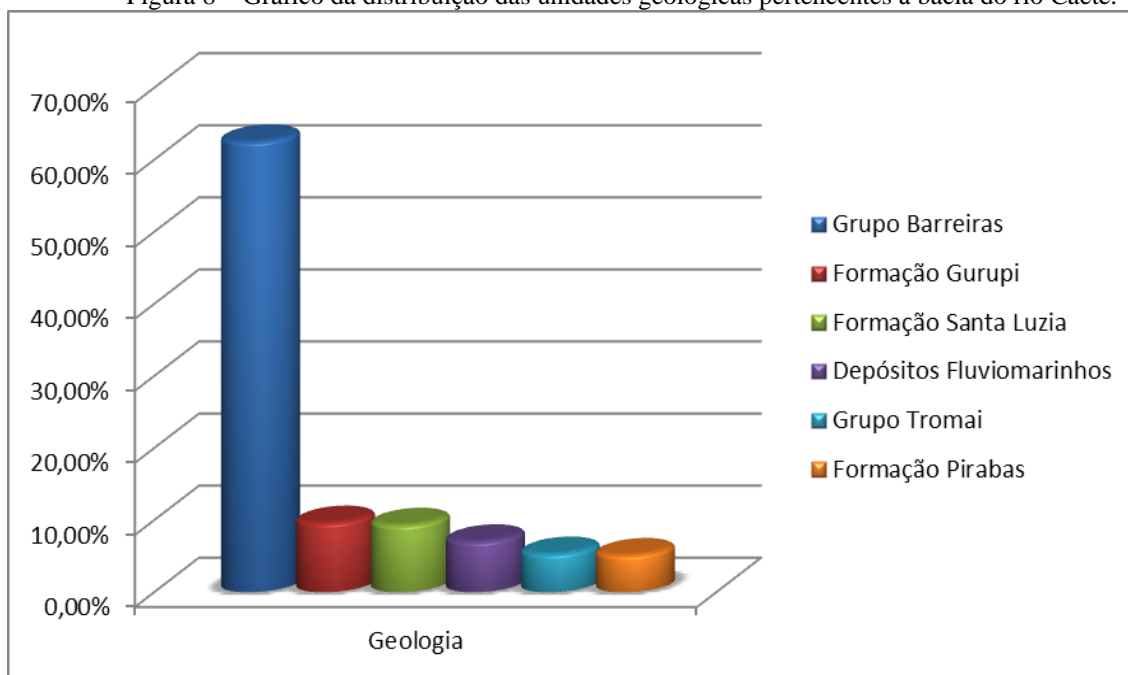
Figura 7 – Mapa de Geologia da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

E por último, a unidade Formação Pirabas que corresponde a 5,1% da bacia do rio Caeté, é caracterizada por evidenciar um padrão geral progradacional do arranjo dos depósitos. As litologias desses depósitos estão relacionadas às gradações laterais e verticais, vinculadas a outros depósitos de sistemas estuarinos como delta de maré, baía/laguna estuarina, planície de maré e mangue (TÁVORA et al., 2010).

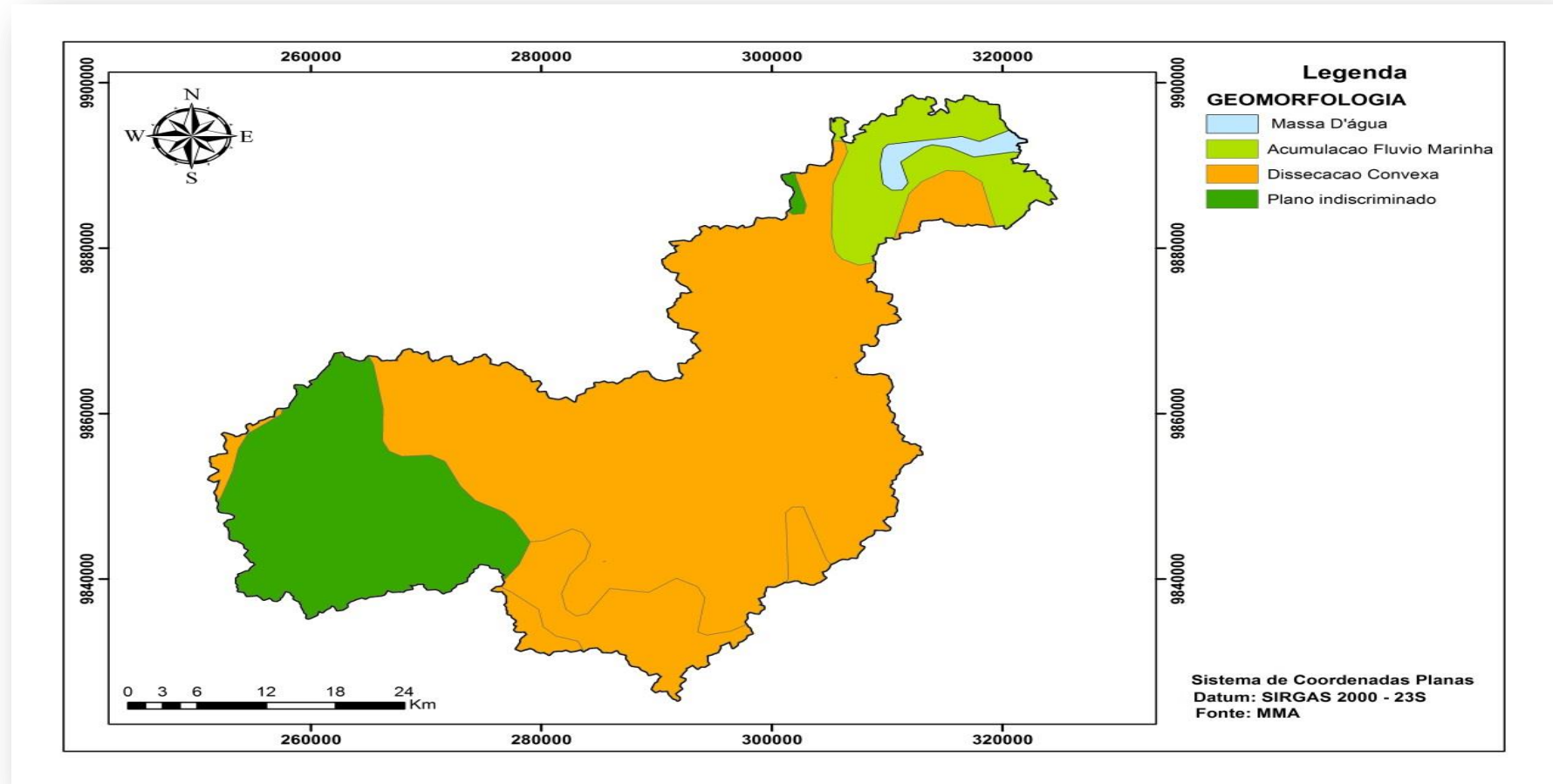
Figura 8 – Gráfico da distribuição das unidades geológicas pertencentes à bacia do rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

