



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JONES REMO BARBOSA VALE

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ,
NORDESTE PARAENSE: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

BELÉM/PA
2017

JONES REMO BARBOSA VALE

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ,
NORDESTE PARAENSE: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), da Universidade Federal do Pará (UFPA), para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Organização e Gestão do Território.

Linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem na Amazônia: agentes, processos e conflitos.
Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo.

BELÉM/PA
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca de Pós-Graduação do IFCH/UFPA

Vale, Jones Remo Barbosa

Análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú,
nordeste paraense: subsídios ao planejamento ambiental / Jones
Remo Barbosa Vale. - 2017.

Orientador: Carlos Alexandre Leão Bordalo

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
Pará,

Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-
Graduação em Geografia, Belém, 2017.

1. Bacias hidrográficas - Pará - Aspectos ambientais. 2.
Política ambiental - Pará. 3. Recursos hídricos - desenvolvimento
- Aspectos ambientais - Pará. 4. Geomorfologia - Pará. 5. Água -
Qualidade - Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 551.48098115

JONES REMO BARBOSA VALE

**ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ,
NORDESTE PARAENSE: SUBSÍDIOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas (IFCH), da Universidade Federal do Pará (UFPA), para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Organização e Gestão do Território.

Linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem na Amazônia: agentes, processos e conflitos.
Orientador: Prof^o. Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo.

Data da defesa: 16/03/2017

Avaliação: Aprovado

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo
PPGEO/UFPA (Orientador)

Prof^a. Dra. Maria de Nazaré Martins Maciel
PPGCF/UFRA (Examinadora Externa)

Prof^a. Dra. Márcia Aparecida da Silva Pimentel
PPGEO/UFPA (Examinadora Interna)

Prof^o. Dr. Christian Nunes da Silva
PPGEO/UFPA (Examinador Suplente)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela vida, pela saúde, por me fortalecer nos momentos tempestuosos e por me possibilitar completar mais esse sonho.

Aos meus pais por acreditarem e apoiarem, pois sem as suas orações, amor, conselhos e compreensão nada disso seria possível. Vocês são meus exemplos de simplicidade, dedicação, integridade e honradez.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Alexandre Leão Bordalo, pela constante palavra de incentivo e pelas conversas tão esclarecedoras a respeito das temáticas trabalhadas nesta dissertação.

À Dra. Carmena Ferreira França pela atenção, colaboração e incentivo em minha formação acadêmica.

À Dra. Odete Cardoso de Oliveira Santos pela contribuição com seu conhecimento sobre a área de estudo. Tenho profunda admiração e respeito pela sua pessoa.

A todos os moradores da área de estudo pela atenção e cooperação com seus relatos e observações.

A todos os professores do mestrado, que foram tão importantes na minha trajetória e no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos amigos da turma de mestrado pelo companheirismo, pelas muitas risadas, pelo apoio técnico, pelas realizações acadêmicas conjuntas, mas, sobretudo, pelas palavras constantes de incentivo nesse momento tão importante de nossas vidas.

À secretária do mestrado, Cléo Ferreira, pelo profissionalismo e pelo atendimento sempre personalizado e muitíssimo eficiente.

Ao Hélio Morais por todo auxílio na confecção dos mapas.

Aos meus amigos adquiridos ao longo da vida, obrigado pelo companheirismo e carinho.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos que viabilizou a realização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que fosse possível a realização deste trabalho, o meu MUITO OBRIGADO!

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Modelo geossistêmico de Bertrand	14
Figura 02 - Estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	33
Figura 03 - Divisão hidrográfica do Estado do Pará	38
Figura 04 - Organograma organizacional da diretoria de recursos hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade	39
Figura 05 - Fluxograma das etapas metodológicas.....	45
Figura 06 - Mapa de localização da área de estudo.....	50
Figura 07 - Mapa das localidades presentes na área da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	51
Figura 08 - Mapa da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Apeú	54
Figura 09 - Padrão de drenagem	55
Figura 10 - Mapa da hierarquia fluvial da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	57
Figura 11 - Mapa de hipsometria da bacia hidrográfica do rio Apeú	62
Figura 12 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	64
Figura 13 - Mapa geológico da bacia hidrográfica do rio Apeú	67
Figura 14 - Mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Apeú	70
Figura 15 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do rio Apeú	76
Figura 16 - Gráfico de precipitação e temperatura média da RMB	80
Figura 17 - Mapa das unidades do meio físico da bacia hidrográfica do rio Apeú	82
Figura 18 - Mapeamento multitemporal de uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	87
Figura 19 - Mapa das unidades geombientais da bacia hidrográfica do rio Apeú	90
Figura 20 - Produção de pimenta-do-reino no município de Castanhal/PA.....	92
Figura 21 - Produção de dendê no município de Castanhal/PA.....	93
Figura 22 - Granja no município de Santa Izabel do Pará/PA.....	93
Figura 23 - Extração de areia no município de Castanhal/PA.....	95
Figura 24 - Estrada vicinal na área da bacia do rio Apeú.....	96
Figura 25 - Gráfico da população residente na área da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	97
Figura 26 - Uso da água do Igarapé São João, afluente do rio Apeú.....	101

Figura 27 - Canaleta de escoamento pluvial na área urbana do Distrito do Apeú, Castanhal/PA	102
Figura 28 - Compactação do solo por meio do pisoteamento do gado	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Número de canais por hierarquia fluvial	56
Tabela 02 - Comprimento dos igarapés da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	59
Tabela 03 - Dados históricos da estação convencional de Belém	78
Tabela 04 - Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Apeú	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Métodos de análise da paisagem por meio da Geoecologia da Paisagem	21
Quadro 02 - Estrutura da Política Nacional dos Recursos Hídricos	32
Quadro 03 - Princípios e Objetivos da Política Estadual dos Recursos Hídricos (Lei 6.381/2001)	36
Quadro 04 - Características das subclasses do Argissolo Amarelo (PAd).....	72
Quadro 05 - Características das subclasses do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd).....	73
Quadro 06 - Características das subclasses do Gleissolo Háptico (GXbd)	74
Quadro 07 - Unidades do meio físico da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	81
Quadro 08 - Características das classes de uso da terra e cobertura vegetal .	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional das Águas
APP - Área de Preservação Permanente
CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CIP - Coordenadoria de Planejamento e Apoio à Gestão de Recursos Hídricos
CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COR - Coordenadoria de Regulação
COSANPA - Companhia de Saneamento do Pará
DIREH - Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
EMATER/PA - Empresa de Assistência Técnica e Expansão Rural do Estado do Pará
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FINAM - Fundo de Investimentos da Amazônia
GEAP - Gerência de Apoio e Gestão Participativa
GECAD - Gerência de Cadastro e Cobrança
GEOUT - Gerência de Outorga
GEPLEN - Gerência de Planos e Enquadramento
GESIR - Gerência do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUCN - União Internacional para a Conservação
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
PERH - Política Estadual dos Recursos Hídricos
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRONAF - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
SAGRH - Secretaria Adjunta de Gestão de Recursos Hídricos
SECTAM - Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia
SEMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente
SEMAS - Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SESPA - Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará
SGRH - Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SINPRIZ - Sindicato dos Produtores Rurais de Santa Izabel e Santo Antônio do Tauá
SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
WWF - Fundo Mundial para a Vida Selvagem e Natureza

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Apeú está localizada na região do nordeste paraense, mais precisamente na mesorregião metropolitana de Belém-PA, abrange os municípios de Castanhal, Santa Izabel do Pará e Inhangapí. A bacia do rio Apeú se apresenta como área importante para observação dos processos de transformação da paisagem, pois esta unidade, nos últimos trinta anos, passou por significativas transformações, impostas pela dinâmica de uso da terra. Esta bacia apresenta características rurais e urbanas, nesta área se observa problemas socioambientais decorrentes da ausência ou deficiência dos serviços públicos. Os principais fatores que contribuem para a degradação da bacia são: a impermeabilização do solo, resultante da expansão urbana; a falta de controle das erosões; retirada da cobertura vegetal para fins de uso da terra; a contaminação e o assoreamento dos corpos hídrico. Diante deste contexto, esta dissertação tem como objetivo realizar uma análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú para fornecer subsídios para o planejamento ambiental. A metodologia adotada nesta pesquisa foi desenvolvida por Rodriguez (1994) e Rodriguez *et al.* (1995), adaptada ao planejamento ambiental por Leal (1995), esta metodologia contém as seguintes etapas: Inventário, Diagnóstico e Propostas. A pesquisa foi baseada em dados e informações sobre o meio físico, a dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal, legislação ambiental e informações socioeconômicas. Os resultados obtidos demonstram que a paisagem da bacia hidrográfica do rio Apeú tem passado por um processo progressivo de transformação, por conta das interferências antrópicas, resultando em diferentes problemas socioambientais desacompanhados de políticas eficazes de planejamento ambiental e ordenamento territorial. As propostas apresentadas visam subsidiar o planejamento ambiental da bacia que deve ser uma iniciativa conjunta e orgânica dos três municípios que a abrangem.

Palavras-Chave: Planejamento Ambiental. Bacia Hidrográfica. Recursos Hídricos. Rio Apeú.

ABSTRACT

The hydrographic basin of the Apeú river is located in the northeastern region of Pará, more precisely in the metropolitan mesoregion of Belém, it covers the municipalities of Castanhal, Santa Izabel do Pará and Inhangapí. The Apeú river basin presents itself as an important area for observation of the processes of landscape transformation, because this unit, during the last thirty years, underwent significant transformations, imposed by the dynamics of land use. This basin presents rural and urban characteristics, in this area there are social and environmental problems, resulting from the absence or deficiency of public services. The main factors that contribute to the degradation of the basin are: the waterproofing of the soil, resulting from the urban expansion; lack of erosion control; removal of land cover for land use purposes; contamination and silting of the water courses. Given this context, this dissertation aims to conduct a geoenvironmental analysis of the Apeú river hydrographic basin to provide subsidies for environmental planning. The methodology adopted in this research was developed by Rodriguez (1994) and Rodriguez *et al.* (1995), adapted to environmental planning by Leal (1995), this methodology contains the following steps: Inventory, Diagnosis and Proposals. The research was based on data and information about the physical environment, the dynamics of land use and vegetation cover, environmental legislation, social and economic information. The obtained results demonstrate that the landscape of the Apeú river basin has undergone a progressive process of transformation, due to the anthropic interference, resulting in different social and environmental problems, unaccompanied by effective policies of environmental planning and territorial ordering. The proposals presented aim to subsidize the environmental planning of the basin that should be a joint and organic initiative of the three municipalities that cover it.

Keywords: Environmental Planning. Hydrographic Basin. Hydric Resources. Apeú River.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	5
1.1. Abordagem sistêmica na questão ambiental	5
1.2. Abordagem sistêmica da paisagem por meio da visão geográfica	11
1.3. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas	24
1.4. Planejamento e gerenciamento de recursos hídricos	31
1.5. Metodologia.....	41
1.5.1. Procedimentos metodológicos	44
1.5.2. Inventário	46
1.5.3. Diagnóstico	47
1.5.4. Proposta.....	47
1.5.5. Materiais utilizados.....	48
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ	49
2.1. Localização da bacia hidrográfica do rio Apeú.....	49
2.2. Características morfométricas.....	52
2.2.1. Delimitação da bacia	52
2.2.2. Drenagem	53
2.2.3. Hipsometria	61
2.2.4. Declividade.....	63
2.3. Características geológicas	65
2.4. Características geomorfológicas	68
2.5. Características pedológicas	71
2.6. Características climáticas	77
2.7. Unidades do meio físico da bacia hidrográfica do rio Apeú	81
2.8. Uso da terra e cobertura vegetal.....	83
2.8.1. Classes de uso da terra e cobertura vegetal.....	85
2.9. Unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Apeú	88
CAPÍTULO III – DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ	91
3.1. Atividades econômicas	91
3.2. Saneamento e condições sociais.....	97
3.3. Problemas ambientais.....	104

CAPÍTULO IV – PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ	113
CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS.....	118

INTRODUÇÃO

Nesta dissertação de mestrado deu-se continuidade a pesquisa iniciada no curso de especialização em gestão ambiental do Núcleo de Meio Ambiente desta instituição de ensino e a monografia teve como título “Análise do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Apeú, nordeste paraense”. Os mapeamentos realizados no trabalho final de especialização foram atualizados em escalas adequadas para a elaboração de subsídios ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú, área da pesquisa dessa dissertação de mestrado.

A bacia hidrográfica do rio Apeú está localizada na região do nordeste paraense, mais precisamente, na mesorregião metropolitana de Belém. O processo de ocupação da bacia se desenvolveu com maior intensidade a partir do fim do século XIX com a consolidação da Estrada de Ferro Belém-Bragança (WATRIN; GERHARD; MACIEL, 2009, p. 456). Nos últimos trinta anos a área da bacia vem passando por um intenso processo de expansão urbana ao longo da rodovia BR-316 e das estradas vicinais.

A análise da distribuição espacial da bacia hidrográfica do rio Apeú demonstra que a transformação da paisagem tem ocorrido de forma contínua ao longo dos anos, principalmente, por conta do desenvolvimento das atividades econômicas, como por exemplo, extração mineral e agropecuária.

Para Lemos (2000, p. 52), o processo de ocupação do espaço físico e a apropriação dos recursos naturais pelo homem impõem transformações no meio ambiente que dependendo de como ocorrem podem resultar em colapsos. As pressões antrópicas sobre os ecossistemas têm causado uma aceleração no processo de transformação de paisagens por mais tipos de usos e coberturas da terra, refletindo em extensas áreas de fragmentos florestais.

Essa situação exige ações de planejamento e de intervenção para disciplinar o uso e ocupação da terra. Nesta perspectiva, desenvolveu-se uma proposta de planejamento ambiental, com base no disciplinamento do uso e ocupação da terra, tendo como finalidade a manutenção das condições ambientais favoráveis à garantia de produção e reserva da água na bacia, para uso no abastecimento da população e melhoria de suas condições ecológicas.

Diante da necessidade de (re) organizar o espaço, Mota (1999, p. 139), ressalta que “o planejamento territorial de uma bacia hidrográfica com base em

princípios ambientais constitui o melhor método para evitar a degradação de seus recursos hídricos”. Leal (2012, p. 80) destaca que o planejamento ambiental em bacias hidrográficas pode contribuir para subsidiar a elaboração dos planos de recursos hídricos e estabelecimento de políticas públicas que garanta a gestão e proteção da água em sua área de atuação, bem como, sua disponibilidade em quantidade e qualidade para múltiplos usos.

Em se tratando de bacia hidrográfica, a água se destaca como principal recurso natural, pois a sua qualidade está intimamente ligada com os usos e atividades desenvolvidas em sua bacia hidrográfica, ou seja, a manutenção dos recursos hídricos é uma garantia de que o mesmo seja capaz de produzir água em quantidade e qualidade adequadas para o abastecimento. Além disso, a proteção da qualidade das águas significa garantia de acesso, principalmente, da população de baixa renda à água potável.

A escassez de água tem sido uma das grandes preocupações da nossa sociedade, Becker (2003, p. 274) coloca que a escassez da água se propaga como verdadeira catástrofe mundial, a ponto de lhe serem atribuído um valor estratégico similar ao do petróleo no século XX e a denominação de “ouro azul”, um bem precioso que é indispensável à manutenção da vida humana.

De acordo com Bordalo (2012, p. 71-72) a “crise” mundial da água doce, esta diretamente relacionada às diferentes formas de apropriação, uso e conservação dos recursos hídricos, por parte da população dos países desenvolvidos, em desenvolvimento e subdesenvolvidos, onde a questão principal é a desigual oferta entre esses países, do abastecimento de água potável de boa qualidade a preços razoáveis, e dos serviços de saneamento, fundamentais à melhoria da qualidade de vida dessas populações.

Alves (2004, p. 22) ressalta que a mesma encontra-se inserida em um contexto “maior que é a crise ambiental mundial, sendo esta de caráter complexo e multidimensional e submetida a vários posicionamentos de ordem moral, intelectual e ética”. Trata-se, portanto, de uma questão ampla, que envolve problemas como a precariedade e a insuficiência dos serviços de saneamento básico; o crescimento demográfico nos grandes centros urbanos; a construção de moradias em áreas de risco ambiental; a falta de acesso à

água potável; a disseminação de doenças; a perda de solos férteis; etc., ou seja, um declínio da qualidade de vida e ambiental (RIBEIRO, 2012, p. 01).

Petrella (2002, p. 52-53) coloca que essa crise a crise da água só poderia ser compreendida em sua totalidade a partir da análise integrada de seus quatro aspectos principais:

- a) A distribuição desigual dos recursos hídricos na superfície terrestre;
- b) Todos os fatores relacionados ao desperdício e ao gerenciamento inadequado dos recursos hídricos disponíveis;
- c) O contexto cada vez mais alarmante de poluição e contaminação dos recursos hídricos;
- d) O crescimento populacional, especialmente nos países subdesenvolvidos.

Desta forma a crise hídrica reforça a necessidade do manejo adequado dos recursos hídricos, compatibilizando-se os seus diversos usos, de forma a garantir a água na quantidade e na qualidade desejáveis aos seus diversos fins. Para isso, é fundamental compreender o sistema produtivo e os processos que causam tão numerosos e intensos desequilíbrios na natureza.

Isto confirma a importância da proposta de destinar essa dissertação de mestrado ao aprofundamento dos estudos de caráter geográfico e socioambiental. Estes tipos de estudos se mostram cada vez mais necessários, uma vez que envolvem a proteção e conservação de ambientes naturais, que são de suma importância para a garantia da manutenção da vida. Esta intrínseca relação sociedade e natureza estabelece-se como base para as análises tanto de cunho ambiental quanto social, uma vez que estes interagem direta e indiretamente entre si.

Para entender as ações antrópicas e os danos ao meio ambiente a partir das contradições do sistema capitalista, a pesquisa foi desenvolvida a partir de uma estrutura metodológica orientada à elaboração de subsídios ao planejamento ambiental. Dessa forma, foi adotada a aplicação com adaptação da proposta metodológica utilizada por Leal (1995), a qual consiste, em síntese, na elaboração de um plano ambiental, contendo as etapas de Inventário, Diagnóstico, Prognóstico e Propostas de melhoria para bacia hidrográfica em análise.

A difusão das informações sobre as condições atuais da bacia hidrográfica do rio Apeú, oferece subsídios à sociedade e às instituições públicas responsáveis para exigir a implementação de novos padrões de gestão territorial, através de propostas de políticas públicas para a conservação e recuperação ambiental desta bacia.