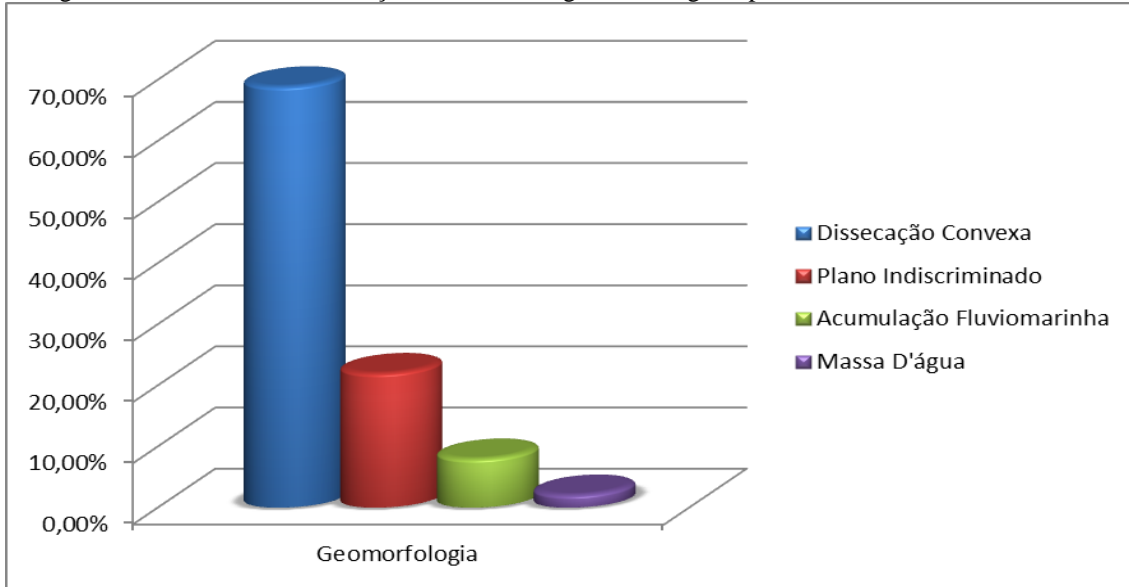
O mapa da figura 9 (p. 43) representa a Geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Caeté. Percebe-se que a classe Dissecação Convexa é predominante na área da bacia, compreendendo com aproximadamente 68,9% da área total. A classe Plano Indiscriminado vem logo em seguida abarcando com cerca de 22% da área total da bacia. A classe Acumulação Fluviomarinha abrange aproximadamente 8% da área total. Esses valores são representados no gráfico da figura 10 (p. 44).

Figura 9 – Mapa de Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 10 – Gráfico da distribuição das unidades geomorfológicas pertencentes à bacia do rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.1 Uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio caeté

A aplicação dos conceitos de Uso e Cobertura da Terra são, em muitos casos, utilizados sem diferenciação, causando certa confusão na compreensão dos conceitos. Devemos primeiramente ressaltar que são conceitos distintos, e que por suas íntimas relações acabam, de maneira equivocada, em apenas um conceito.

As ações antrópicas impostas à paisagem denunciam a forma como está sendo utilizada aquela determinada porção do espaço, logo o conceito de Uso da Terra refere-se ao modo como o homem está usando aquele espaço. O conceito de Cobertura da Terra está relacionado aos aspectos de revestimento da superfície, podendo ser estes naturais ou artificiais. Para Novo (2010, p.) o “termo Uso da Terra refere-se a utilização CULTURAL da terra, enquanto que o termo Cobertura da Terra refere-se ao seu REVESTIMENTO”.

A importância do conhecimento do Uso e Cobertura da Terra abrange, de acordo com o objetivo específico do trabalho, várias finalidades. Para Leite et al (2012) o Uso e Cobertura da Terra podem ser sintetizados através de mapas, que fornecem a distribuição espacial da tipologia da ação antrópica podendo ser identificada pelos seus padrões homogêneos característicos na superfície terrestre através de análise em imagens remotamente sensoriadas.

Nesse sentido, as informações extraídas do Uso e Cobertura da Terra são fundamentais para orientar as ações de planejamento nos padrões de organização do espaço utilizado pelo homem:

O estudo do uso e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categoria de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. (ROSA, 2007, p. 163 apud LEITE et al., 2007, p. 92).

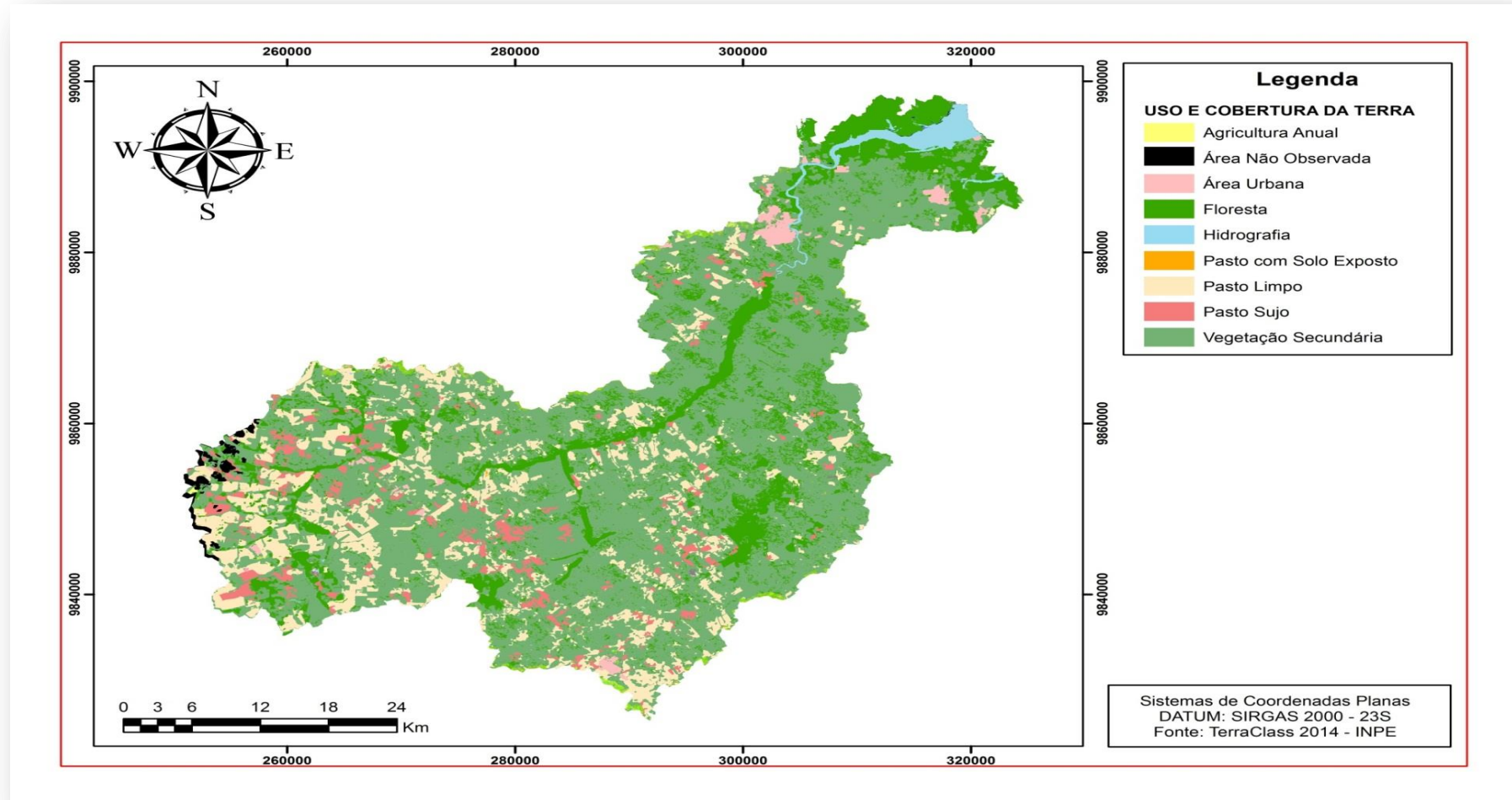
De acordo com o Manual Técnico De Uso Da Terra do IBGE (2013) o levantamento sobre o Uso e Cobertura da Terra envolve análises e mapeamentos, sendo de grande contribuição para o conhecimento atualizado das formas de uso e ocupação do espaço, caracterizando-se como uma importante ferramenta para o planejamento e de orientação de tomada de decisões.