Esta pesquisa tem como objetivo geral realizar uma análise geoambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú para fornecer subsídios para o planejamento ambiental, a fim de garantir a conservação e preservação ambiental, e melhoria da qualidade de vida da população.

Os objetivos específicos são:

- Efetuar a caracterização das unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Apeú;
- Identificar os principais problemas socioambientais e compreender os processos naturais e sociais presentes na bacia hidrográfica do rio Apeú;
- Apresentar propostas para subsidiar o planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú.

O capítulo I trata da revisão bibliográfica realizada sobre a abordagem sistêmica na análise ambiental, da abordagem sistêmica da paisagem na Geografia, do planejamento ambiental em bacias hidrográficas, do planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e, a metodologia e os materiais utilizados no estudo da bacia hidrográfica do rio Apeú.

O capítulo II trata sobre a caracterização das unidades ambientais da bacia hidrográfica do rio Apeú, onde foi elaborado o inventário das características do meio físico e de uso da terra e cobertura vegetal.

O capítulo III trata sobre o diagnóstico socioambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú, baseado na legislação ambiental estadual e federal, e nas características sociais e ambientais levantadas em campo, permitindo compreender o estado ambiental da bacia.

O capítulo IV trata sobre as propostas de melhorias, a fim de subsidiar o planejamento ambiental da bacia do rio Apeú. Nas considerações finais é feito um panorama das perspectivas e desdobramentos da elaboração do trabalho para a bacia.

CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

1.1. Abordagem sistêmica na questão ambiental

Desde a Antiguidade, pensadores, estudiosos e filósofos, procuravam entender como funcionava o mundo, e movidos por indagações criavam teorias, onde buscavam explicar fenômenos da natureza e o comportamento do homem. Pautada na relação homem-natureza, surge uma nova maneira de observar o mundo, que preconizava a razão, sendo Galileu Galilei, Francis Bacon, René Descartes e Isaac Newton os grandes protagonistas dessa nova ciência.

Os pressupostos teórico-metodológicos destes pensadores e estudiosos concentravam-se, basicamente, em conhecer algo através de suas partes, ou seja, segundo o pensamento cartesiano, entendendo-se as partes poder-se-ia compreender o funcionamento do todo.

A forma fragmentada de análise do pensamento cartesiano não conseguia explicar a realidade como um todo. Isto porque esta se apresenta “complexa, integrada e por vezes caótica” (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003, p. 329). O pensamento cartesiano “não tinha singularidade na sua obediência às leis gerais, facticidade em seus movimentos repetitivos de relógio, jogo em seu determinismo inflexível” (MORIN, 1997, p. 83). Desta forma, era necessária uma reorientação da ciência, desde a física-subatômica até a história (BERTALANFFY, 2006, p. 74).

Compreender a inter-relação dos sistemas naturais, sociais e econômicos é fundamental para a análise ambiental. Para Bertalanffy (1968 *apud* CAMARGO, 2008, p. 52), a teoria sistêmica é um importante campo metodológico que se propõe, entre outras coisas, suplantando a fragmentação e perceber os fenômenos a partir de uma visão holística, englobando todos os campos do conhecimento e as suas habilidades, a centralidade desta teoria não se ocupa da compreensão das partes, e sim de buscar compreender a amplitude das questões, a partir do entendimento do todo.

Conforme Limberger (2006, p. 98) há vários conceitos sobre sistema, onde alguns autores colocam que para se caracterizar um sistema é necessário que exista qualquer conjunto de objetos que possa ser relacionado no tempo e no espaço, e outros que colocam que além de relações é necessário que haja uma finalidade, a execução de uma função por parte

desse conjunto inter-relacionado, para que possa ser considerado como um sistema.

Para Christofolletti (1979, p. 08) um sistema é composto por matéria, energia e estrutura. A matéria se caracteriza pelo material que será mobilizado através do sistema, é aquilo que vai se movimentar. A energia se caracteriza pelas forças que fazem o sistema funcionar, gerando a capacidade de realizar trabalho. Já a estrutura é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes.

Nesta discussão conceitual sobre sistema, Morin (1997, p. 112) coloca que um sistema é, ao mesmo tempo, “um e múltiplo”, sendo composto por vários outros (sub) sistemas, a parte de um sistema tem sua identidade própria e participam da identidade do todo. Assim, o todo não é somente a soma das partes, depende da intensidade das interações e inter-relações que ocorrem entre essas partes. Bertalanffy destaca que:

O significado da expressão um tanto mística “o todo é mais do que a soma das partes” consiste simplesmente em que as características constitutivas não são explicáveis a partir das características das partes isoladas. As características do complexo, portanto, comparadas às dos elementos, parecem “novas” ou “emergentes” (BERTALANFFY, 2006, p. 83).

Para Capra (2004, p. 47) não existe parte: o que se denomina parte “é apenas um padrão numa teia inseparável de relações”. Leff (2002, p. 168) destaca que para compreender o saber ambiental torna-se necessário entender contextos ecológicos, sociais e culturais. Para Sartori (2005, p. 01), entender a problemática ambiental é preciso uma visão dinâmica e holística que atue através de métodos interdisciplinares de pesquisa, e na abertura para o caminho do pensamento da complexidade. Santos e Sato (2001, p. 47), afirmam que a ênfase na interdisciplinaridade é fundamental para a solução de problemas sócio-ambientais.

Compreender a complexidade ambiental implica num processo de desconstrução do pensado tido como imutável, levando a questionar certezas que outrora foram inquestionáveis. Segundo Marion (2013, p. 08), a crise ambiental é o tratado com a sua complexidade, e essa discussão engloba

fatores muito maiores que os Estados em si, ou seja, o tratado em comento engloba a vida, cidadania, liberdades, etc. De acordo com Leff:

O saber ambiental é saber que o caminho no qual vamos acelerando o passo é uma carreira desenfreada para um abismo inevitável; desta compreensão do caráter desta crise ambiental não resta outra alternativa senão sustentar-nos na incerteza, conscientes de que devemos refundamentar o saber sobre o mundo que vivemos, a partir do pensado na história e do desejo de vida que se projeta para a construção de futuros inéditos através do pensamento e da ação (LEFF, 2003, p. 23).

Desta forma, compreende-se que os problemas ambientais necessitam de uma abordagem sistêmica que não está inserida em uma ciência clássica, mas sim, em um novo paradigma¹, conforme coloca Morin:

Chamo paradigma de complexidade ao conjunto dos princípios de inteligibilidade que, ligados uns aos outros, poderiam determinar as condições de uma visão complexa do universo (físico, biológico, antropológico) (...) O paradigma da complexidade não 'produz' nem 'determina' a inteligibilidade. Pode somente incitar a estratégia/inteligência do sujeito pesquisador a considerar a complexidade da questão estudada. Incita a distinguir e fazer comunicar em vez de isolar e de separar (...). Incita a dar conta dos caracteres multidimensionais de toda realidade estudada (MORIN, 1996, p. 330-334).

Diante da complexidade da questão ambiental, surgem novas reflexões sobre não só na medida em que se deve interpretar o problema, mas também em mudanças na organização do conhecimento, pois esse novo paradigma inclui a totalidade, no ambiente em que é inteiro e não fragmentado. Santos aponta e crítica os limites conhecimento científico da ciência moderna:

A profundidade e amplitude desse tipo de problema suscitam soluções também profundas e amplas e aí reside à dificuldade específica deste tipo de problema (...) o tipo de conhecimento científico que apresenta soluções de curto prazo, estreitas no âmbito e superficiais na espessura (...) deslegitimou à partida a ideia de alternativas globais (...) É notório que a ciência moderna em geral e as ciências sociais em particular

¹ Na concepção de Kuhn (1998, p. 219), "um paradigma é aquilo que os membros de uma comunidade partilham e, inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma".

atravessam hoje uma profunda crise de confiança epistemológica (SANTOS, 2001, p. 283).

Após a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano de Estocolmo em 1972, a abordagem interdisciplinar ganhou ênfase na questão ambiental. Para Zaroni (2000, p. 113), a interdisciplinaridade ambiental é aquela que se baseia em um ponto central: as diversas utilizações dos recursos naturais pelo homem. Deste modo, a representação da relação do homem com a natureza não pode ser nem simples e nem fragmentada, mas deve tratar das interfaces entre os sistemas sociais e naturais.

De acordo com Rodrigues (1998, p. 13) a questão ambiental deve ser compreendida como um produto da intervenção da sociedade sobre a natureza. Diz respeito não apenas a problemas relacionados à natureza, mas às problemáticas decorrentes da ação social. A problemática ambiental deve partir da relação dos homens entre si, sobre a natureza, ou seja, das contradições do sistema capitalista, pois, a natureza é, em nossa sociedade, um objeto a ser dominado por um sujeito, o homem, muito embora saibamos que nem todos os homens são proprietários da natureza (PORTO-GONÇALVES, 2011, p. 26).

Diante de uma estrutura de sociedade pautada num modelo de desenvolvimento capitalista, a humanidade sofre cada vez mais as consequências da degradação ambiental. Em função disso a questão ambiental torna-se crescente nas discussões empreendidas pela humanidade. Porém, é importante ressaltar que “não podemos deixar de reconhecer o paradoxo de nunca termos visto tanto debate sobre a problemática ambiental e, ao mesmo tempo, ser tão grande a devastação do planeta desde os anos 70” (PORTO-GONÇALVES, 2004, p. 161-162).

Nesta perspectiva de debates sobre os problemas ambientais da sociedade contemporânea, acentua-se a temática de crise ambiental, Leff (2001, p. 112) entende a crise ambiental como uma crise de civilização. Desta forma, a racionalidade econômica é responsável por forjar essa crise que perdura e se aprofunda com vigor no mundo globalizado, ela se fundou basicamente na lógica de atuação de agentes econômicos conduzidos pela ideologia do liberalismo econômico, por conta do sistema econômico que se instaurou na sociedade.

As bases da racionalidade econômica e do direito privado, gerou o desenvolvimento desenfreado e desordenado das forças produtivas, suplantando a capacidade de renovação dos recursos naturais e, conseqüentemente, ignorando as condições ecológicas de sustentabilidade da vida no planeta. Nota-se na irracionalidade ecológica dos padrões dominantes de produção e de consumo, a raiz dessa crise ambiental:

A visão mecanicista da razão cartesiana converteu-se no princípio constitutivo de uma teoria econômica que predominou sobre os paradigmas organicistas dos processos da vida, legitimando uma falsa ideia de progresso da civilização moderna. Desta forma, a racionalidade econômica banuiu a natureza da esfera da produção, gerando processos de destruição ecológica e degradação ambiental. O conceito de sustentabilidade surge, portanto, do reconhecimento da função de suporte da natureza, condição e potencial do processo de produção (LEFF, 2007, p. 15).

A abordagem sistêmica na questão ambiental é fundamental porque envolve problemas não só de devastação da natureza, mas de transformação de valores sociais, econômicos e culturais. Ribeiro (2012, p. 16-17) destaca que a problemática sócio-ambiental conduziu à necessidade de orientar as formas de desenvolvimento. Estando o ser humano situado dentro da trama vital do processo evolutivo por meio da ecologia, reconhece-se a legitimidade da reivindicação dos valores associados à qualidade de vida, ao desenvolvimento intelectual e às necessidades afetivas, através da reconstrução do ambiente.

Em relação à reflexão e a conscientização da humanidade pelos problemas ambientais produzidos no modelo de desenvolvimento adotado por várias sociedades no mundo globalizado, verifica-se que à gênese do conceito de desenvolvimento sustentável:

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu da Estratégia Mundial para a Conservação (*World Conservation Strategy*) lançada pela União Internacional para a Conservação (IUCN) e pelo Fundo Mundial para a Vida Selvagem e Natureza (WWF), apoiados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), embora já tivesse aparecido como o nome de “ecodesenvolvimento” na Reunião de Founex em 1971, (...). A Estratégia Mundial propunha uma harmonização

entre o desenvolvimento socioeconômico e a conservação do meio ambiente, com ênfase na preservação dos ecossistemas naturais e na diversidade genética, para a utilização racional dos recursos naturais (FRANCO, 2001, p. 26).

A mudança de paradigma necessária ao desenvolvimento sustentável, fez com que o homem reconhecesse que os recursos naturais são finitos. Surgem várias interpretações encontradas na literatura científica a respeito do desenvolvimento sustentável, sendo as mais conhecidas, as definições que estão presentes no Relatório Nosso Futuro Comum, de autoria da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD):

Um novo tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso humano não apenas em alguns lugares e por alguns anos, mas em todo o planeta e até um futuro longínquo [...]. O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades. (CMMAD, 1988, p. 04-46).

Nesse processo de construção de um paradigma alternativo de sustentabilidade, onde há a compreensão sistêmica do meio natural, no qual os recursos ambientais se convertem em potenciais capazes de reconstruir o processo econômico dentro de uma nova racionalidade produtiva, baseando-se na formulação de um projeto social formado por um tripé que inclui a produtividade da natureza, as autonomias culturais e a democracia participativa.

A construção deste novo paradigma teria pelo menos duas contribuições de extrema relevância a oferecer (LEFF, 2007, p. 55):

a) Estabelecer novos equilíbrios ecológicos e dar bases de sustentabilidade ao processo econômico, equilibrando a produção negentrópica de recursos biológicos com a degradação entrópica dos processos tecnológicos;

b) Aliviar a pobreza e melhorar a qualidade de vida de uma população crescente através de um processo descentralizado de produção, aberto a diversos tipos de desenvolvimento, em harmonia com as condições ecológicas e culturais de cada região.

1.2. Abordagem sistêmica da paisagem por meio da visão geográfica

Abordagens integradoras são necessárias atualmente para a compreensão do mundo, no qual as fronteiras culturais, políticas, econômicas e sociais, não respeitam mais os limites físicos e tecem um emaranhado complexo. Não existe mais uma maneira de se tratar o homem sem considerar um espaço geográfico nem mesmo se referir a um ambiente físico sem relacioná-lo a uma intervenção antrópica (LIMBERGER, 2006, p. 105).

Antigamente a Geografia era vista como uma ciência de síntese, por tratar da união de vários elementos para poder compreender a organização do espaço, tem na abordagem sistêmica e na teoria da complexidade um arcabouço teórico e metodológico para a otimização dos seus estudos, pois a partir delas busca explicar os processos naturais e humanos.

O precursor da Geografia moderna e científica Alexander von Humboldt (1769-1859) cunhou sua famosa obra de *Cosmos* (1849-58), nela o estudo da terra e do homem representam um pedaço e/ou parte deste cosmos. Essa acepção geográfica passa a conceber o espaço geográfico como um todo complexo e uno, o qual sendo objeto de estudo passa a ser discutido e analisado em função dos fatores e elementos que o compõe.

Friedrich Ratzel, um dos principais teóricos da Geografia, escreveu por volta de 1880, que o objetivo dessa ciência seria “argumentar e demonstrar as conexões existentes entre todas as coisas presentes na Terra”, que “nossa Terra constitui em si um único complexo” (CARVALHO, 1999, p. 04-05). Uma das principais ideias estabelecidas por Ratzel, a Antropogeografia, é um exemplo da pretensão de criar uma interação disciplinar, na época em que a fragmentação do conhecimento era o que se buscava, e por isso sofreu sérias críticas.

Ainda na concepção integradora dos clássicos teóricos da Geografia, Paul Vidal de La Blache em seu trabalho "*Des caractères distinctifs de la Géographie*" em 1913, argumentou que nos estudos da Geografia “não se pode isolar nenhuma parte, pois cada uma age sobre sua vizinha” e que se trata da “combinação dos fenômenos” (MAYER, 2010, p. 02).

Élisée Reclus fala sobre os vários componentes que se interagem para determinar a organização do espaço. A complexidade da construção/produção do espaço geográfico está ligada ao aumento das relações entre o homem e a

natureza, nenhum fator ou aspecto age isoladamente. Reclus se vale das noções de espaço produzido, para assim conduzir sua perspectiva rumo a “dialética existente nas relações entre a sociedade e a natureza e à necessidade de constante reformulação do conhecimento científico, para dominar e entender o espaço em que vivemos” (SANTIAGO, 2011, p. 06). Em *L'homme et la terre*, (1905 *apud* ANDRADE, 1985, p. 30) “a geografia é dinâmica, se constrói e se refaz todos os dias, a cada instante ela se modifica pela ação do homem”.

Na Geografia a abordagem sistêmica foi adotada ao estudo do geossistema, sendo aplicada, principalmente, as pesquisas em Geografia Física. Segundo Christofolletti (1999, p. 42), o conceito de geossistema foi introduzido na literatura soviética por Viktor Sotchava, que define o geossistema como um fenômeno natural que inclui todos os elementos da paisagem como um modelo global, territorial e dinâmico, aplicável a qualquer paisagem concreta.

Sotchava ao criar o termo geossistema o fez com base na vivência, na pesquisa e na interpretação do espaço geográfico do seu país, a Ex-União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. Portanto o geossistema para este geógrafo (e para os alemães da antiga Alemanha Oriental) abrange sempre áreas com centenas e mesmo milhares de quilômetros quadrados. As literaturas geográficas das escolas russas e alemãs deixam claro que o geossistema funciona em escala regional (TROPPEMAIR; GALINA, 2006, p. 80).

Para Sotchava (1977, p. 06), "embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o seu estudo". De acordo com Cruz (1985, p. 56), Sotchava coloca que "a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade humana". Troppmair e Galina (2006, p. 81) definem o geossistema como sendo um sistema natural, complexo e integrado onde há circulação de energia e matéria e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem.

Para Rougerie e Beroutchachvili (1991, p. 51) o geossistema é composto por três componentes principais e fundamentais: os abióticos (litosfera, atmosferas e hidrosfera), os bióticos (flora e fauna), e os antrópicos

(formado pelo homem e as suas atividades). Portanto sendo uma unidade complexa, que se caracteriza por homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica.

Sotchava ao criar o termo geossistema deixou o conceito bastante flexível, que causou o emprego do termo com conteúdo, metodologia, escala e enfoque diferente do que foi proposto inicialmente. De acordo com Troppmair e Galina (2006, p. 81) pela ação antrópica poderão ocorrer pequenas alterações no sistema, afetando algumas de suas características, porém estas serão perceptíveis apenas em micro-escala e nunca com tal intensidade que o geossistema seja totalmente transformado ou descaracterizado.

Apesar de a escola soviética ter sido a pioneira nos estudos sobre geossistema, foi a escola francesa, sobretudo, com os estudos de Bertrand que essa teoria foi difundida no mundo ocidental, visto que, Bertrand avança na sistematização dos estudos teórico-conceituais e metodológicos sobre o geossistema e a paisagem, principalmente, no aspecto da taxonomia da paisagem, no qual o geossistema faz parte como uma unidade taxonômica de destaque por ser uma boa base para os estudos da organização espacial e ser compatível com a escala humana.

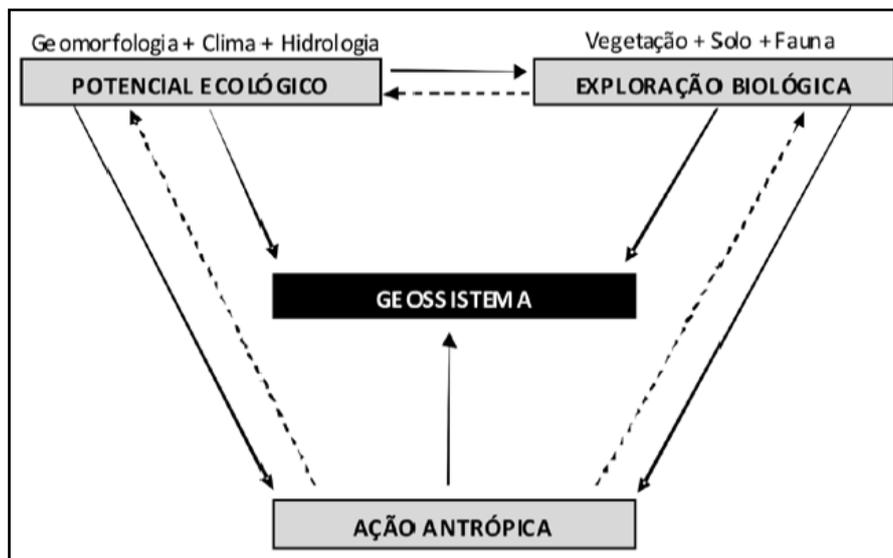
Para Bertrand (2004, p. 141):

a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, numa 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.

A contribuição de Bertrand para o desenvolvimento do estudo do geossistema pode ser observada na importância em que ele destacava as relações complexas entre os seus componentes (Figura 01). Bertrand ressalta que na pesquisa dos geossistemas, além do estudo dos elementos abióticos e bióticos é necessário utilizar os elementos da sociedade, da história, da economia, mas não com a finalidade fazer um estudo social, mas para estudar o meio ambiente, principalmente, os recortes passados do meio ambiente a fim

de compreender a totalidade desses sistemas existentes (TROPPMAIR; GALINA, 2006, p. 83).

Figura 01 – Modelo Geossistêmico de Bertrand



Fonte: BERTRAND, 2004.

É importante ressaltar que, embora tenham uma relação intrinsecamente, paisagem e geossistema não são sinônimos. Enquanto o geossistema pode ser definido como "la combinación de un geoma o subsistema abiótico (litomasa, aeromasa, hidromasa), un bioma o ecosistema (biomasa) dentro del que creemos debe de incluirse al hombre" (BOLÒS, 1981, p. 51), a paisagem é definida como "uma porción de espacio geográfico concreto que se ajusta al modelo geossistema" (BOLÒS, 1981, p. 57).

Partindo para uma visão integradora, onde se confunde o conceito de geossistema com o conceito de paisagem, Troppmair (2000, p. 07) afirma que "a estrutura, as inter-relações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando um geossistema, dão a feição, a fisionomia daquele espaço, que é a própria paisagem vista como um sistema, como unidade real e integrada". Troppmair (2000, p. 08) conclui que a "paisagem é um fato concreto, um termo fundamental e de importante significado para a Geografia, pois a paisagem é a fisionomia do próprio geossistema".

A visão holística que se estabelece na análise de problemas socioambientais, Sánchez e Cardoso da Silva (1995, p. 49) compreendem que

os conceitos de paisagem e geossistema se associam a análise sistêmica, pois permitem analisar de forma individual e integral os componentes físicos, biológicos, sociais e culturais, suas dinâmicas e inter-relações, com diferentes graus de abstração, segundo o nível de percepção e necessidade de seu estudo.

Bertrand (2004, p. 142) afirma que a paisagem deve ser estudada a partir da abordagem conjunta de problemas de taxonomia, de dinâmica, de tipologia e de cartografia, ao incorporar a abordagem sistêmica, a paisagem adquire uma dimensão lógica e concreta, passando a ser considerada em sua dimensão escalar, o que a torna passível de espacialização.

Rodriguez (2003), em uma entrevista concedida ao Programa de Pós-Graduação da UNESP/Presidente Prudente, destacou que a análise sistêmica se baseia no conceito de paisagem com um “todo sistêmico” em que se combinam a natureza, a economia, a sociedade e a cultura, em um amplo contexto de inúmeras variáveis que buscam representar a relação da natureza como um sistema e dela com o homem. O conceito de paisagem é um dos principais conceitos da Geografia, ligado aos estudos de cunho ambiental.

Monteiro (1978, p. 56) ressalta que a abordagem sob a perspectiva de um sistema complexo os elementos sociais e econômicos não devem ser entendidos como outro sistema, mas sim incluídos no próprio sistema de caráter ambiental. Nesta mesma linha, Christofolletti (1986-87, p. 120) destaca que a visão sistêmica Geografia, em especial a Geografia Física deve analisar os componentes da natureza de forma integrada.

Diante do que se estabelece como uma análise sistêmica, na Geografia, Christofolletti (1999, p. 42) considera como sinônimo de geossistema o termo sistema ambiental físico que, para o autor, significa a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria.

De acordo com Christofolletti (1999, p. 43) as ações antrópicas não estão inseridas na abordagem sistêmica que se propõe no geossistema, uma vez que, segundo ele, nos geossistemas, os produtos do sistema

socioeconômico entram como inputs e interferem nos processos e fluxos de matéria e energia, repercutindo inclusive nas respostas da estruturação espacial geossistêmica. O autor ainda destaca que "[...] os sistemas ambientais são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas socioeconômicos e deles recebem os seus produtos (edificações, insumos, emissões, dejetos, etc.)".

Os sistemas, de acordo com Christofletti (1979, p. 02-03), devem conter os seguintes componentes:

- a) Elementos ou unidades: são as partes componentes do sistema;
- b) Relações: os elementos integrantes do sistema encontram-se interrelacionados, um dependendo dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos;
- c) Atributos: são as qualidades que se atribuem aos elementos do sistema, a fim de caracterizá-los. Conforme o sistema é possível selecionar algumas qualidades para melhor descrever as suas partes. Os atributos podem se referir ao comprimento, área, volume, características da composição, densidade dos fenômenos observados e outros;
- d) Entrada (input): é constituída por aquilo que o sistema recebe. Um rio recebe água e sedimentos fornecidos pelas vertentes; uma indústria recebe matéria-prima e energia para o seu funcionamento; a Terra recebe energia solar; um animal recebe alimentação. Cada sistema é alimentado por determinados tipos de entradas;
- e) Saída (output): as entradas recebidas pelo sistema sofrem transformações em seu interior e, depois, são encaminhadas para fora. Todo produto fornecido pelo sistema representa um tipo de saída.

Essa abordagem sistêmica que se apresentou à ciência de forma unificadora e integradora pode ser considerada como um grande avanço teórico-metodológico, pois envolvida no passado com problemas continuamente complicados inerentes a outros ramos, tais como os hidrológicos, geomorfológicos e outros, a Geografia Física automaticamente divorciou-se de sua principal concepção a conexão da natureza com a sociedade humana (SOTCHAVA, 1977, p. 05).

Marques Neto (2008, p. 253) considera ser inegável a afirmação de que a abordagem sistêmica contribuiu para o avanço metodológico da

Geografia Física, que avança de um caráter separativo e setorizado para tentativamente munir-se de uma perspectiva dinâmica integrativa no estudo dos fenômenos geográficos.

A análise do processo de incorporação da abordagem sistêmica nos estudos geográficos mostra que “a forma sistêmica de pensamento foi adotada sucessivamente pela Biogeografia, Pedologia, Climatologia e Geomorfologia” (GREGORY, 1992, p. 18). A incorporação dessas ideias foi mais significativa entre a década de 60 e 70 do século XX. Ao comentar a incorporação da teoria sistêmica na Geografia, Rodrigues (2001 p. 72) ressalta que:

sua penetração foi muito maior na área da Geografia Física, tendo em vista que sua abordagem positivista e sua natureza preferencialmente indutiva acabaram por inibir até mesmo a utilização de suas ideias centrais na Geografia Humana.

Mendonça (1996, p. 61) destaca que nesse período que a abordagem ambiental no campo do pensamento geográfico moderno engaja-se na transformação da realidade, caracterizando-se pelo desenvolvimento de trabalhos “enfocando e tratando a natureza sob o ponto de vista da dinâmica natural das paisagens em interação com as relações sociais de produção”.

Apesar do desenvolvimento da visão sistêmica, é importante ressaltar que na década de 60 do século XX reivindica-se uma análise dos sistemas ambientais e a interpretação das interações da natureza com a sociedade. Havia uma ruptura com a tradicional visão do ambiente, visto até então de forma descritiva e contemplativa. Tem-se, assim, a possibilidade de focar e tratar a natureza sob o ponto de vista da dinâmica natural das paisagens em interação com as relações sociais de produção. Segundo Ross (2006, p. 198) a relação entre a incorporação da abordagem sistêmica à Geografia e a adoção de uma nova concepção de meio ambiente no âmbito desta ciência, o que se constituiu numa importante contribuição à superação dos problemas teórico-metodológicos:

A base teórico-metodológica está calcada nos princípios da análise sistêmica e no tratamento das informações referentes à natureza e à sociedade no contexto da integração de dados, combinados e inter-relacionados, de forma que possibilite alcançar a concepção socioambiental de um determinado lugar, propiciando uma perspectiva holística da interação

sociedade-natureza. É um tratamento de informações que contempla as relações da sociedade com a natureza, valorizando os aspectos das fisionomias, arranjos estruturais e funcionalidades socioambientais de uma determinada sociedade e como esta se apropria dos bens naturais e cuida da natureza. Nessa contextualização de formas, estruturas e processos, definem-se os modos como cada fragmento da superfície terrestre responde às intervenções humanas em função dos fluxos naturais de energia e matéria estabelecidos pela natureza, de um lado, e, de outro, as modificações das intensidades desses fluxos energéticos decorrentes das ações humanas nos componentes da natureza (ROSS, 2006, p. 198).

Nesse período a Geografia encontrava-se em uma dicotomia conforme destacam Rodriguez e Silva (2002):

A Geografia era composta por dois ramos dicotômicos em conflito: a Geografia Física em duas vertentes, a que estudava os componentes naturais isolados e aquela que estudava as paisagens ou geossistemas como totalidades parciais e esquecia as interações com a Sociedade Humana; e a Geografia Econômica e Humana, que esquecia a Natureza como base dos comportamentos sociais, ou a considerava só como recurso e fonte de progresso. A noção de paisagem foi, inclusive, considerada como diferente da noção de geossistema (por exemplo, a concepção de GTP, Geossistema-Território-Paisagem, de Bertrand). A Geografia tinha perdido seu instrumental teórico e metodológico para enfrentar a questão ambiental, que deveria ser baseada em uma análise holística, dialética e articulada, dos diferentes níveis das interações Natureza-Sociedade e da formação dos sistemas ambientais (RODRIGUEZ; SILVA, 2002, p. 97).

A Biologia e, em particular, a Ecologia Biológica desenvolveu estudos sobre ecossistemas a fim de espacializá-los, ou seja, para ultrapassar a visão vertical e funcional de uma Ecologia Tradicional. Assim a Ecologia optou pela noção de paisagem, dando origem assim à Ecologia da Paisagem.

Para a Ecologia da Paisagem, a paisagem é a expressão espacial dos ecossistemas e um complexo, padrão ou mosaico de ecótopos, ou seja, um mosaico de ecossistemas concretos. A estrutura das paisagens na Ecologia é considerada como a estrutura biótica dos ecossistemas, ou seja, as relações entre os sistemas bióticos e o espaço físico.

Em meados da década de 1980 do século XX a Geografia Física das Paisagens começou a ser denominada de Ecogeografia ou Geoecologia da Paisagem. De acordo com Rodriguez e Silva (2002):

A Ecogeografia foi desenvolvida principalmente pela escola de Jean Tricart. As unidades ecodinâmicas foram consideradas por essa linha de pensamento como sistemas ambientais por excelência, fundamentados no relevo e na Geomorfologia como sendo estes o embasamento essencial. Esqueceu-se assim a totalidade natural, privilegiando-se uma análise parcial. A Geoecologia da Paisagem tem seus antecedentes, na definição de Carl Troll nos anos 30 do século XX, sendo considerada como a disciplina que analisava funcionalmente a paisagem. Tratava-se, pois, não de estudar apenas as propriedades dos geossistemas no estado natural, mas procurar as interações, as pontes de relacionamento com os sistemas sociais e culturais, em uma dimensão sócio-ecológica, em articular a paisagem natural e a paisagem cultural (RODRIGUEZ; SILVA, 2002, p. 97-98).

A análise integrada da paisagem, na qual o estudo da paisagem é realizado segundo os pressupostos da teoria sistêmica, foi desenvolvido no âmbito da chamada Geoecologia da Paisagem e em relação a ela, pode-se afirmar que:

A concepção científica sobre a Geoecologia da Paisagem, como base para o planejamento ecológico do território, será analisada como um sistema de métodos, procedimentos e técnicas de investigação, cujo propósito consiste na obtenção de um conhecimento sobre o meio natural, com os quais pode-se estabelecer um diagnóstico operacional (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007, p. 13).

Nessa perspectiva, diversas ciências são relevantes para a formação de um referencial holístico no estudo da paisagem, destacando-se a Geografia e a Ecologia. Na escola germânica de Geografia Física, Carl Troll define, em 1950, o que vem a ser o casamento entre essas duas ciências que mais abordam o estudo da paisagem, através do conceito de “Ecologia da Paisagem”. Incorporando a abordagem funcionalista, Troll faz questão de marcar uma concepção interativa do todo (holística), onde o autor assinala o enfoque funcional como resultado da observação de que todos os geofatores, inclusive a economia e a cultura humana, se encontram em interação. Para o autor, a compreensão dessa interação incorpora o desenvolvimento de abordagens sistemáticas, que mesmo

tendo como base uma ideia de regionalização, via identificação de estrutura da paisagem, retoma uma espécie de visão orgânica do todo. O conceito de ecossistema na Geografia proposta por ele ganharia uma dimensão espacial, traduzindo-se em “células da paisagem” ou “ecótopos”, que são as divisões mínimas da paisagem geográfica (GUERRA; MARÇAL, 2006, p. 111).

Os princípios metodológicos que fundamentam a investigação geoecológica da paisagem são determinados pela concepção dialética sobre a interação entre as condições naturais e a produção social. Por outro lado, a análise histórico-natural constitui a base fundamental de aquisição do conhecimento relativo à gênese, ao desenvolvimento e à diferenciação espacial e temporal das paisagens (RIBEIRO, 2012, p. 39).

A análise da paisagem é o conjunto de métodos e procedimentos técnico-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007, p. 40). Desta forma pode-se afirmar que o esquema metodológico (Quadro 01) para análise geoecológica da paisagem ocorre da seguinte forma:

a) Estudo da organização paisagística, classificação e taxonomia das estruturas paisagísticas, conhecimento dos fatores que formam e transformam as paisagens, que inclui a utilização dos enfoques estrutural, funcional e histórico-genético;

b) Avaliação do potencial das paisagens e tipologia funcional, que inclui o cálculo do papel dos fatores antropogênicos através dos tipos de utilização da Natureza, dos impactos geoecológicos das atividades humanas, das funções e cargas econômicas;

c) Análise de planificação e proteção das paisagens, que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e a análise de alternativas tendo por base a prognose;

d) Organização estrutural-funcional direcionada à otimização das paisagens; Perícia ecológico-geográfica e monitoramento geossistêmico regional.

Quadro 01 - Métodos de análise da paisagem por meio da Geoecologia da Paisagem

PRINCÍPIOS	CONCEITOS BÁSICOS	MÉTODOS	ÍNDICES
Estrutural	Estruturas das paisagens: monossistêmica e parassistêmica. Estrutura horizontal e vertical, geodiversidade.	Cartografia das paisagens, classificação quantitativo-estrutural, tipologia e regionalização.	Imagem, complexidade, forma dos contornos, vizinhança, conexão, composição, integridade, coerência e configuração geocológica.
Funcional	Balço de EMI, interação de componentes, gênese, processos, dinâmica funcional, resiliência e homeostase.	Análise funcional, geoquímica, geofísica e investigações estacionais.	Função, estabilidade, solidez, fragilidade, estado geocológico, capacidade de auto-manutenção, autoregulação e organização, equilíbrio.
Dinâmico-evolutivo	Dinâmica temporal, estados temporais, evolução e desenvolvimento.	Retrospectivo, estacional, evolutivo e paleogeográfico.	Ciclos anuais, regimes dinâmicos, geomassa, geohorizonte, idade e tendências evolutivas.
Histórico-antropogênico	Antropogênese, transformação e modificação das paisagens.	Histórico e análise antropogênica.	Índices de antropogênese, Cortes histórico paisagísticos, perturbações, tipos de modificação e transformação humana (paisagens contemporâneas, trocas, hemerobia).
Integrativo	Sustentabilidade geocológica das paisagens; paisagem sustentável.	Análise paisagística integral.	Suporte estrutural, funcional, relacional, evolutivo e produtivo das paisagens; categorias de manejo da sustentabilidade da paisagem.

Fonte: RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 48. (Adaptado pelo autor).

A definição de unidades geocológicas constitui um aspecto fundamental da análise integrada da paisagem. As unidades geocológicas ou unidades geoambientais representam a individualização, a tipologia e as unidades regionais e locais da paisagem. A regionalização e a tipologia são fundamentais para a análise paisagística regional, constituindo a base das propriedades espaço-temporais dos complexos territoriais que se reproduzem pela influência dos fatores naturais e antropogênicos (RIBEIRO, 2012, p. 41).