No contexto das mudanças globais, os levantamentos de Uso e Cobertura da Terra fornecem subsídios para as análises e avaliações dos impactos ambientais, como os provenientes de desmatamentos, da perda da biodiversidade, das mudanças climáticas, das doenças recorrentes, ou, ainda, os inúmeros impactos gerados pelos altos índices de urbanização e pelas transformações rurais que se cristalizam em um grande contingente de população sem emprego, vivendo nos limites das condições de sobrevivência (IBGE, 2013, p. 37).

Adami et al (2015) explanam que o processo de mudança de Uso e Cobertura da Terra estão intrinsecamente relacionados as transformações do albedo terrestre, a composição química da atmosfera e os ciclos biogeoquímicos, modificando o balanço energético e influenciando o clima, assim compondo a agenda das pesquisas globais de meio ambiente.

O mapeamento do uso e cobertura da terra da bacia do rio Caeté apresenta uma série de dificuldades de informação devido ao elevado índice de nuvens na região do Nordeste Paraense. Contudo, a figura 11 (p. 46) abaixo apresenta o mapa com as classes temáticas extraídas do projeto *TerraClass* da área de estudo.

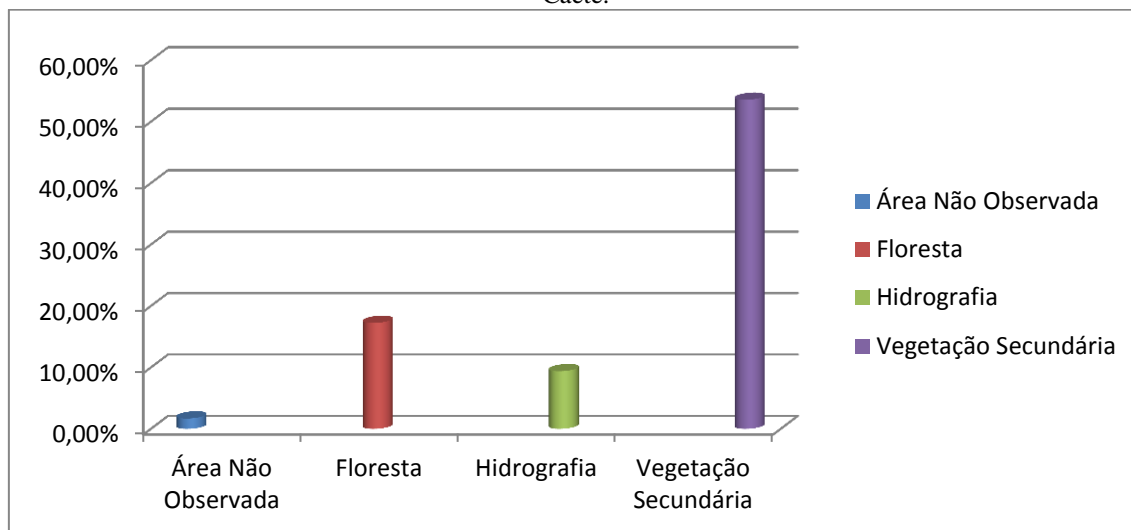
Figura 11 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A classe de Floresta remete as áreas florestais primárias que não sofreram processo de interferência, ou seja, as áreas não modificadas (TERRACLASS, 2008). As florestas foram responsáveis por ocupar 17,24% da área total da bacia do rio Caeté, conforme exposto no gráfico da figura 12 abaixo, que demonstra a distribuição da cobertura da terra.

Figura 12 – Gráfico da distribuição das classes de cobertura da terra pertencentes à bacia do rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

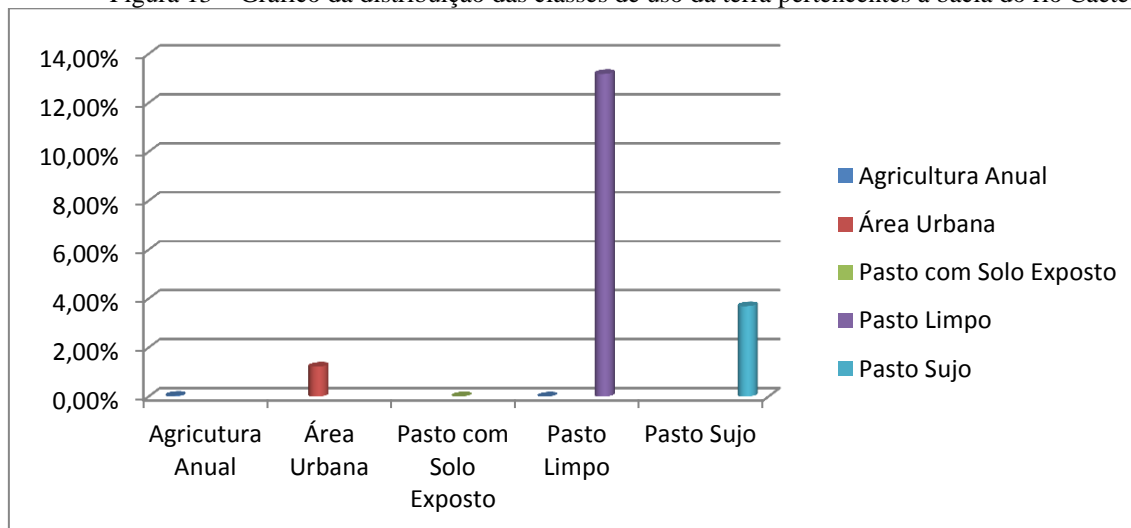
A classe de Vegetação Secundária tem como conceituação as áreas que tiveram a supressão da vegetação florestal e encontra-se em etapa avançada de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea (TERRACLASS, 2008). Estas áreas que tiveram o ambiente modificado apresentam o maior predomínio dentre as demais classes temáticas na bacia do rio Caeté com o equivalente de 53,56% do total.