A regionalização físico-geográfica, geocológica ou de paisagens “consiste na análise, classificação e cartografia dos complexos físico-geográficos individuais, tanto naturais quanto modificados pela atividade humana e a compreensão de sua composição, estrutura, relações, desenvolvimento e diferenciação” (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007, p. 66-68).

O critério de distinção dos complexos físico-geográficos não é a semelhança, mas sim a inseparabilidade, as relações espaciais e o desenvolvimento histórico. Cada unidade tem seu próprio nome e uma única área territorial. Tais unidades podem ser assim definidas:

Cada uma das unidades das paisagens caracteriza-se por uma determinada interação entre os componentes naturais, na qual origina-se o processo de desenvolvimento. Isto determina a homogeneidade relativa de suas propriedades naturais e a estabilidade das interrelações estruturais. A propriedade mais importante do complexo individual é a unicidade relativa de sua estrutura, tanto morfológica como funcional; do caráter das inter-relações e interações entre os componentes naturais (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007, p. 68).

As paisagens podem ser classificadas de acordo com o caráter de sua estrutura morfológica, de sua gênese, de sua designação e das possibilidades de utilização funcional, através de um processo que pode ser assim sintetizado:

A classificação da paisagem deve refletir o nível de estado do território e, simultaneamente, o grau de sua diferenciação espacial. A tipologia da paisagem é ainda um instrumento científico que contribui para a utilização em planejamento e projeções das ideias geocológicas (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2007, p. 77).

Os responsáveis por desenvolver as primeiras propostas para a análise integrada da paisagem segundo os fundamentos teórico-metodológicos da Teoria Geral dos Sistemas foram Viktor Sotchava e Georges Bertrand. O primeiro foi o pioneiro na elaboração do conceito de geossistema, influenciado pelo contexto da escola russa de Geografia e o segundo o responsável pela difusão dessa teoria no mundo ocidental pela escola francesa.

Christofolletti (1999, p. 42) destaca que Sotchava introduziu o termo geossistema na literatura soviética com a preocupação de estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos, enfocando aspectos integrados dos elementos naturais numa entidade espacial em substituição aos aspectos da dinâmica biológica dos ecossistemas, e que a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando sua estrutura e particularidades especiais são levados em consideração durante sua análise.

Apesar das incontestes dificuldades e limitações enfrentadas no desenvolvimento da teoria sistêmica, Monteiro (2000, p. 47-48) apresenta os méritos da contribuição de Sotchava para o desenvolvimento da visão geossistêmica: O geossistema é uma tentativa de melhoria na investigação em Geografia Física; A modelização dos geossistemas à base de sua dinâmica espontânea e antropogênica e do regime natural a elas correspondente permite acima de tudo, promover uma maior integração entre o natural e o humano (estudo das relações homem-natureza); A relevância para as avaliações de qualidade ambiental e para o aprimoramento da aplicação da Geografia no planejamento.

Vicente e Perez Filho (2003, p. 342) apontam as diversas contribuições dadas pela aplicação dos conceitos sistêmicos à Geografia e, através dela, aos estudos ambientais, entre as quais se destacam: A constituição de um método unificador para a Geografia; A apreensão das estruturas da superfície terrestre de forma integrada; O aprimoramento de uma proposta de trabalho científico multidisciplinar; O desenvolvimento de técnicas e de métodos estatísticos e cartográficos voltados à análise espacial; O aprimoramento dos conceitos de gestão e de planejamento territoriais sob uma perspectiva ambiental.

1.3. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas

Ao tratar de questões que abordam o planejamento ambiental, torna-se necessário iniciar a discussão a partir da compreensão da relação sociedade-natureza, pois pensar na (re)organização de um determinado espaço requer uma interpretação sistêmica. Ao analisar a relação do homem com a natureza nota-se a ideia de dominação, principalmente, de apropriação dos elementos da natureza e sua transformação em recurso, uma perspectiva de influência do sistema capitalista.

De acordo com Cavalcanti e Rodriguez (1997, p. 12), como os elementos da natureza foram transformados em recurso, atribuiu-se a ela um valor econômico e social. Esses valores vão definir as formas de ocupação, utilização e transformação, condicionando a qualidade ambiental e influenciando fortemente a qualidade de vida das diversas classes sociais. Assim distinguiram-se diferentes valores:

- Valor como sistema de recursos: como energia e matéria-prima a ser mobilizada pelos sistemas econômicos e nas atividades produtivas;
- Valor como sistema de condições de vida, ou habitat para determinar a comodidade e o conforto dos grupos humanos;
- Valor como fonte de percepções emocionais e sentimentos: na melhoria da qualidade de vida dos grupos humanos;
- Valor como fundo genético: nas atividades produtivas;
- Valor como espaço: na localização de objetos e atividades humanas.

O planejamento ambiental surge então como uma proposta de superação de uso inadequado dos recursos naturais e da má distribuição e organização da sociedade e das atividades econômicas sobre o território, oriundas das contradições do sistema capitalista, o que prejudica a relação da sociedade-natureza.

O planejamento ambiental surgiu, nas três últimas décadas, em razão do aumento dramático da competição por terras, água, recursos energéticos e biológicos, que gerou a necessidade de organizar o uso da terra, de compatibilizar esse uso com a proteção de ambientes ameaçados e de melhorar a qualidade de vida das populações. Surgiu também como uma resposta adversa ao desenvolvimento tecnológico, puramente materialista, buscando o desenvolvimento como um estado de

bem-estar, ao invés de um estado de economia nacional. O planejamento ambiental vem como uma solução a conflitos que possam ocorrer entre as metas da conservação ambiental e do planejamento tecnológico (SANTOS, 2004, p. 27).

Segundo Almeida *et al.* (1999, p. 16) o planejamento ambiental “consiste em metodologias e procedimentos para avaliar as consequências ambientais de uma ação proposta e identificar possíveis alternativas a esta ação, ou um conjunto de metodologias e procedimentos que avalia as contraposições entre as aptidões e usos dos territórios a serem planejados”. Botelho (1999, p. 274) propõe termo planejamento ambiental pode ser utilizado para definir “todo e qualquer projeto de planejamento de uma área que leve em consideração fatores físico-naturais e socioeconômicos para a avaliação das possibilidades de uso do território e/ou dos recursos naturais [...]”.

O planejamento tem a proposição de melhor atender as necessidades da população de um determinado território, portanto, é na esfera local que se deve dar ênfase durante o processo, pois é nesta escala que a população está mais próxima para a participação (LEAL, 1995, p. 03). De acordo com Almeida *et al.* (1999, p. 41), “no planejamento participativo, a coletividade deve dispor de mecanismos eficazes para influenciar a condução da máquina pública, ter acesso aos meios de comunicação e dispor de informações. Nestas condições, a participação da coletividade torna-se inerente ao planejamento, especialmente no caso da instância municipal e do planejamento urbano”.

Almeida *et al.* (1999, p. 42) destaca que as perspectivas da gestão ambiental devem ser abordadas no planejamento participativo e, portanto:

A adoção do modelo de desenvolvimento, que contemple a questão ambiental, passa, obrigatoriamente, pela democratização das decisões, de forma a permitir a participação da sociedade, garantido este acesso à discussão dos problemas e direito de vigilância no cumprimento das ações.

Para Cavalcanti e Rodriguez (1997, p. 37) o planejamento ambiental é um instrumento dirigido a planejar e programar da melhor forma o uso do território, as atividades produtivas, o ordenamento dos assentamentos humanos e o desenvolvimento da sociedade, em congruência com a vocação natural da terra, o aproveitamento sustentável dos recursos e a proteção e

qualidade do meio ambiente. O autor destaca que existem cinco etapas fundamentais para o planejamento ambiental:

I) Ordenamento ambiental ou geoecológico: que trata da projeção no espaço da política ambiental de um território e a definição do modelo territorial dos sistemas ambientais territoriais, baseado na projeção no espaço das atividades, usos e infraestruturas fundamentais que sustentam o estilo de desenvolvimento prevalecente.

II) Os projetos, planos e programas de gestão ambiental ou ecoplanos: que determinam o esquema do sistema de gestão ambiental e a concretização e o modelo territorial regional, obra ou projeto (unidade produtiva). Incluem a organização espacial, a infraestrutura geoecológica, a estrutura organizativa, as responsabilidades, as práticas, os procedimentos, o programa de vigilância e monitoramento e os recursos para a execução do sistema.

III) A avaliação ambiental dos projetos: que é um processo de revisão do conteúdo de um projeto e de sua viabilidade de acordo com a exploração dos recursos e serviços ambientais, em concordância com os planos de ordenamento e gestão ambiental e aos efeitos e conseqüências ambientais, com o propósito de alcançar a obtenção da licença ambiental.

IV) Execução e implementação dos ecoplanos e sistemas de gestão ambiental: que têm por finalidade a avaliação do plano e o programa de gestão ambiental de uma obra (unidade produtiva) ou entidade regional concreta.

V) Auditoria ambiental: que trata de uma revisão (avaliação sobre o andamento) do modelo territorial e diagnóstico ambiental de uma obra (unidade produtiva) ou entidade regional concreta, com o propósito de propor as correções, ou tomar as medidas legais e institucionais pertinentes.

Para Franco (2001, p. 36) o planejamento ambiental pressupõe três princípios de ação humana sobre os ecossistemas, os quais podem ser combinados em diversos gradientes, sendo: preservação, recuperação e a conservação do meio ambiente.

O primeiro é também chamado de princípio da não-ação, isto é, os ecossistemas deverão permanecer intocados pela ação humana e representam as áreas de reserva e bancos genéticos de interesse para vidas futuras, aplicando-se a

territórios que mantêm seus ciclos ecológicos em funcionamento sem grandes quebras nas cadeias alimentares.

A recuperação ambiental aplica-se a áreas alteradas pela ação humana adotando-se, nesse caso e a partir de um certo momento, o princípio da não-ação no sentido de se manter uma área intocável, onde, em alguns casos, presta-se um serviço de “ajuda à natureza” no sentido de se provocar ou acelerar determinados processos.

O terceiro caso, o da conservação ambiental, pressupõe o usufruto dos recursos da natureza pelo homem na linha de mínimo risco, isto é, sem degradação do meio, e do mínimo gasto de energia. De outra maneira, pode-se dizer que conservar significa utilizar sem destruir ou depredar a fonte de origem de alimento ou de energia.

Em síntese o planejamento ambiental se constitui como um dos instrumentos principais da política ambiental e uma ferramenta efetiva para o desenvolvimento sustentável. Conforme Rodriguez e Silva (2001, p. 05), a sustentabilidade ambiental “visa garantir um meio ambiente estável e melhorado que garanta a máxima produtividade econômica e o maior benefício e equidade social”. Para os autores, a noção de sustentabilidade abrange, principalmente, três categorias: a geoecológica, a econômica e a sócio-cultural.

A sustentabilidade geoecológica está associada aos ecossistemas e geossistemas, ou seja, aos sistemas ambientais naturais. Eles estão formados por componentes e estruturas de origem natural. Eles são a base que sustenta o capital natural e garantem os recursos e serviços ambientais para o funcionamento dos outros sistemas.

A sustentabilidade econômica está associada aos sistemas tecnológicos e econômicos. Eles garantem as infraestruturas e o capital físico e financeiro que se incorporam no processo produtivo à base dos recursos e serviços ambientais e os convertem em bens e serviços econômicos. É definida como a habilidade de um sistema econômico de manter a produção através do tempo, mesmo na presença de repetidas restrições geoecológicas e pressões socioeconômicas.

A sustentabilidade sócio-cultural está associada aos sistemas socioambientais. Eles garantem relações e vínculos emotivos e sociais, os valores culturais e humanos, que os unem, sólida e efetivamente, com o território, e que permitem a adequação dos processos de adaptação aos respectivos nichos biofísicos

e econômicos. Para alcançar a sustentabilidade sócio-cultural são necessárias as atuações dos grupos sociais de maneira compatível com os valores culturais e éticos.

Um dos problemas que dificultaram o desenvolvimento de políticas e ações de planejamento ambiental no Brasil foi que inicialmente, as questões ambientais foram abordadas de forma setorial (água, floresta, solo, etc.). Assim várias leis e órgãos foram criados com superposição de funções, conduzindo a conflitos e ineficácia (ALMEIDA *et al.*, 1999, p. 40).

Para Cunha e Guerra, (2012, p. 352), os desequilíbrios ambientais originam-se, muitas vezes, da visão setorializada dentro de um conjunto de elementos que compõem a paisagem. A bacia hidrográfica, como unidade integradora desses setores (naturais e sociais) deve ser administrada com esta função, a fim de que os impactos ambientais sejam minimizados. Além disso, a bacia hidrográfica, no caso brasileiro, constitui a unidade físico-territorial para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, como estabelecido na Lei Estadual 6.381/2001 e na Lei Federal 9.433/97. Nesta perspectiva, optou-se pela escolha da bacia hidrográfica como recorte territorial da área de estudo.

Uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes e intermitentes. Seu conceito está associado à noção de sistema, nascente, divisores de águas, cursos de águas hierarquizados e foz. Toda ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade. A medida de algumas de suas variáveis permite interpretar, pelo menos parcialmente, a soma de eventos. Essa é uma das peculiaridades que induz os planejadores a escolherem a bacia hidrográfica como uma unidade de gestão [...] Somado a isso, não há dúvidas de que é essencial a proteção à água, por sua condição de elemento fundamental para a vida e para as atividades humanas (SANTOS, 2004, p. 85).

De acordo com Botelho (1999, p. 269), a bacia hidrográfica é a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água. Christofolletti (1980, p. 102) define a bacia hidrográfica como uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, ou geomorfologicamente por um sistema aberto que recebe suprimento contínuo de energia através do clima reinante, e que

sistematicamente, perde através da água e dos sedimentos que a deixam. Desta forma, tudo o que ocorre na bacia hidrográfica repercute direta ou indiretamente nos rios e na qualidade e quantidade das águas.

De forma geral, os gerenciamentos integrados de bacias hidrográficas, os planos diretores para o gerenciamento das bacias hidrográficas e os de manejo de bacias hidrográficas são mais amplos no que tange à interpretação e ação voltada aos recursos associados à água. Somam mais efetivamente medidas de conservação dos mananciais com medidas de conservação do solo, dos remanescentes vegetacionais e fauna, com controle de atividades rurais e urbanas (SANTOS, 2004, p. 37).

Por apresentar os elementos físicos, biológicos e humanos que compõem o meio, a bacia hidrográfica pode ser considerada como uma boa unidade de gestão, portanto, impõe abordar todos seus elementos (água, solo, flora, fauna, uso e ocupação do solo, etc.) e compreendê-la como uma totalidade composta por elementos naturais e sociais interrelacionados e dinâmicos (LEAL, 2003, p. 71-72). Botelho e Silva (2004, p. 153) ratificam essa ideia, afirmando que, “entendida como célula básica de análise ambiental, a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental”.

Se a adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de análise e de gestão de recursos hídricos pode apresentar certas vantagens, como o fato de que “a rede de drenagem de uma bacia consiste num dos caminhos preferenciais de boa parte das relações causa-efeito, particularmente aquelas que envolvem o meio hídrico” (LANNA, 1995, p. 63), pode também apresentar alguns problemas, sobretudo quando se leva em conta os limites territoriais, onde “nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia e, conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas relações causa-efeito de caráter econômico e político” (LANNA, 1995, p. 63).

Em relação à compatibilização entre os limites político-administrativos e os limites das bacias hidrográficas, Leal (2000, p. 36) destaca que:

Outro grande desafio da gestão dos recursos hídricos no país consiste na compatibilização dos limites das bacias

hidrográficas e dos territórios municipais e estaduais brasileiros, já que muitos impactos ambientais sobre as águas originam-se da inadequação das ações gerenciais sobre territórios que possuem os cursos d'água como limites e não como aglutinadores. No gerenciamento das águas é preciso analisar cada caso específico de delimitação territorial de bacia hidrográfica. Em princípio, não se deve ficar preso aos limites naturais da bacia (seus divisores d'água), tendo em vista que várias bacias encontram-se interligadas por sistemas hidráulicos de reversão de águas, por redes de drenagem urbana, por movimentos de terra de origem antrópica, etc. Desta forma, a delimitação territorial de uma bacia hidrográfica envolve, entre outros, estudos cartográficos e de uso e ocupação do solo.

No âmbito da adoção da bacia hidrográfica como unidade espacial de planejamento ambiental, Santos (2004, p. 40-41) coloca que:

O critério de bacia hidrográfica é comumente usado porque constitui um sistema natural bem delimitado no espaço, composto por um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d'água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas. Esta unidade territorial é entendida como uma caixa preta, onde os fenômenos e interações podem ser interpretados, a priori, pelo input e output. Neste sentido, são tratadas como unidades geográficas, onde os recursos naturais se integram. Além disso, constitui-se numa unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização. Sendo assim, é um limite nítido para ordenação territorial, considerando que não há área de terra, por menor que seja, que não se integre a uma bacia hidrográfica e, quando o problema central é água, a solução deve estar estreitamente ligada ao seu manejo e manutenção.

O objetivo do planejamento ambiental é garantir, da melhor forma, o desenvolvimento efetivo da produção social, através do uso racional e da proteção dos recursos do meio ambiente, constituindo-se como um dos principais instrumentos da política ambiental e uma ferramenta efetiva para a promoção do desenvolvimento sustentável, pois a efetivação plena e eficaz deste instrumento torna-se possível compatibilizar a máxima produtividade econômica com o maior benefício e equidade social com um meio ambiente equilibrado.

1.4. Planejamento e gerenciamento de recursos hídricos

As pesquisas sobre bacias hidrográficas têm como plano de fundo, as questões relacionadas à hidrografia, por conta da rede de drenagem que pertence à bacia em análise, portanto, cabe a este capítulo discorrer sobre os recursos hídricos.

O contexto que antecede o início da gestão dos recursos hídricos no Brasil é marcado por um acelerado crescimento econômico vivenciado pelo país, sobretudo, a partir da década de 1970. O intenso processo de industrialização e urbanização conduziu ao aumento e diversificação das demandas por água no país, surgindo conflitos pelo uso dos recursos hídricos o que colocava em pauta a poluição e a degradação quantitativa e qualitativa desses recursos (MACHADO; TORRES, 2012, p. 163).