As Áreas Não Observadas é a classe temática onde não foi possível identificar os alvos na imagem de satélite pela presença de nuvens ou sombra de nuvens (TERRACLASS, 2008). Essa classe corresponde por 1,69% da bacia hidrográfica do rio Caeté.

A definição da classe de Pasto Limpo está relacionada às áreas de pastagem em processo produtivo com predomínio de vegetação herbácea, e cobertura de gramíneas entre 90 e 100% e abrange 13,18% da bacia. A classe de Pasto Sujo a qual também predomina a vegetação herbácea, porém com cobertura de gramíneas entre 50 e 80%, associado à presença de vegetação arbustiva esparsa com cobertura entre 20 e 50%

envolve cerca de 3,69% da bacia hidrográfica, conforme demonstra o gráfico da figura 13 (TERRACLASS, 2008).

Figura 13 – Gráfico da distribuição das classes de uso da terra pertencentes à bacia do rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A classe de Pasto com Solo Exposto corresponde às áreas constituídas pelo superpastejo, ou seja, são aquelas que apresentam elevado grau de degradação ou a intensa circulação de animais (TERRACLASS, 2008). Esse tipo de uso da terra é pouco presente na bacia do rio Caeté com 0,01% do total.

A classe de Área Urbana é definida como manchas urbanas que concentram o contingente populacional e que possuem estruturas diferenciadas das áreas rurais como arruamentos, casas, prédios e demais equipamentos públicos (TERRACLASS, 2008). A classe compreende cerca de 1,22% da bacia hidrográfica.

A classe temática de Agricultura anual expressa às áreas com predominância de cultivos de ciclo anual, onde se tem o emprego de padrões tecnológicos elevados como mecanização, uso de sementes certificadas, agrotóxicos, etc. (TERRACLASS, 2008). Esse tipo de uso da terra é bem ínfimo na área total da bacia do rio Caeté com 0,03%.

5. FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ

O conhecimento das potencialidades e limitações dos sistemas naturais é fundamental para que as ações antrópicas empreendidas nestes estejam de acordo com suas características, dinâmicas e funcionalidades. Nesse sentido, o mapeamento da