Anterior a esse contexto, a gestão dos recursos hídricos estava baseada no Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 1934), apesar de ter sido considerada um “ponto de partida técnico e jurídico na apropriação e conservação dos recursos hídricos do Brasil” (NASCIMENTO, 2006, p. 15). Essa legislação “era uma política de caráter abrangente que não conseguia mais atender aos problemas ambientais específicos gerados pela fase de desenvolvimento que o país passava” (CUNHA; COELHO, 2003, p. 69).

Pode-se considerar como um dos maiores avanços quanto ao uso, planejamento em gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil com a instituição da Lei Federal 9.433/97, que regulamentou o inciso XIX do Artigo 21 da Constituição Federal instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A PNRH estabeleceu os fundamentos, os objetivos, as diretrizes e os instrumentos para gestão desses recursos (Quadro 02).

Quadro 02 - Estrutura da Política Nacional dos Recursos Hídricos

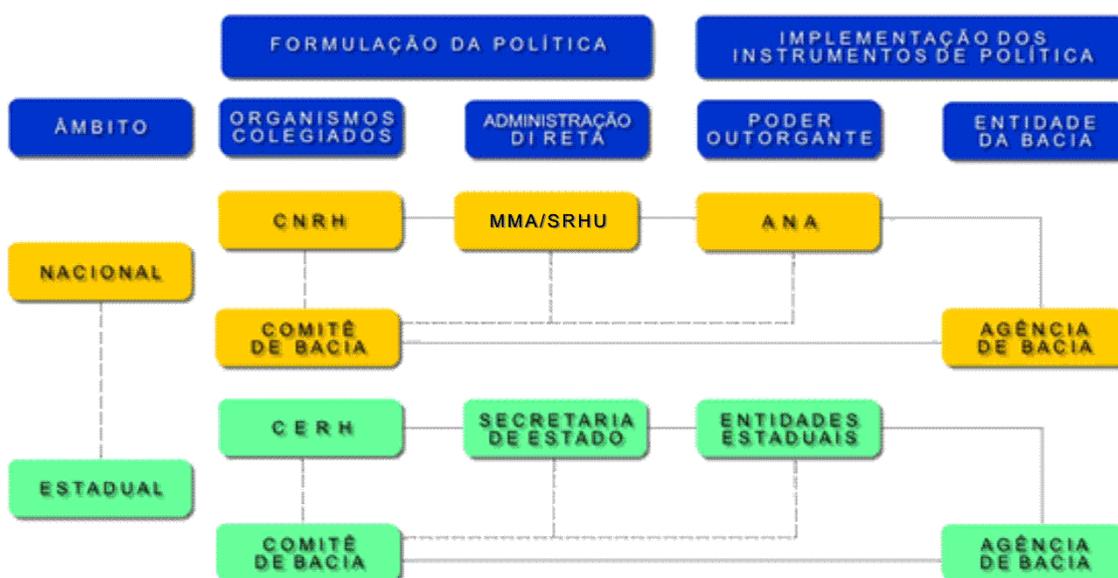
FUNDAMENTOS (Cap.I, Art. 1º)	OBJETIVOS (Cap. II, Art. 2º)	DIRETRIZES (Cap. III Art. 3º)	INSTRUMENTOS (Cap. IV, Art 5º)
<p>I - a água é um bem de domínio público;</p> <p>II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;</p> <p>III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;</p> <p>IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;</p> <p>V - 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;</p> <p>VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades</p>	<p>I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;</p> <p>II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;</p> <p>III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.</p>	<p>I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;</p> <p>II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;</p> <p>III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;</p> <p>IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;</p> <p>V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;</p> <p>VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.</p>	<p>I - os Planos de Recursos Hídricos;</p> <p>II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;</p> <p>III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;</p> <p>IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;</p> <p>V - a compensação a municípios;</p> <p>VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.</p>

Fonte: BRASIL (1997).

O SINGREH foi criado com a finalidade de coordenar a gestão integrada das águas, arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos, implementar a PNRH, planejar, regular e controlar o uso, além de preservar, recuperar os recursos hídricos e promover a cobrança pelo uso desses recursos. Segundo Garcia (1998, p. 108) e o Ministério do Meio Ambiente (2006, p. 36), a estrutura do SINGREH (Figura 02) está disposta da seguinte forma:

- Em âmbito nacional, encontra-se o Conselho Nacional de Recursos Hídricos para promover a articulação do planejamento, arbitrar os conflitos entre Conselhos Estaduais, deliberar sobre projetos de aproveitamento e analisar propostas de alteração da legislação;
- Em âmbito estadual, pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, com funções em suas correspondentes áreas de competência;
- Por bacia hidrográfica, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, para promover o debate, arbitrar em primeira instância, aprovar e monitorar o plano diretor da bacia hidrográfica, e subsidiar ações de acumulações, derivações, captações e mecanismos de cobrança pelo uso d'água, e pelas agências de água com funções de secretaria executiva.

Figura 02 - Estrutura do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos



Fonte: BRASIL, 2016.

A figura 02 identifica a forma integrada da estrutura do SINGREH, onde cada instância executa seu papel, no entanto, sem perder o foco e a relação com os demais segmentos. Cabe salientar que o sistema assegura:

Participação dos distintos de usuários de água e da sociedade civil em todos os plenários por ele constituídos, desde o Conselho Nacional de Recursos Hídricos até os Comitês de Bacias Hidrográficas. É a forma de dar legitimidade à decisão e é também a forma mais eficiente para garantir a implantação das decisões tomadas (PORTO; PORTO, 2008, p. 49).

A Lei 9.433/1997 colocou o Brasil entre os países de legislação avançada no setor de recursos hídricos, ao trazer avanços significativos, trouxe também novos paradigmas. De acordo com Peres e Silva (2013, p. 351), dentre os principais paradigmas estão: os usos múltiplos das águas, a conceituação da água como bem de domínio público, recurso natural limitado, dotado de valor econômico e a combinação de instrumentos técnicos (planos diretores), jurídicos (outorga), político-institucionais (comitês) e econômico-financeiros (cobrança). Além disso, definiu-se que a gestão dos recursos hídricos deveria ser descentralizada e contar com a participação pública.

Como as atividades dos usuários da água são competitivas e se acirram na medida em que diminui o acesso ou a disponibilidade hídrica, a forma de dar sustentabilidade e equidade levou à constituição de um novo arranjo institucional na forma de Comitês de Bacia e suas respectivas Agências de Água, impulsionando a necessidade de cooperação entre diferentes esferas administrativas (PERES; SILVA, 2013, p. 351).

Os Planos de Recursos Hídricos por bacias hidrográficas ou os comumente chamados “Planos de Bacia”, são considerados planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos que devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por estado (Plano Estadual) e para o país (Plano Nacional), tendo como conteúdo mínimo o art. 7 da Lei 9.433/1997:

- I - diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;

III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;

IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;

V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;

VIII - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;

IX - diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;

X - propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Tratando-se de instrumentos de planejamento os Planos de Bacias demonstram ser um instrumento bastante importante, pois se almeja mostrar o conhecimento dos potenciais e limites de exploração hídrica, para assim planejar e gerenciar, no contexto atual e futuro, os usos múltiplos da água objetivando preservar e minimizar os conflitos por este recurso. Pode-se destacar que nos últimos anos, os Planos de Bacias bem como os Comitês de Bacias vêm ganhando cada vez mais visibilidade e aplicação no Brasil, principalmente, nas regiões sul e sudeste do país.

De acordo com Bordalo; Silva; Santos (2012, p. 1223), a gestão dos recursos hídricos no estado do Pará se torna mais expressiva com a criação da Lei Estadual 6.381/2001 que estabeleceu a Política Estadual dos Recursos Hídricos (PERH) e o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SGRH), ambas respaldadas na PNRH, a PERH definiu seus princípios, objetivos, diretrizes com instrumentos similares aos da PNRH, citados no quadro 03.

Quadro 03 - Princípios e Objetivos estabelecidos pela Política Estadual dos Recursos Hídricos (Lei 6.381/2001)

PRINCÍPIOS (Cap. 1, Art. 1)	OBJETIVOS (Cap. 2, Art. 2)	DIRETRIZES e AÇÕES (Cap. 3, Art. 3)	
<p>I – a água é um bem de domínio público;</p> <p>II – a água é um recurso natural limitado, dotado de função social e de valor econômico;</p> <p>III – o uso prioritário da água é o consumo humano e a dessedentação de animais;</p> <p>IV – a adoção da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial para implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos;</p> <p>V – o planejamento e a gestão dos recursos hídricos realizados de forma a:</p> <p>a) ser compatível com as exigências do desenvolvimento sustentável;</p>	<p>I – assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade dos recursos hídricos, na medida de suas necessidades e em padrões qualitativos e quantitativos adequados aos respectivos usos;</p> <p>II – o aproveitamento racional e integrado dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável;</p> <p>III – a proteção das bacias hidrográficas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro;</p> <p>IV – o controle do uso dos recursos hídricos;</p> <p>V – a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso</p>	<p>I – a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos;</p> <p>II – a adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do Estado;</p> <p>III – a integração da gestão de recursos hídricos com a ambiental;</p> <p>IV – a articulação dos planejamentos dos recursos hídricos com os dos setores usuários e com o planejamento regional e federal;</p> <p>V – a compatibilização da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo;</p>	<p>§ 1º O Estado fomentará e coordenará ações integradas nas bacias hidrográficas, tendo em vista garantir que o tratamento de efluentes e esgotos urbanos, industriais e outros, realizado pelos respectivos usuários, ocorra antes do lançamento nos corpos d'água.</p> <p>§ 2º O Estado realizará programas integrados com os Municípios, mediante convênios de mútua cooperação, assistência técnica e econômico financeira, com vistas:</p> <p>I – à instituição de áreas de proteção e conservação das águas utilizáveis para abastecimento das populações;</p> <p>II – à proteção e conservação das áreas de preservação permanente obrigatória, além daquela considerada de risco</p>

<p>b) assegurar os usos múltiplos das águas;</p> <p>c) descentralizar, contando com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades;</p> <p>d) considerar as interações do ciclo hidrológico entre as águas superficiais, subterrâneas e meteóricas;</p> <p>e) considerar os aspectos econômicos, sociais e ambientais na utilização da água no território do Estado do Pará.</p>	<p>inadequado dos recursos naturais.</p>	<p>VI – a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estaduais e zonas costeiras;</p> <p>VII – o desenvolvimento do transporte aquaviário e seu aproveitamento econômico, em consonância com os princípios desta Lei;</p> <p>VIII – a criação e operação da rede hidrometeorológica do Estado e o intercâmbio das informações com instituições federais, estaduais, municipais e privadas;</p> <p>IX – a criação e operação de um sistema integrado de monitoramento permanente de recursos hídricos;</p> <p>X – a execução e manutenção de campanhas educativas visando à conscientização da sociedade para a utilização racional de recursos hídricos.</p>	<p>aos múltiplos usos dos recursos hídricos;</p> <p>III – ao zoneamento das áreas inundáveis, com restrições a usos incompatíveis nas áreas sujeitas a inundações frequentes e manutenção da capacidade de infiltração do solo;</p> <p>IV – à implantação do sistema de alerta e defesa civil para garantir a segurança e a saúde pública, quando se tratar de eventos hidrológicos indesejáveis;</p> <p>§ 3º O Estado, observados os dispositivos constitucionais relativos à matéria, articular-se-á com a União, Estados vizinhos e Municípios, visando à atuação conjunta para o aproveitamento e controle dos recursos hídricos e respectivos impactos em seu território.</p>
---	--	--	--

Fonte: PARÁ (2001).

Foi atribuído à antiga Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia (SECTAM), posteriormente chamada de Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) e atual Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), o papel de gerenciar e efetivar a PERH e seus respectivos instrumentos, para garantir auxílio e mecanismos que possibilitem a gestão descentralizada e integrada dos recursos hídricos.

O estado do Pará detém uma rede hidrográfica bastante expressiva, assim o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) define pela Lei 6.381/2001, sete Macrorregiões Hidrográficas (MRH): Calha Norte, Tapajós, Baixo Amazonas, Xingu, Tocantins-Araguaia, Portel-Marajó e Costa Atlântica-Norte (Figura 03) e justificando-se que as três regiões hidrográficas divididas pelo CNRH, compreendiam áreas muito abrangentes para o cumprimento das metas de gestão estadual (LIMA *et al.*, 2005, p. 67).

Figura 03 - Divisão Hidrográfica do Estado do Pará

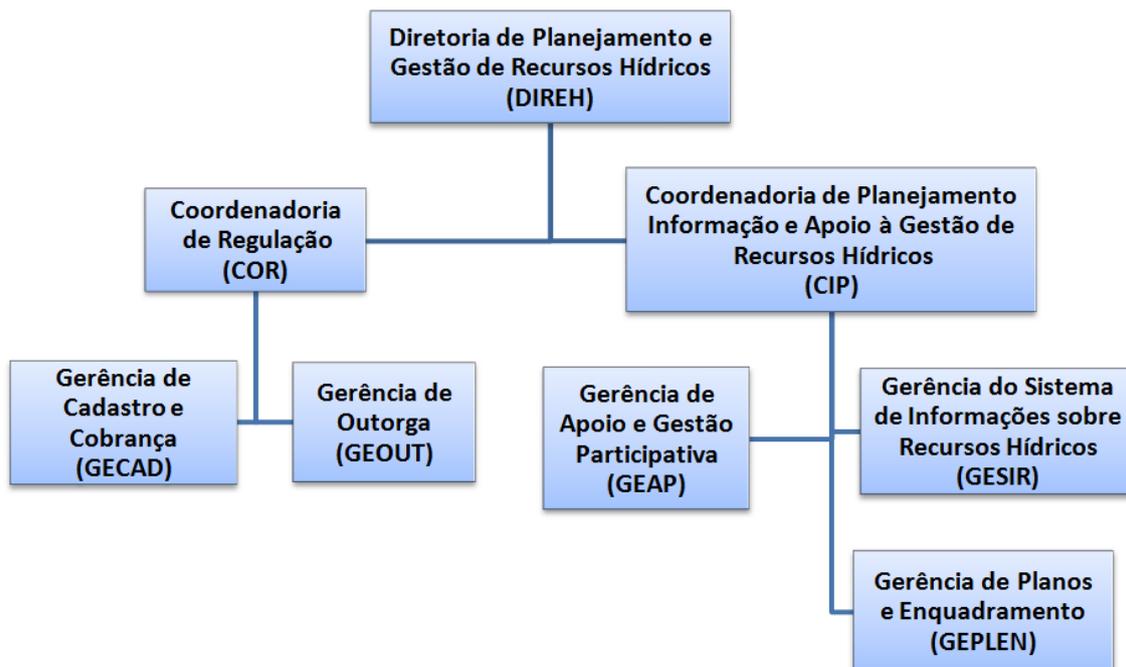


A partir da vigência da Lei Estadual nº 7.026, de 30 de julho de 2007 e com a assinatura do Decreto nº 746, no dia 27 de dezembro de 2007 a gestão

recursos hídricos ganhou maior importância no contexto estadual, pois na ocasião criou-se a Diretoria de Recursos Hídricos como parte integrante da estrutura organizacional da SEMA. A partir do dia 1º de janeiro de 2015, o Governo do Estado adotou uma nova estrutura administrativa, entre as mudanças expressas da Lei Estadual nº 8.096, onde a diretoria passou a ser denominada Diretoria de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (DIREH) vinculada à Secretaria Adjunta de Gestão de Recursos Hídricos (SAGRH), que está diretamente subordinada a mais alta hierarquia da atual SEMAS.

A DIREH é composta atualmente por duas coordenações: Coordenadoria de Regulação (COR), que possui duas gerências: Gerência de Cadastro e Cobrança (GECAD) e Gerência de Outorga (GEOUT); e a Coordenadoria de Planejamento Informação e Apoio à Gestão de Recursos Hídricos (CIP), com três gerências: Gerência de Apoio e Gestão Participativa (GEAP), Gerência do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (GESIR) e Gerência de Planos e Enquadramento (GEPLEN). A estrutura administrativa da DIREH pode ser observada na figura 04.

Figura 04 – Organograma organizacional da Diretoria de Recursos Hídricos da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade



Fonte: PARÁ, 2016.

Quanto aos instrumentos de planejamento da PERH do Estado do Pará, a Lei 6.381/2001, Capítulo IV, Art. 4º, estabelece que:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes;
- III - a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- V - a compensação aos Municípios;
- VI - o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
- VII - a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental.

Na tentativa de promover melhor a gestão de recursos hídricos, a PNRH sugere a criação de Comitês de Bacias, com a premissa de debater as questões relacionadas aos recursos hídricos da bacia para articular a proteção e a sustentabilidade. Os Comitês de Bacias têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, por meio de implementação dos instrumentos de técnicos de gestão, da negociação de conflitos e da promoção dos usuários múltiplos da água na bacia hidrográfica (ANA, 2009, p. 123).

Segundo Bordalo e Costa (2013, p. 58) o desenvolvimento dos Comitês de Bacias nos estados da região sudeste e sul ocorreu também devido serem estados detentores de fortes conflitos por água, entre diferentes usuários, diante de um quadro de escassez quantitativa e qualitativa.

No estado do Pará a incipiência no que diz respeito aos instrumentos de planejamento, sobretudo, aos Comitês de Bacias, que são considerados componentes de gerenciamento e instrumento de planejamento, respectivamente, colaboram para a deficiência de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos no estado (PAUNGARTTEN, 2013, p. 40).

Bordalo e Costa (2013, p. 65) consideram esta situação como enquadrada no “Modelo Burocrático”, uma vez que uma série de medidas da PERH e SEGRH ocorreu de forma lenta, o que contribui de forma negativa também é a forma centralizada e hierarquizada do poder público, com pouca ou total ausência da participação da população no modelo de gestão.

1.5. Metodologia

De acordo com Ribeiro (2012, p. 61), o planejamento ambiental fundamenta-se na interação e integração dos sistemas que compõem o ambiente. Tem o papel de estabelecer as relações entre os sistemas ecológicos e os processos da sociedade, das necessidades socioculturais a atividades e interesses econômicos, a fim de manter a máxima integridade possível dos seus elementos componentes. Por isso é de fundamental importância atentar-se para o fato de que:

Incorporar o ambiente ao planejamento não significa apenas agregá-lo ao plano do desenvolvimento, na forma de um capítulo especial, nem organizar uma nova hierarquia de valores que tenha em primeiro lugar os valores ambientais. Na realidade, consiste na análise sistemática, no decorrer de todo o processo de planejamento, das oportunidades e potencialidades, bem como dos riscos e perigos inerentes à utilização dos recursos ambientais da sociedade para o seu desenvolvimento [...]. O alcance desse reconhecimento requer o fortalecimento de metodologias interdisciplinares de planejamento, capazes de articular as especificidades das relações entre os ambientes naturais e humanos em dada realidade (ALMEIDA *et al.*, 1999, p. 123-124).

A escolha do método a ser utilizado no processo de planejamento ambiental deve levar em consideração a sua capacidade de integrar as variáveis ambientais. Os principais métodos utilizados no planejamento ambiental, segundo Mota (1995, p. 175), são o “ad hoc”, listagem de controle, matriz e rede de interação, superposição de cartas e modelos de simulação, caracterizam-se por:

- Método “ad hoc”: reunião de técnicos e cientistas, cujas especialidades são escolhidas de acordo com as características da proposta a ser analisada; fornece orientação quanto aos impactos mais prováveis, e quanto à melhor alternativa a ser escolhida; são úteis como técnica de previsão de impactos;
- Listagem de controle: caracterizado por uma lista de todos os parâmetros e fatores ambientais que possam ser afetados por uma proposta;
- Matrizes de interação: matrizes que dispõem em um dos eixos os fatores ambientais e no outro as diversas ações referentes a um projeto: nas quadrículas definidas pela

intersecção das linhas e colunas, assinalam-se os prováveis impactos de cada ação sobre cada fator ambiental;

- Redes de interação: estabelecem a seqüência de impactos desencadeada por cada uma das ações, através da construção de gráficos ou diagramas;
- Superposição de cartas: confecção de cartas temáticas de uma mesma área geográfica, uma para cada fator ambiental (embasamento geológico, tipo de solo, declividade, cobertura vegetal, rede hidrográfica, etc.); as cartas são superpostas para permitir a síntese das informações ou a situação ambiental de certa área;
- Modelos de simulação: modelos matemáticos destinados a representar, tanto quanto possível, a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais.

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007, p. 210) ressaltam que a concepção do planejamento ambiental exige uma visão sistêmica, holística e dialética da relação natureza-sociedade, baseada na ideia da existência de sistemas ambientais inter-relacionados e que formam sua totalidade. Dentre os métodos elencados anteriormente, o que mais se aproxima da metodologia utilizada nesta pesquisa é o de sobreposição de cartas, pois permite analisar de forma sistêmica a paisagem da bacia hidrográfica.

Conforme resalta Santos (2004, p. 129), “um mapa não é uma simples representação espacial da informação. Sua produção é o resultado de um processo de construção de conhecimento”, e os procedimentos que compõem as etapas de mapeamento no planejamento ambiental são:

- a) Estabelecimento dos objetivos gerais do mapeamento e das escalas a serem adotadas para cada tema;
- b) Coleta e análise da documentação disponível seja ela sob a forma orbital, cartográfica ou descritiva;
- c) Definição e elaboração dos mapas-base (drenagem, vias de acesso) de mesma escala atribuída aos temas;
- d) Interpretação preliminar de cada tema superposto à base cartográfica;
- e) Trabalhos em campo: coleta de informações e aferições;

- f) Correções ou ajustes dos mapas de cada tema e definição das questões prioritárias, estabelecendo os destaques e detalhamentos a serem feitos;
- g) Elaboração das hipóteses iniciais de relações causa-efeito e determinação de critérios de classificação;
- h) Classificação detalhada ou estabelecimento das relações causais;
- i) Elaboração de mapas intermediários pela associação dos temas, de acordo com a classificação prevista por meio de softwares específicos ou manualmente;
- j) Associação dos mapas intermediários para elaboração do mapa-síntese;
- k) Interpretação do mapa-síntese e suas unidades ambientais para subsidiar a etapa seguinte do planejamento (formulação de prognósticos, diretrizes, recomendações, etc.).

A metodologia adotada nesta pesquisa foi desenvolvida por Rodriguez (1994) e Rodriguez *et al.* (1995), adaptada ao planejamento ambiental por Leal (1995) e aplicada a microbacia hidrográfica do Córrego Areia Branca em Campinas/SP. A partir disso a metodologia foi aplicada por Dibieso (2007) na bacia hidrográfica do Córrego do Cedro em Presidente Prudente/SP, por Ribeiro (2012) na bacia hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas em Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG, por Soares (2012) na bacia hidrográfica do Balneário da Amizade em Presidente Prudente/SP e por Paungartten (2013) na bacia hidrográfica do Rio Benfica na Região Metropolitana de Belém/PA.

A proposta prevê a realização de um estudo para subsidiar o planejamento ambiental de bacias hidrográficas, contendo as etapas de Inventário, Diagnóstico e Propostas de melhoria para a área analisada. O estudo pretende proporcionar uma visão integrada das unidades do meio físico e das unidades de uso da terra e cobertura vegetal da bacia estudada.

Para o desenvolvimento desta pesquisa buscou-se outros trabalhos já realizados nesta bacia, assim, foram encontrados Santos (2006), Santos (2009), Souza (2010), Jesuino (2010), Albuquerque (2013) e Vale *et al.* (2015). Além de pesquisa bibliográfica foram realizados trabalhos de campo, o que permitiu fazer registros fotográficos e entrevistas abertas com moradores e representantes do poder público da localidade.

1.5.1. Procedimentos Metodológicos

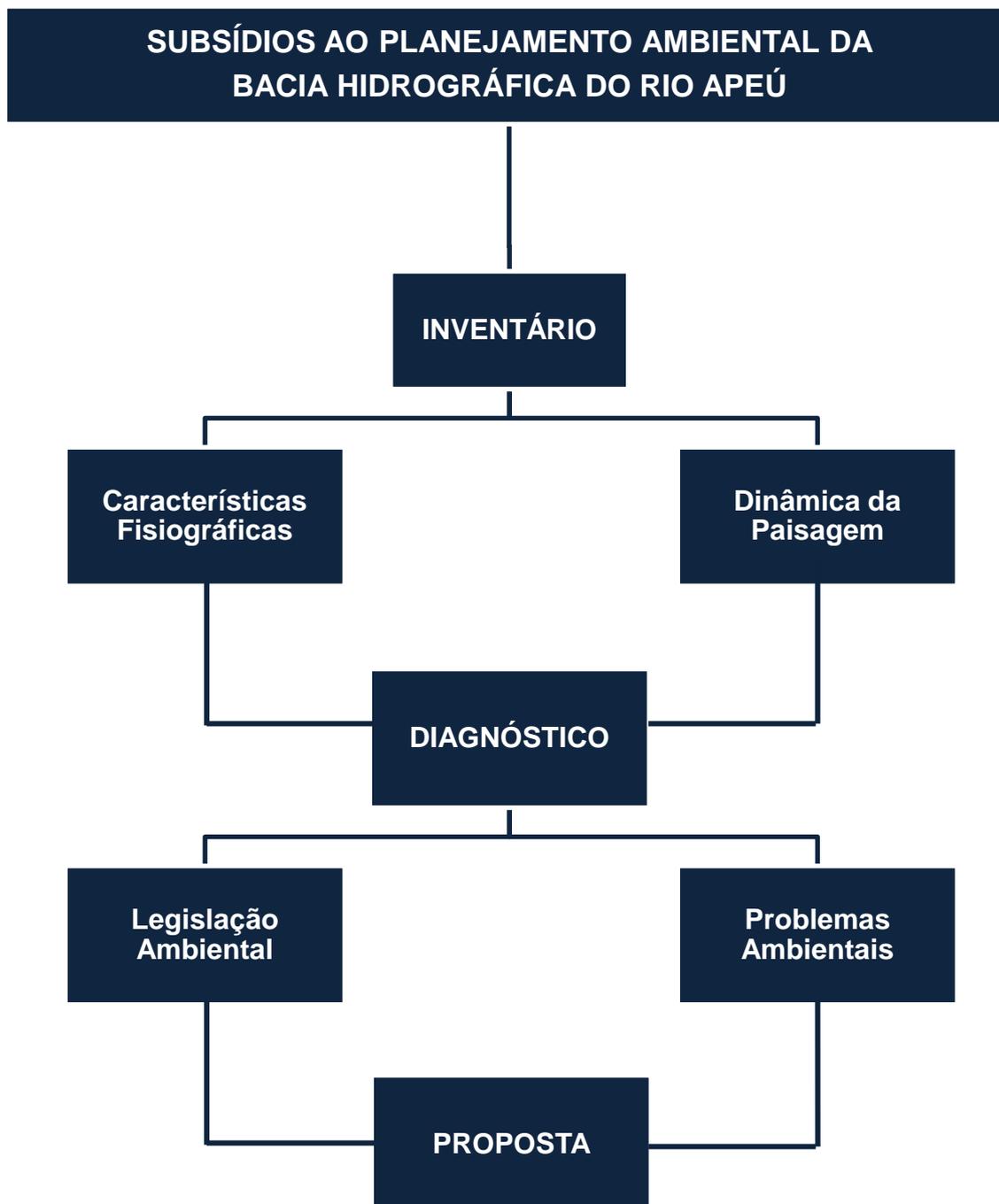
Para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Apeú foram sistematizados e interpretados, de forma sucinta, os dados e as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, pedológicas, da rede de drenagem, do uso da terra e cobertura vegetal, oferecendo, desta forma, subsídios para a compreensão da realidade local e para a execução de projetos em escalas mais adequadas para intervenção.

Cada metodologia é adaptada de acordo com a realidade da área de análise, portanto, cabe ao pesquisador fazer as adequações conforme a realidade em que se trabalha. Desta forma a elaboração de propostas que visam fornecer subsídios ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú foi realizada a partir de uma estrutura metodológica que comporta as etapas: Inventário, Diagnóstico e Proposta.

No Inventário foram levantados e analisados dados e informações de várias temáticas na bacia estudada. No Diagnóstico, utilizando-se desses dados e informações disponibilizados pela etapa anterior, foram abordadas as principais problemáticas sociais e ambientais na bacia. Na Proposta, foram apresentadas medidas para subsidiar o poder público no planejamento ambiental da bacia.

A figura 05 apresenta o fluxograma das etapas metodológica proposta para o desenvolvimento da presente pesquisa. A seguir, tem-se a descrição de cada uma das etapas desenvolvidas.

Figura 05 - Fluxograma das Etapas Metodológicas



1.5.2. Inventário

A etapa de inventário conforme aponta Leal (1995, p. 47-48), consiste num levantamento detalhado das características ambientais da bacia, considerando-se sua localização, o processo histórico de produção desse espaço e seus aspectos naturais e sociais, particularizados e inter-relacionados, de forma a se obter unidades físicas e o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal. Esta etapa consiste em levantamentos bibliográficos e trabalhos de campo, desta forma, os resultados são sistematizados e cartografados, gerando uma coleção de mapas temáticos, tabelas e quadros.

Para a definição em unidades, foram, primeiramente, identificadas as unidades físicas e os usos da terra e cobertura vegetal, e, posteriormente, estas foram inter-relacionadas para obtenção das unidades ambientais:

- As unidades do meio físico foram definidas a partir da elaboração e da compilação dos mapas temáticos de hidrografia, geologia, geomorfologia, pedologia e declividade na escala 1:100.000 a 1:250.000, além de dados climáticos. Esses mapas foram analisados separadamente e, posteriormente, integrados para a obtenção da carta do meio físico; além da sobreposição dos mapas, foram consideradas suas características individuais e sua expressividade para a determinação das unidades.
- Para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal foram consideradas as seguintes classes: área urbana, área de mineração, agrosilvopastoril e cobertura vegetal. Os usos da terra e cobertura vegetal podem ser considerados áreas que possuem características particulares e que permitem sua individualização como forma de expressão da (des)organização social presente na produção, e possuem uma espacialidade que possibilita sua representação.
- As unidades ambientais são o resultado da integração e da relação entre as etapas anteriores (unidades do meio físico e mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal); para isso, assim como para a definição das outras unidades, foi utilizado o método de sobreposição de mapas em ambiente de SIG e trabalhos de campo.

De acordo com Botelho (1999, p. 288), “o mapeamento de unidades ambientais busca representar a análise da paisagem, organizando espacialmente as informações sobre ela levantadas”, ou seja, o mapa transmite, de forma sintetizada, os dados e as informações sobre a área de estudo.

1.5.3. Diagnóstico

A etapa de Diagnóstico, conforme aponta Leal (1995, p. 48), “permite avaliar os principais problemas da bacia e as perspectivas de solução, que irão subsidiar os planos de trabalho e propostas de intervenção posteriores”. Trata-se de um trabalho complexo, pois depende da capacidade de percepção, observação, interpretação e sistematização do pesquisador em relação aos vários processos sociais e naturais presentes, processos estes que, muitas vezes, têm causas, efeitos e abrangências maiores do que a área estudada e requerem conhecimento interdisciplinar para sua compreensão e solução.

Na elaboração do Diagnóstico são utilizados os mapas e as informações sistematizadas durante a etapa do Inventário, além da utilização de levantamentos bibliográficos e de realização de trabalhos de campo para a identificação dos processos ambientais presentes na bacia. Assim, o foco nesta etapa é o estado socioambiental da bacia. Para isso analisa-se:

- A legislação ambiental como elemento institucional de planejamento.
- Problemas socioambientais. Foram consideradas algumas atividades humanas que causam problemas significantes e negativos nas características originais das unidades físicas, interferindo igualmente na qualidade de vida (retirada de cobertura vegetal, esgotamento doméstico e industrial, deposição irregular de lixo, etc.), e os processos naturais desencadeados ou identificados por essas atividades. Além de analisar os conflitos pelo uso da água, principalmente, por conta das atividades econômicas que são desenvolvidas na bacia.

1.5.4. Proposta

A Proposta é uma etapa que objetiva apresentar medidas para subsidiar o planejamento ambiental da bacia hidrográfica, de acordo com as constatações realizadas nas etapas de Diagnóstico, acerca, respectivamente, do atual e do futuro estado hídrico-ambiental da mesma.

Leal (1995, p. 49) ressalta que as propostas apresentadas nessa etapa devem contribuir para o debate a respeito da melhoria das condições hídrico-ambientais da bacia hidrográfica, incluindo medidas de reabilitação e de infraestrutura, medidas de proteção e de conservação e medidas sócio-políticas.

1.5.5. Materiais Utilizados

Para o desenvolvimento dos subsídios ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Apeú, foi necessária a elaboração de vários mapas temáticos. A seguir tem-se a descrição dos materiais empregados nas diversas etapas propostas pela metodologia, destacando-se aí a cartografia temática como elemento fundamental para a sua consecução.

- Dados geológicos, disponibilizados em formato *shapefile* em escala 1:250.000, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003).
- Dados geomorfológicos, disponibilizados em formato *shapefile* em escala 1:250.000, elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003).
- Mapas de solos dos municípios de Castanhal, Santa Izabel do Pará e Inhangapí, disponibilizados em formato digital em escala 1:100.000, elaborado pela EMBRAPA (2001).
- Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 90m (Folha SA-22-X-A).
- Dados climáticos de 2006-2015, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).
- Imagens de satélite Landsat/TM-5, cena 223-061, referente aos anos de 1984 e 1999.
- Imagem de satélite Landsat/ OLI-TIRS 8, cena 223-061, referente ao ano de 2015.
- Base de dados georreferenciada do estado do Pará, produzida e elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
- Modelo receptor GPS GARMIN 62SC, com precisão de 3m.
- Programas de processamento digital das imagens de satélite (ENVI 4.7) e de geoprocessamento (ArcGIS 10.1).
- Para a tabulação dos dados e construção de tabelas foi utilizada a planilha eletrônica Excel.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ

2.1. Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

A bacia hidrográfica do rio Apeú localiza-se no nordeste paraense, estende-se entre as coordenadas 1°13'10" e 1°29'37" de latitude Sul e 48°04'42" e 47°53'30" de longitude Oeste. Segundo Souza (2011, p. 22) ocupa uma área de aproximadamente 320 km², sendo 77% de sua área pertencendo ao município de Castanhal, 16% a Santa Izabel do Pará e 7% ao município de Inhangapí. De acordo com Santos (2006, p. 79), a nascente do rio Apeú fica na fazenda Buriti, município de Castanhal, e a foz no rio Inhangapí, município de Inhangapí (Figura 06).

O rio Apeú é navegável durante quase todo ano por barcos a remo e por pequenas voadeiras², a partir da ponte velha, trecho em que o rio é cortado pela BR-316, até a sua foz no rio Inhangapí, com variações de profundidade ao longo de seu percurso e na sua foz atinge aproximadamente 12 metros de profundidade, essa bacia contribui para a bacia hidrográfica do rio Guamá, cujo rio principal é o Guamá (SANTOS, 2006, p. 79). O rio Guamá vai desaguar na baía do Guajará, a influência de marés é notada desde a sua foz até cidade de Ourém, local de sua foz. A influência de maré no rio Guamá chega ao rio Apeú, principalmente, no médio e baixo curso do rio Apeú (SANTOS, 2006, p. 80).

A bacia do rio Apeú tem características de atividades rurais e urbanas, então apresenta diversos usos no seu território. Desde a década de 80 o espaço da bacia vem passando por intensas transformações causadas pelo desenvolvimento de atividades econômicas como agricultura, pecuária e extração mineral (SANTOS, 2006, p. 25). Atualmente, a pressão da urbanização com expansão dos loteamentos residenciais tem se tornado um dos grandes fatores de modificação da paisagem.

Ao longo da área da bacia encontram-se diversas localidades (vilarejos, povoados, fazendas, etc.), sendo a maior concentração na porção norte e central da bacia (Figura 07).

² Voadeiras são pequenas embarcações com motor de popa próximo da superfície da água, para que não ocorram acidentes por conta de bancos de areia. Essas embarcações têm capacidade para transportar, no máximo, cinco pessoas (ORGANIZAÇÃO TOM DA AMAZÔNIA, 2005, p. 37).