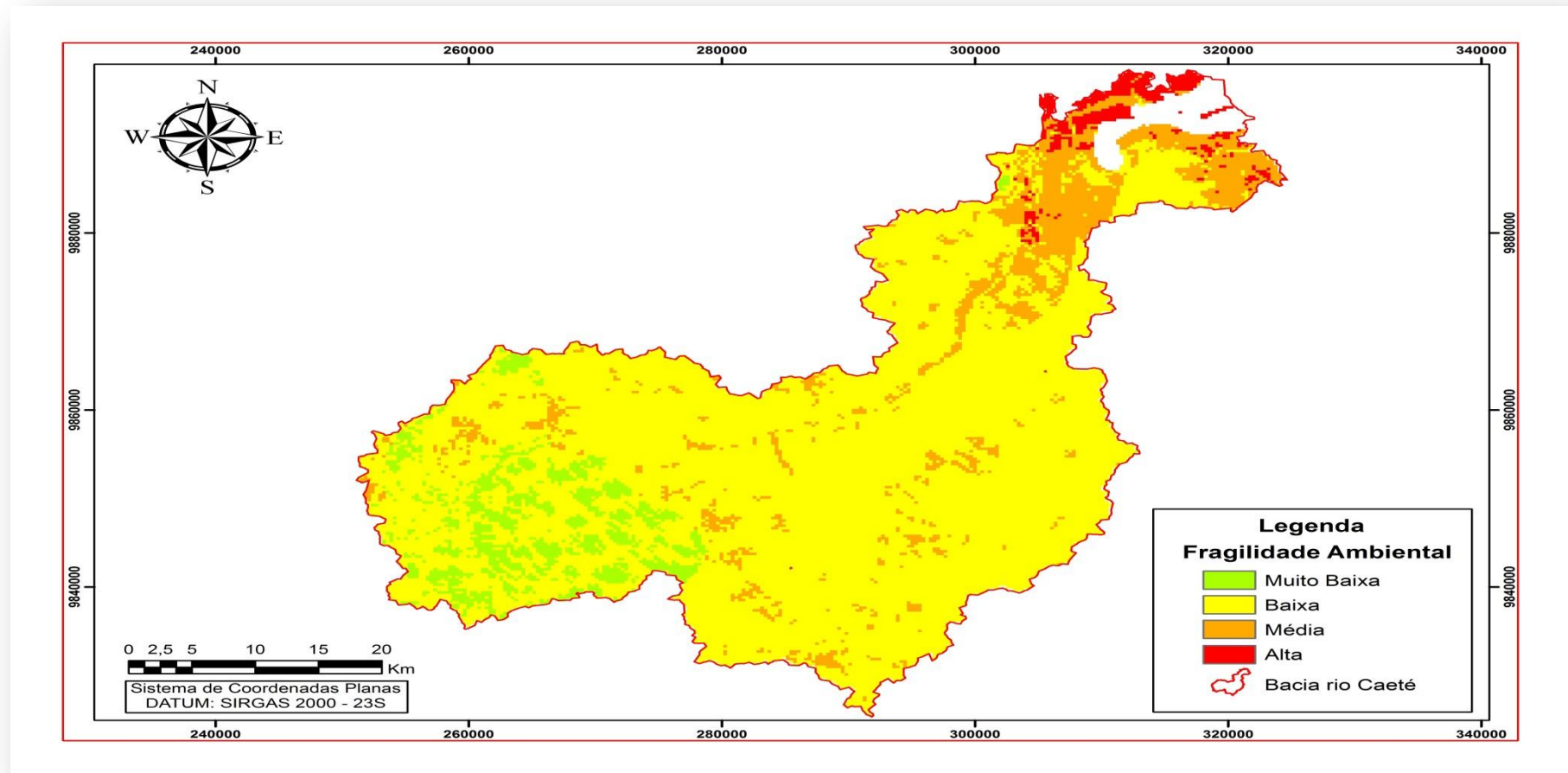
fragilidade ambiental a partir da proposta metodológica desenvolvida por autores como Crepani et al. (2001) e Ross (1994), e adaptadas por outros, é uma ferramenta bastante eficaz na identificação das áreas mais ou menos propensas aos processos dinâmicos presentes na natureza.

A identificação das áreas a partir da proposta cartográfica de estudo da fragilidade ambiental tem como ponto central informar, de forma integrada, as variáveis geoambientais da natureza (ROSS, 1994). Ainda assim, os produtos cartográficos resultantes são ótimos subsídios para as ações de gestão e planejamento:

Esses produtos analíticos e de sínteses, fazem parte da abordagem geográfica dos diagnósticos ambientais, que dão suporte para estabelecer prognósticos sócio-econômicos e ambientais. Tais prognósticos se revelam pela definição de instrumentos de gestão, tais como o estabelecimento de Zoneamento Ecológico-Econômico, legislação específica e sobretudo a determinação de diretrizes gerais e específicas que possibilitam antever e projetar Cenários Prospectivos ou Cenários Futuros (ROSS, 1994, p. 73).

Portanto, compreendida a importância dos estudos dos componentes geoambientais de maneira integrada a figura (p. 50) abaixo apresenta o mapa de Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica do rio Caeté.

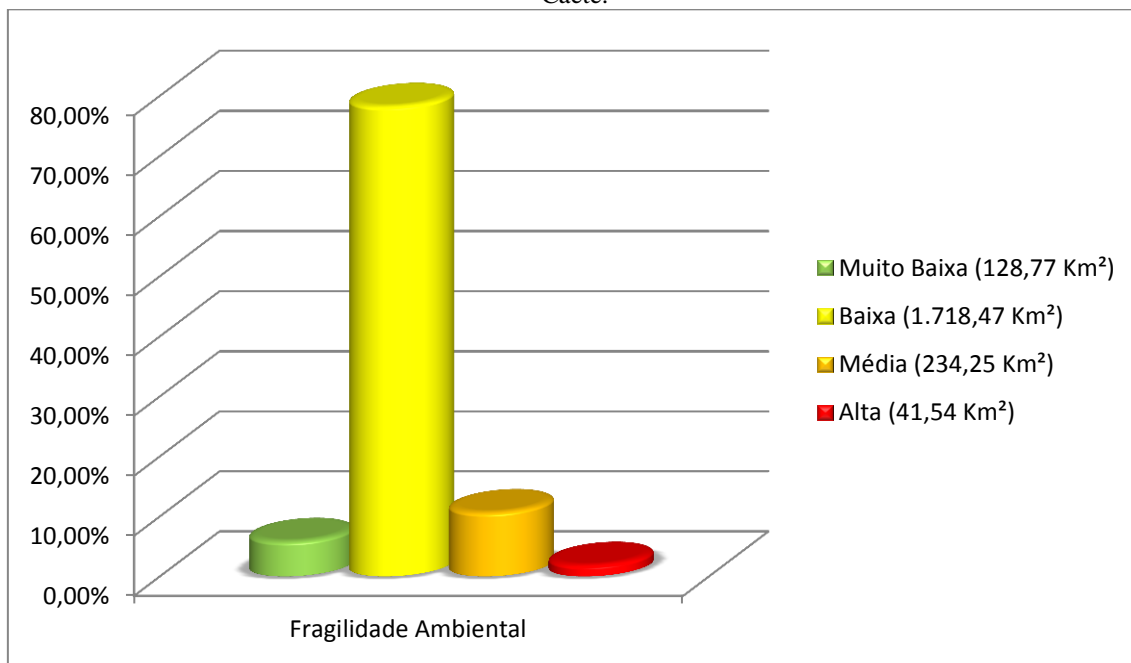
Figura 14 – Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir das informações espacializadas das componentes geoambientais da paisagem através do produto cartográfico, o mapa de Fragilidade Ambiental da bacia do rio Caeté pode fornecer subsídios para tomada de decisão no âmbito do planejamento e gestão ambiental para o território da bacia. Baseado no mapa de Fragilidade Ambiental, o gráfico abaixo apresenta a proporção das áreas da bacia hidrográfica correspondente aos níveis de fragilidade.