Figura 06 - Mapa de Localização da Área de Estudo

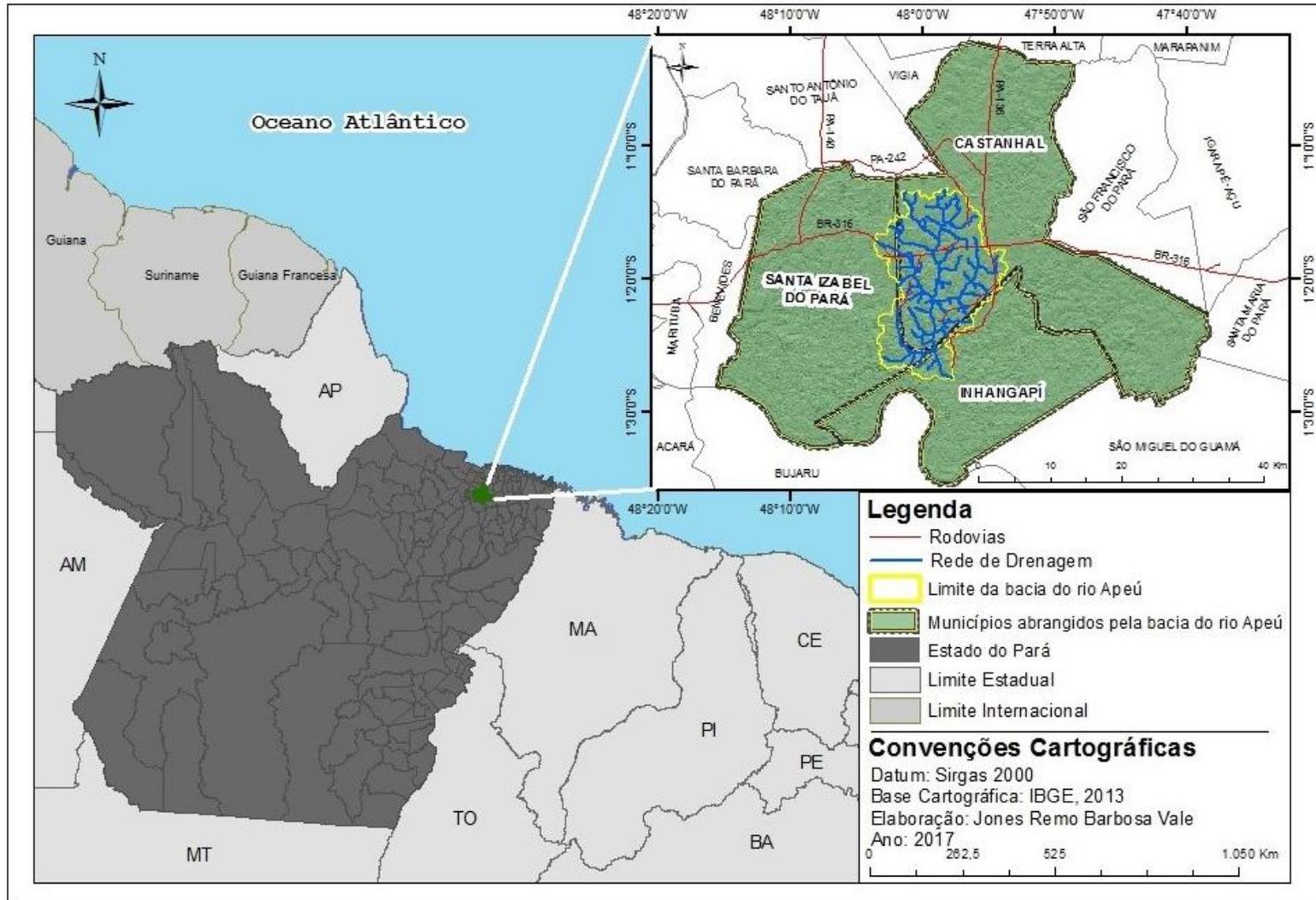
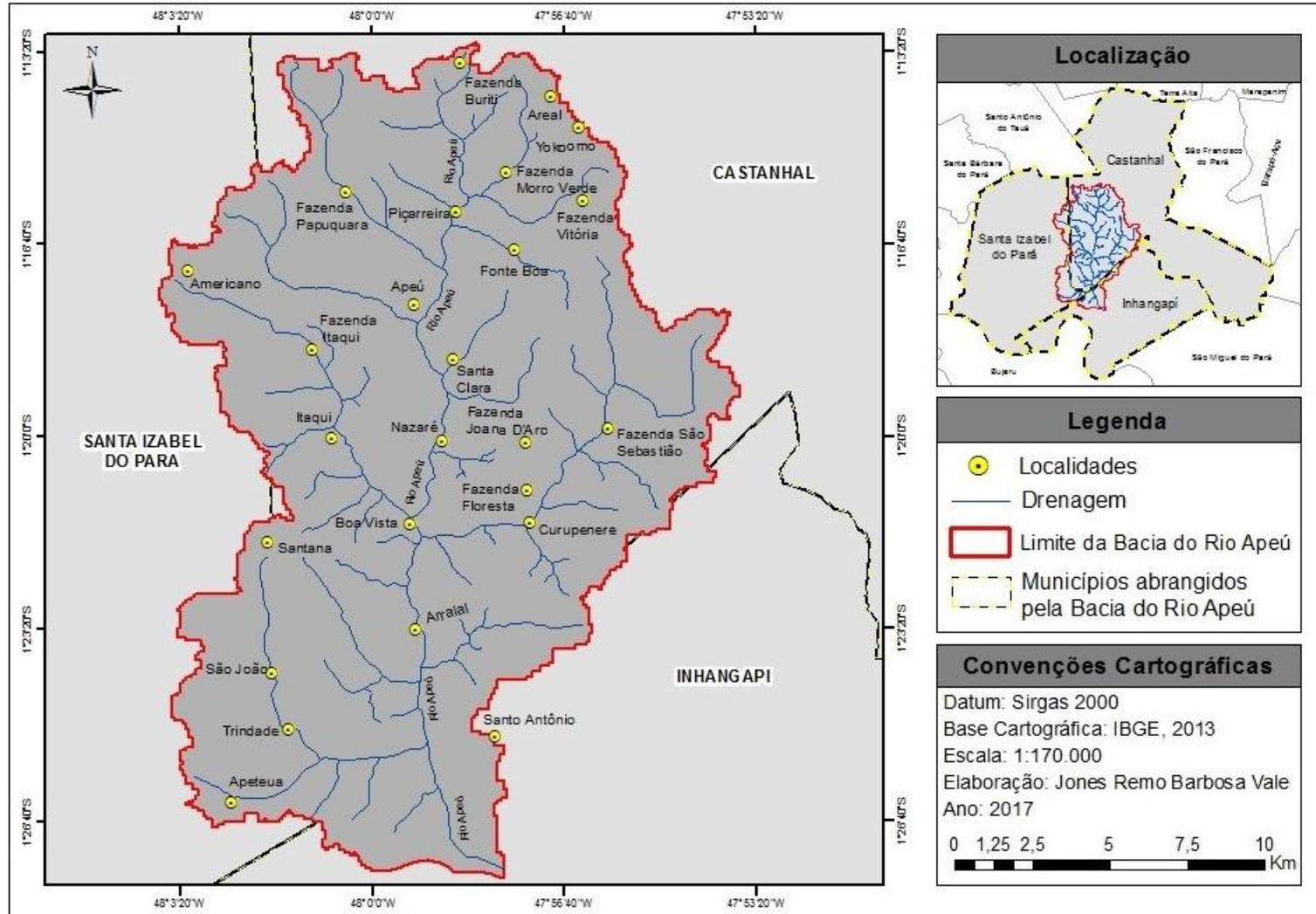


Figura 07 - Mapa das Localidades presentes na área da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.2. Características Morfométricas

Florenzano (2008, p. 17) coloca que a morfometria é o ramo da morfologia, a qual utiliza de um conjunto de variáveis e índices quantitativos para análise do relevo.

O estudo morfométrico de bacias hidrográficas é definido como a análise quantitativa das relações entre a fisiografia da bacia e a sua dinâmica hidrológica. A análise de parâmetros morfométricos tem grande importância nos estudos de bacias, pois através dos dados quantitativos, pode-se ter uma melhor noção do comportamento hidrológico, uma vez que, os parâmetros morfométricos são bons indicadores da capacidade de escoamento superficial.

De acordo com Pareta e Pareta (2011, p. 249) as técnicas de geoprocessamento são muito utilizadas atualmente para avaliação de diversos parâmetros morfométricos de bacias, pois proporcionam um ambiente flexível e constituem uma ferramenta poderosa para a manipulação e análise da informação espacial.

2.2.1. Delimitação da Bacia

A delimitação da bacia foi baseada no método de Leite e Rocha (2016, p. 47-48), que aplicaram essa técnica para fazer uma análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Vieira, município de Montes Claros/MG.

Para realizar a delimitação da bacia do rio Apeú utilizou-se dados georreferenciados do relevo da área, os dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão SRTM, com resolução espacial de 90m (Folha SA-22-X-A), disponibilizados no Brasil pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Assim, para realizar o processamento utilizou-se a ferramenta *ArchHydro Tools*, uma extensão do *software* ArcGIS 10.1. Além disso, foi utilizada a planilha eletrônica Excel para a construção de tabelas.

Durante o processo de delimitação automática da bacia seguiu-se as seguintes etapas: *Fill Sinks; Flow Direction; Flow Accumulation; Stream Definition; Stream Segmentation; Catchment Grid Delineation; Catchment Polygon Processing; Drainage Line Processing; Adjoint Catchment Processing; Drainage Point Processing; Batch Point Generation; Watershed Delineation*.

Nesse método, que tem o MDE como base, é inicialmente submetido a um processo de correção hidrológica, em que as depressões ou células com

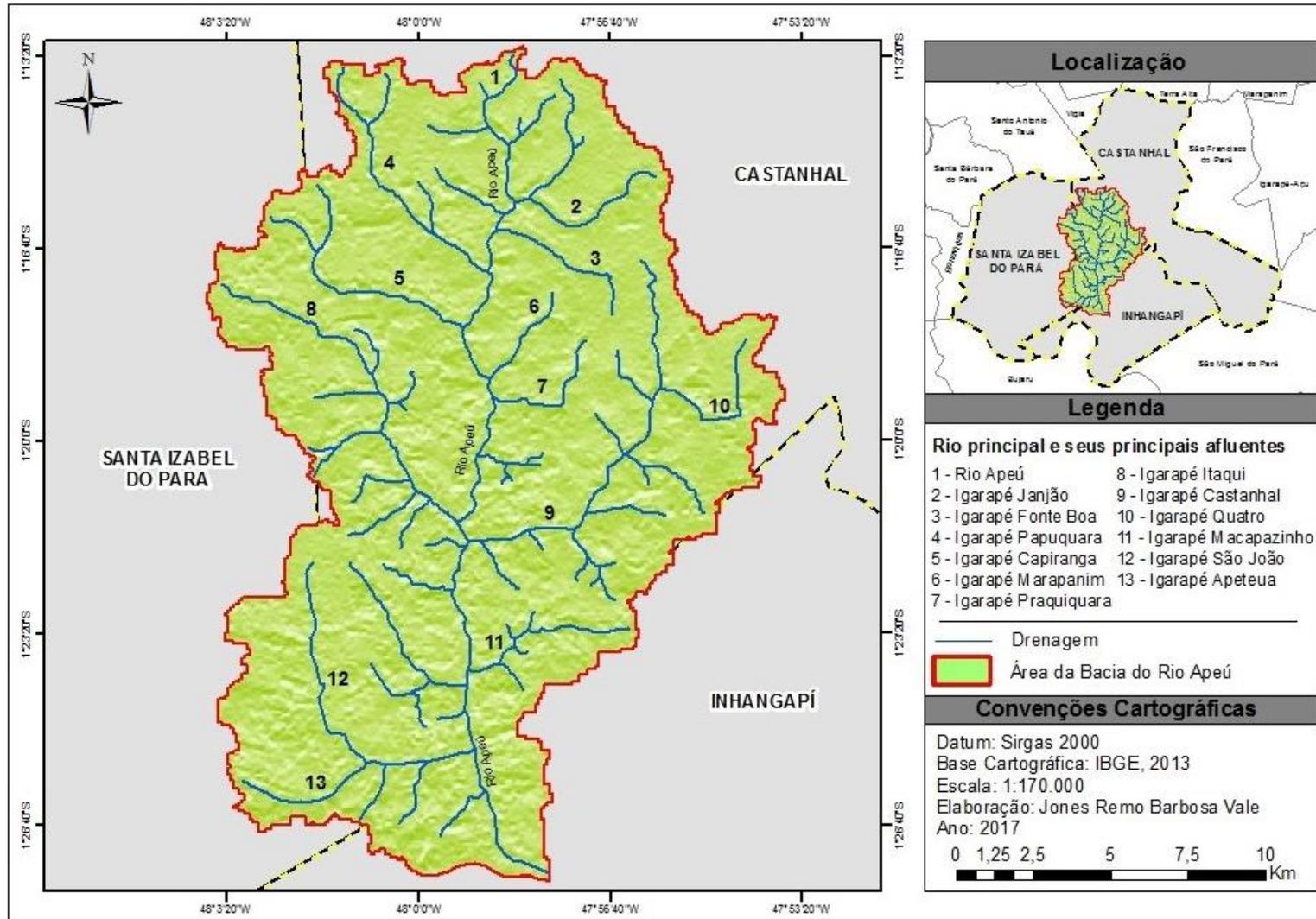
fluxo de direção indefinido (*Fill Sinks*) são preenchidas para efeito de correção da drenagem. Posteriormente é gerado o Fluxo de Direção (*Flow Direction*) e o Fluxo de Acumulação (*Flow Accumulation*). Ao final do processo é identificado o ponto de menor altitude da bacia que corresponde à célula de maior fluxo acumulado. A delimitação da bacia, por fim, é realizada a partir do comando *Watershed Delineation*, o qual considera o fluxo de direção de cada pixel.

2.2.2. Drenagem

As características físicas de uma bacia hidrográfica, tais como a área de drenagem, a declividade da bacia, o tipo de rede de drenagem, o escoamento, a densidade de drenagem e os índices de forma levam a entender a predisposição natural de uma área à ocorrência de enchentes e inundações. Tendo em vista que a enchente se caracteriza como o aumento do escoamento superficial, as características físicas da bacia hidrográfica, bem como as transformações a que ela está sujeita através da ação do homem, contribuem e impactam sobremaneira para a ampliação deste fenômeno (NOVAES; PERUSI, 2014, p. 59).

É fundamental conhecer os índices que compõem a bacia para compreender o seu funcionamento. Em se tratando de uma bacia hidrográfica é de suma importância identificar o curso d'água principal e os principais afluentes. De acordo com Vale *et al.* (2015, p. 78), o rio Apeú tem como principais afluentes os igarapés Macapazinho, Castanhal, Americano, Quatro, Praquiquara, Apeteua, Janjão, Fonte Boa, Marapanim, Taiteua, Papuquara, Capiroanga, Itaqui e São João (Figura 08).

Figura 08 - Mapa da Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

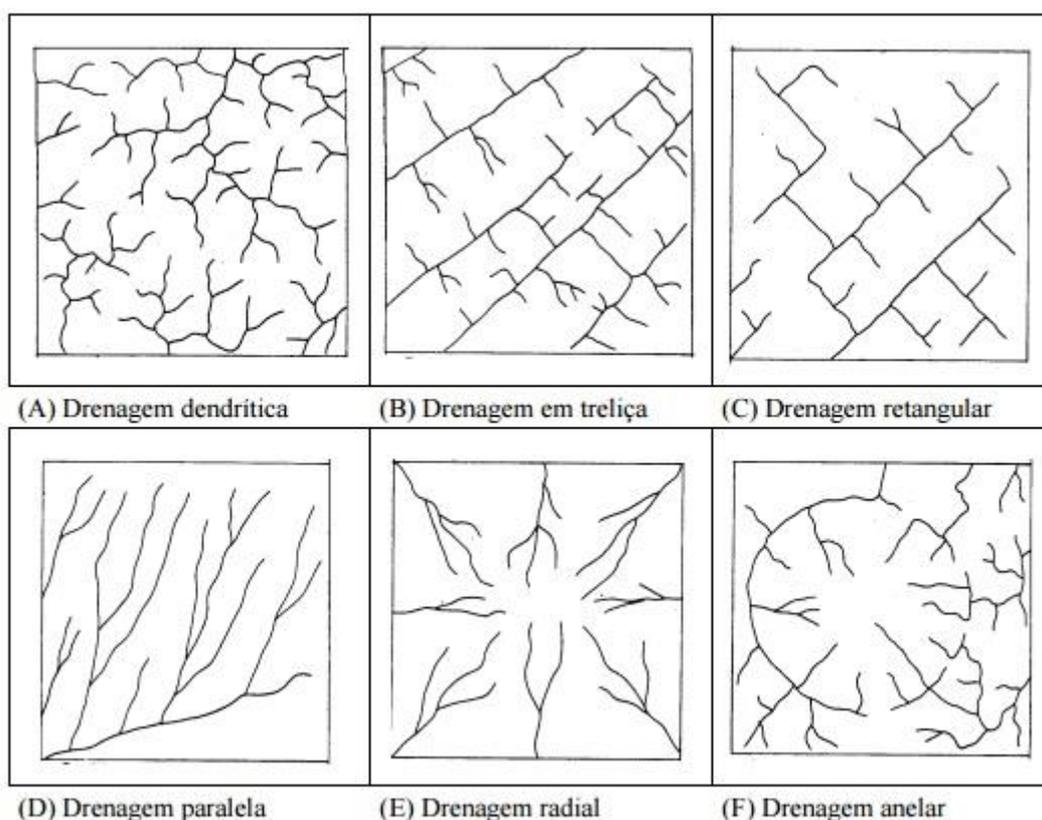


A disposição espacial dos rios é definida como padrão de drenagem, Christofolletti faz as seguintes considerações a respeito dos padrões de drenagem:

Os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região. Uma ou várias bacias de drenagem podem estar englobadas na caracterização de determinado padrão (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103).

Utilizando o critério geométrico pode-se destacar os seguintes tipos: dendrítica, treliça, retangular, paralela, radial e anelar (Figura 09).

Figura 09 – Padrão de Drenagem



Fonte: CHRISTOFOLETTI, 1980.

Com base na figura 08 e nos padrões de drenagem apresentados na figura 09 pode-se considerar que a bacia hidrográfica do rio Apeú apresenta um padrão de drenagem dendrítica.

A hierarquia fluvial é um processo que consiste em estabelecer a classificação de determinado curso d'água no conjunto da bacia hidrográfica a qual pertence. Seguindo o modelo proposto por Horton em 1945 e modificado por Strahler (1952).