Figura 15 – Gráfico da distribuição dos níveis de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O nível de Fragilidade Ambiental Baixa é que predomina na bacia hidrográfica do rio Caeté abrangendo 78,25% da área total. Isso é resultante das componentes geoambientais da paisagem como Dissecação Convexa, Grupo Barreiras, Vegetação Secundária e o relevo plano, que estão mais presentes na área da bacia do rio Caeté, e possuem pouca influência na qualidade ambiental.

A Fragilidade Ambiental Média é o segundo nível mais presente na bacia do rio Caeté correspondendo 10,66% da área total. A junção das componentes geoambientais da paisagem que possuem baixos e altos valores de fragilidade como: Floresta, Acumulação Fluvio Marinha, Grupo Tromai, Gleissolo Háplico Eutrófico, foram as condicionantes para o resultado.

O nível Fragilidade Ambiental Muito Baixa se dá descontinuamente na bacia hidrográfica do rio Caeté envolvendo 5,86% da área total. Alguns fatores contribuíram

para esse resultado como a ausência de informações de uso e cobertura da terra e dados geomorfológicos. Somados a isso a presença na área de componentes geoambientais da paisagem que possuem baixas influências no grau de fragilidade favoreceram para a informação gerada.

E por último, o nível de Fragilidade Ambiental Alta teve a menor presença na área da bacia do rio Caeté correspondendo 1,88% do total. As principais condicionantes foram as componentes geoambientais da paisagem que possuem altos graus de determinação da Fragilidade Ambiental como: Acumulação Fluvio Marinha, Depósitos Fluviomarinhos e Marinhos, Gleissolo Tiomórfico Órtico.

A área da bacia que não possui informação de Fragilidade Ambiental é referente aos corpos hídricos, os quais não estavam presentes nos produtos temáticos de geologia e pedologia, sendo assim, não foram considerados no processamento do mapa de Fragilidade Ambiental da bacia do rio Caeté.

5.1 Potencialidades e Limitações da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté

O mapa de Fragilidade Ambiental da bacia do rio Caeté demonstrou que predomina um processo de Fragilidade Ambiental Baixa onde as condições naturais do ambiente juntamente com os usos da terra não provocam grandes desequilíbrios para a qualidade ambiental. Entretanto, devem-se buscar sempre condições para a melhor utilização dos recursos naturais.

As potencialidades da bacia do rio Caeté são grandes a partir do exposto no mapa de Fragilidade Ambiental, pois essas são concebidas como as condições naturais do ambiente para as ações desenvolvidas pelo homem. Pode-se desenvolver uma série de atividades, respeitando, sempre, as legislações ambientais, para o desenvolvimento econômico e socioambiental da área. Portanto, com o subsídio cartográfico, ações de planejamento e gestão, pautadas em uma concepção da Geoecologia da Paisagem, são importantes para a tomada de decisão das ações que podem ser implementadas e para o uso mais eficiente e racional dos recursos naturais.

No que concerne às limitações da bacia hidrográfica do rio Caeté, muito está atrelado às áreas com os níveis de Fragilidade Ambiental Alta, onde os sistemas naturais são mais vulneráveis a fenômenos que causem distúrbios na qualidade do ambiente. Essas áreas dizem respeito, principalmente, aos sistemas costeiros, como a vegetação de mangue, bastante presente na região. Nesse sentido, os usos da terra e

ocupação da área são bem delicados, sendo necessária uma série de ações de planejamento e gestão como Zoneamentos Geoambientais para a utilização dos recursos naturais de maneira apropriada.

A literatura referente à bacia do rio Caeté também aponta problemas como o desmatamento, o descarte inapropriado dos resíduos sólidos, a compactação do solo por atividades mecanizadas, a falta de esgotamento sanitário, a qualidade da água superficial e subterrânea fora dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira (GORAYEB, 2008), etc.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado do mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Caeté apresentou o nível bastante baixo, muito se deve aos fatores da declividade ser bem menores na área analisada, demonstrando, assim, certo equilíbrio dinâmico das componentes geoambientais da paisagem da área. Entretanto, ressalta-se a necessidade do aprofundamento *in loco* de outras variáveis socioambientais e econômicas que a metodologia utilizada não consegue contemplar para uma análise mais ampla.

A utilização da bacia hidrográfica como instrumento de análise e unidade de planejamento e gestão ambiental é de suma importância, pois esta consegue abranger os aspectos socioambientais, naturais e econômicos e todas as dinâmicas processuais, funcionais e estruturais que envolvem as unidades geoambientais da paisagem.

Os estudos ambientais a partir de uma concepção da Geoecologia da Paisagem são importantes na compreensão sistêmica dos elementos da natureza e as transformações exercidas pela atividade antrópica, estabelecendo, assim, bases sólidas para a fundamentação de ações de planejamento e gestão ambiental.

O mapeamento cartográfico da fragilidade ambiental da bacia do rio Caeté demonstra ser uma excelente ferramenta de subsídio para a tomada de decisão que busque prevenir e mitigar impactos socioambientais decorrentes da utilização inapropriada dos recursos naturais.

Nesse sentido, as ferramentas de Geotecnologias apresentam-se como fundamentais para estudos de natureza geoambientais, possibilitando a obtenção da informação espacial das ações impostas nas unidades de paisagem, bem como útil para ações de planejamento e gestão em diversos aspectos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M. **Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. *Bacia hidrográfica e qualidade ambiental* In: VITTE, A. C. e GUERRA, A. J. T. (org.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil 2004, (p. 153 -192).

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia física global: um esboço metodológico**. Revista IGEOG/USP, São Paulo: USP, n.13, 1971. Caderno de ciências da terra.

CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CRUZ, L. M.; PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. **Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Glória – MG**. Revista Brasileira de Cartografia No 62/03, 2010. (ISSN 0560-4613).

DIBIESO, E. P; LEAL, A. C. **Análise morfométrica da drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego do Cedro, em Presidente Prudente-SP**. Presidente Prudente-SP, v.2, p. 87-89, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária,2006.

FANEP - **Diagnóstico e Planejamento de Desenvolvimento do Território Rural do Nordeste Paraense**. Fundação Sócio-Ambiental do Nordeste Paraense, Capanema, PA, Brasil, 2006.

GORAYEB, A. **Análise Integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté– Amazônia Oriental**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, SP, Brasil, 2008.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. dos S. **Geomorfologia Ambiental: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 2013.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:<<http://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 07 Setembro 2016.

LEITE, E. F.; ROSA, R.; **Análise do Uso, Ocupação e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins**. OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

MARTORANO, L. G.; PERREIRA, L. C.; CÉZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. 1993. **Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (THORNTHWHITE, MATHER)**. Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS. 53p.

METZGER, Jean P. **O que é Ecologia de Paisagens?**. Artigo publicado em: <http://www.biotoneotropica.org.br>, 2001.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. Belo Horizonte: Ed. da Autora, 2003.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 3. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. V. 01. 363 p.

OLIVEIRA, R. R. S. *et al.* **Dinâmica de uso e cobertura da terra das Regiões de Integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010**. Revista Brasileira de Cartografia.2016

OLIVEIRA, R.R.S.; WATRIN, O.S.; VALENTE, M.A.; PIMENTEL, G.M. **Análise da vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estud. Av. São Paulo, 2008, v. 22, n. 63, p. 43-60. ISSN 0103 – 4014.

RODRIGUEZ, J. M. M. ; SILVA, E. V. ; LEAL, A. C. . *Planejamento ambiental em bacias hidrográficas*. In: Edson Vicente da Silva: José Manuel Mateo Rodriguez; Antônio Jeovah de Andrade Meireles. (Org.). **Planejamento ambiental e bacias hidrográficas Tomo I** Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas. 1 ed. Fortaleza_Ceará: Edições UFC, 2011, v. 1, p. 29-47.

_____, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geocologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**, 2ª Ed. – Fortaleza: Edições UFC, 2016.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n° 8, FFLCH/USP, p. 65-76, 1994.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Texto, 2004.

SCHIER, R. A. **Trajetórias do conceito de paisagem na geografia**. R. RA'E GA, Curitiba, Editora UFPR. n. 7, p. 79-85, 2003.

SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento para a análise ambiental**. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. Disponível em: <<http://www.lageop.ufrj.br/>> Acesso: 02 fev. 2009.

SILVA, R.C.dos S. **Aplicação dos Métodos Geofísicos Elétrico e Eletromagnético na Determinação de Unidades Sedimentares Costeiras Tropicais em Bragança, Nordeste do Pará**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Pará, PA, Brasil, 2002.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade. Uma introdução crítica ao planejamento e a Gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006, 556p.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos**. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, N° 15, pp.39-49, 2004.

TÁVORA, V. A.; SANTOS, A. A. R. dos.; ARAÚJO, R. N. **Localidades fossilíferas da Formação Pirabas (Mioceno Inferior)**. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 5, n. 2, p. 207-224, maio-ago. 2010.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 944p.