O critério de Strahler, proposto em 1952, parte do princípio de que os menores canais, sem tributários, devem ser considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência dos canais de primeira ordem e só podem receber afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de primeira e de segunda ordem; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários de ordens inferiores e assim sucessivamente.

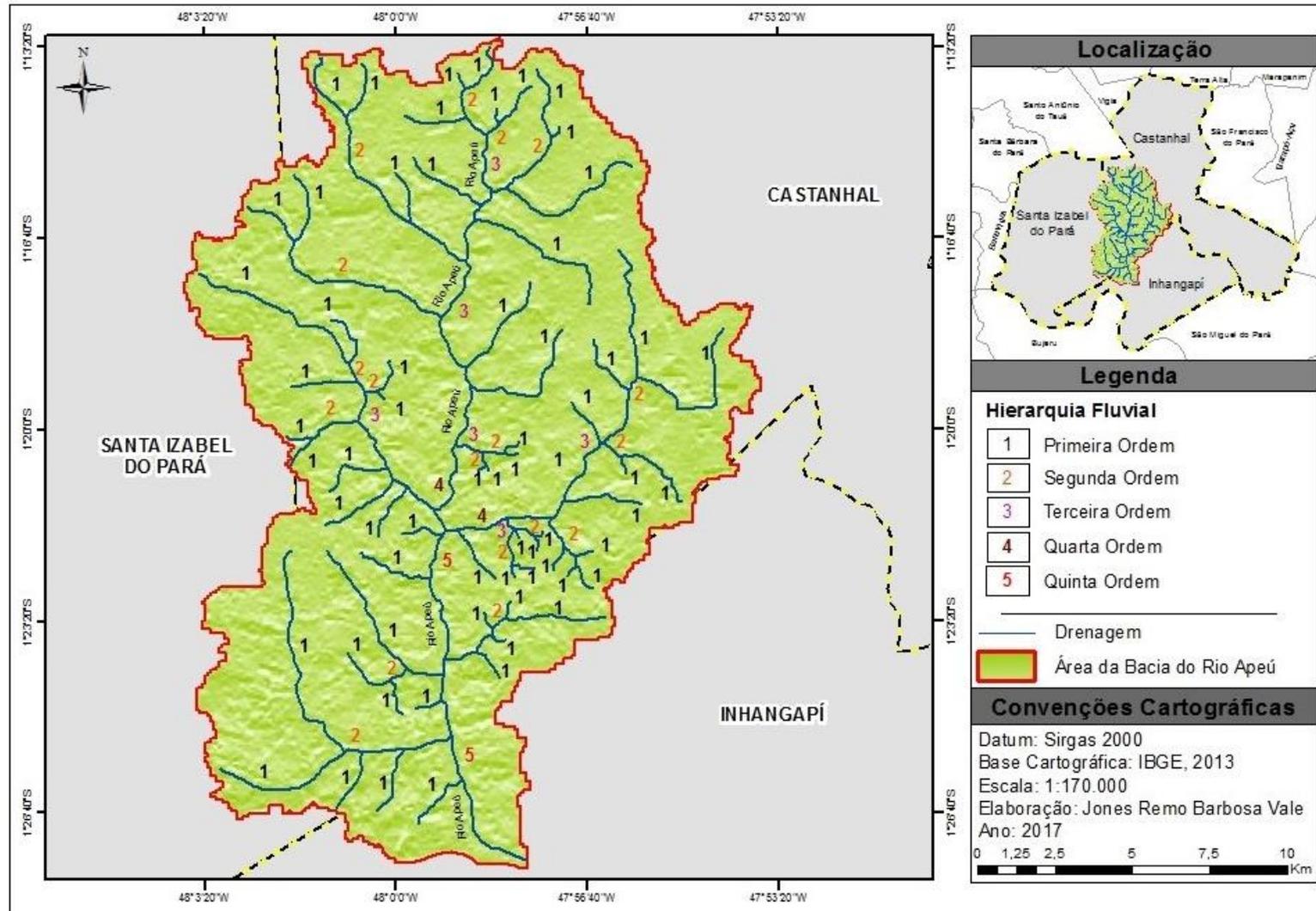
Com base no método descrito anteriormente, pode-se considerar que a hierarquia fluvial da bacia do rio Apeú é de 5ª ordem (Figura 10), sendo considerados os menores canais sem tributários como de primeira ordem, Florenzano (2008, p. 220) classifica os canais de primeira ordem como os que são cabeceiras de drenagem ou nascentes. Ao todo a bacia tem cerca de 66 cursos d' água de 1ª ordem, a quantidade de canais por ordem podem ser observados na tabela 01.

Tabela 01 – Número de canais por Hierarquia Fluvial

	1ª Ordem	2ª Ordem	3ª Ordem	4ª Ordem	5ª Ordem
Nº de Canais	66	18	8	2	1

Elaboração: Jones Vale, 2017.

Figura 10 - Mapa da Hierarquia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



A densidade de rios pode ser definida como a relação entre o número de rios existentes e a área da bacia de drenagem. Sua finalidade seria comparar a frequência de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão, onde com relação ao cálculo desse índice Christofolletti afirma que:

O número de canais de determinada bacia é noção básica para demonstrar a sua magnitude, conforme os critérios estabelecidos por Scheidegger ou Shreve. O cálculo da densidade de rios é importante porque representa o comportamento hidrográfico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 115).

$$Dh = \frac{N}{A}$$

Dh: Densidade hidrográfica; N: Número de canais; A: Área da bacia.

Segundo Villela e Mattos (1975, p. 13) as bacias com densidade de drenagem com índices de até 0.5km/km² correspondem a bacias com drenagem pobre, e aquelas que apresentam índices de até 3.5km/km², ou mais, são excepcionalmente bem drenadas.

A densidade de drenagem é dada pela fórmula:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Dd: Densidade de drenagem; Lt: Comprimento total dos canais em km;
A: Área da bacia em km².

Tabela 02 – Comprimento dos Igarapés da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

Nome do Igarapé	Comprimento (Km)
Macapazinho	6
Castanhal	12
Americano	7,5
Quatro	6
Apeteua	7
Praquiquara	5
Janjão	6
Fonte Boa	6
Marapanim	3,7
Taiteua	6,2
Papuquara	9
Capiranga	9,2
Itaqui	11,5
São João	10,9
Sem Nome	9,3

Fonte: SANTOS, 2006.

Conforme as fórmulas apresentadas anteriormente, a bacia hidrográfica do rio Apeú se classifica como uma drenagem pobre, com uma densidade hidrográfica de 0,29km/km² e uma densidade de drenagem de 0,36

km/km², todavia no período chuvoso verificou-se um grande escoamento superficial.

A forma da bacia hidrográfica é importante por influenciar no tempo de concentração, ou seja, no tempo necessário para que a partir do início da precipitação toda a bacia contribua na seção em estudo, em suma, é o tempo que leva a água dos limites da bacia para a saída da mesma (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 14). A forma da bacia hidrográfica é um importante indicador para ocorrência de enchentes.

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. Para uma bacia circular ideal, o índice seria de valor $K_c=1$, então, quanto mais próximo da unidade ($K_c=1$) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo (VILLELA, MATTOS, 1975, p. 60).

$$IC = 12,57 \times \frac{A}{P}$$

IC: Índice de circularidade; A: Área da bacia de drenagem; P: Perímetro da bacia.

O fator de forma indica a relação da forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo). É um índice que exprime a maior ou menor tendência para enchentes. Uma bacia com um fator de forma baixo tem menos tendência para enchentes que uma bacia do mesmo tamanho, mas com um fator de forma superior (VILLELA; MATTOS, 1975, p. 14).

$$KF = \frac{A}{L^2}$$

KF: Fator de forma; A: Área da bacia; L²: Comprimento da bacia.

O coeficiente de compacidade e o fator de forma, calculados para a bacia do rio Apeú foram 1,47 e de 0,23, respectivamente, diante desses valores, a bacia apresenta forma retangular e alongada, portanto não está

suscetível a ocorrências de enchentes, exceto em longos períodos chuvosos e na ocorrência de eventos extremos.

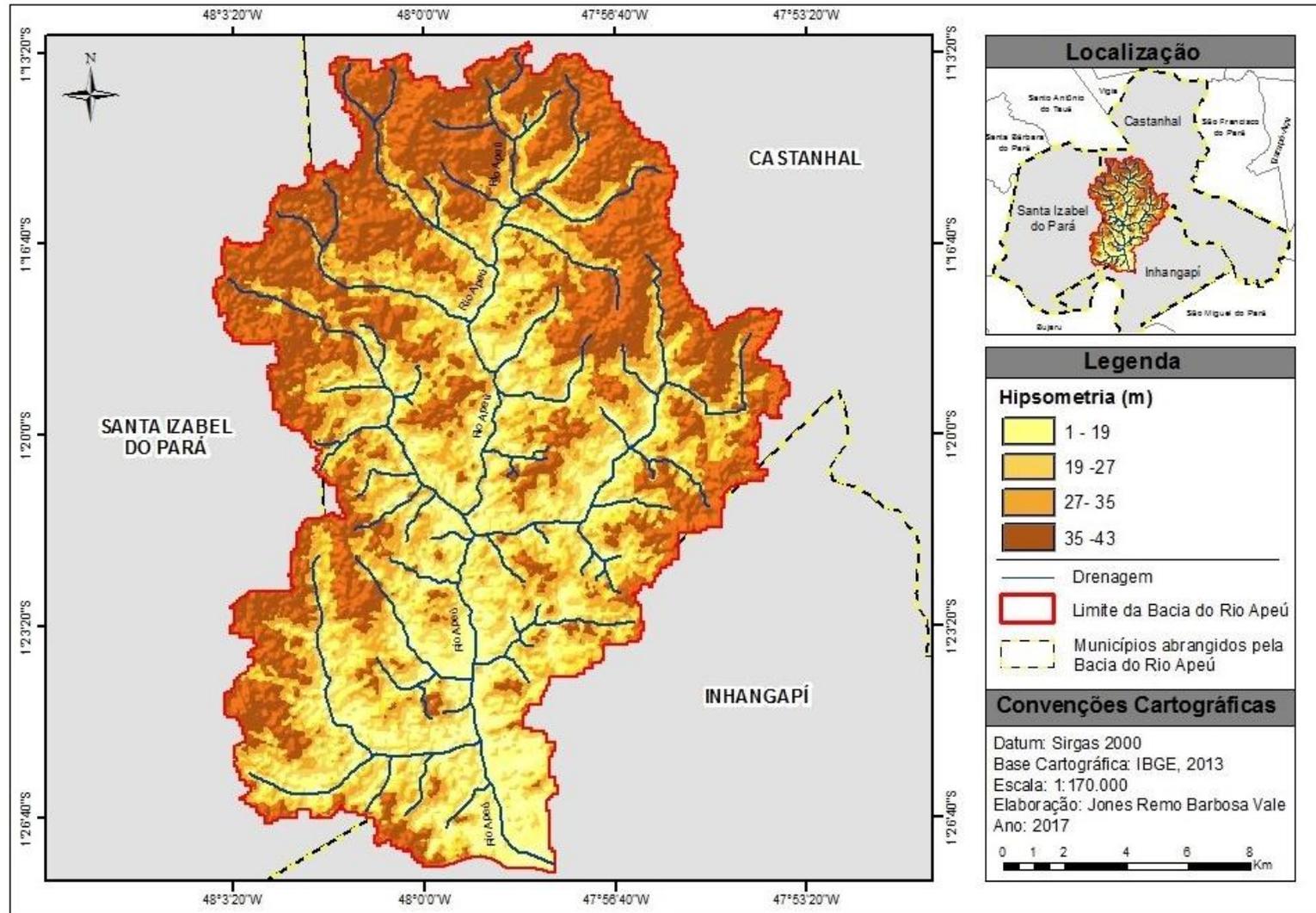
2.2.3. Hipsometria

Outro parâmetro de descrição morfométrica da bacia hidrográfica é a hipsometria, refere-se à distribuição espacial das altitudes, que pode também ser correlacionado a índices morfométricos, como a Amplitude Altimétrica e o Índice de Rugosidade. A distribuição das altitudes de uma bacia hidrográfica pode auxiliar na compartimentação morfológica de uma bacia, indicando as altitudes mais frequentes que definem uma unidade de relevo, como os planaltos e as planícies porventura existentes em uma bacia hidrográfica (CALIL, 2009, p. 29).

Os estudos hipsométricos também possibilitam o conhecimento do relevo quanto ao potencial erosivo, uma vez que o desnível em determinada área pode significar uma energia potencial para a ocorrência de processos dinâmicos de alteração da configuração do relevo, relacionada ao nível de base de erosão (CALIL, 2009, p. 30).

Desta forma, o mapa hipsométrico (Figura 11) tem como objetivo mostrar os desníveis locais, dando uma visão da distribuição altimétrica do relevo da bacia do rio Apeú.

Figura 11 - Mapa de Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.2.4. Declividade

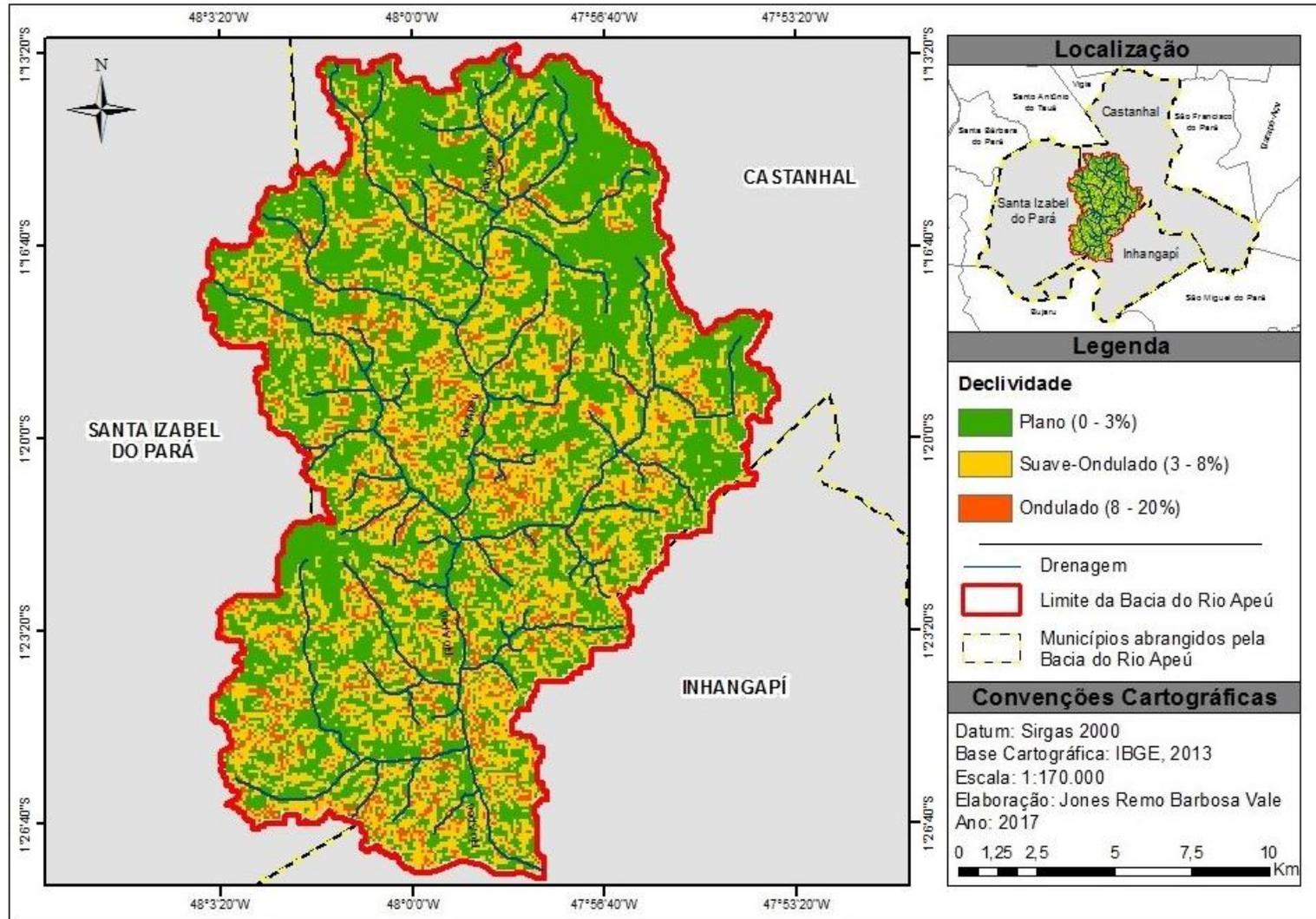
A declividade é considerada como uma representação do relevo, por representar a variável do desnível, isto é, a diferença de altitude entre o ponto mais alto e o mais baixo de uma área de análise (LIBAULT, 1975, p. 333). A declividade de uma bacia tem importante relação com alguns processos hidrológicos, tais como, o escoamento superficial, a infiltração, a umidade do solo, dentre outros. Sendo também um dos principais fatores que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos de água (LIMA, 2008, p. 54).

De acordo com Silveira *et al.* (2005, p. 15), quanto maior o ângulo da declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, assim em vertentes com maior declividade, há a tendência de haver maior perda de solo. Guerra (2007, p. 162) destaca que a declividade tem função inversa da infiltração da água no solo, ou seja, quanto maior a declividade menor a taxa de infiltração, que acaba diminuindo a densidade de ravinas.

Segundo Florenzano (2008, p. 86), a declividade pode ser expressa em graus ou em porcentagem. Na figura 12 pode-se observar o mapa de declividade da bacia do rio Apeú. As classes de declividade foram baseadas nos intervalos sugeridos pela Embrapa (1979, p. 27). A classificação foi feita nas propriedades do raster gerado no ArcGis.10.1.

De acordo com esses resultados, verifica-se a bacia do rio Apeú apresenta-se como grande tabuleiro com variação de ondulações, essas ondulações encontram-se mais presentes próximas aos cursos d'águas e a partir do centro em direção ao sul da bacia.

Figura 12 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.3. Características Geológicas

A área em que está localizada a bacia é geologicamente constituída por terrenos terciários de Formação Barreiras, composta por arenitos grosseiros e finos, siltitos e argilitos caulíníficos e por sedimentos recentes do quaternário que são representados por cascalhos, areias e argilas, que ocorrem nas faixas estreitas e descontínuas, acompanhando os cursos d'água (BRASIL, 1974, p. I/21).

A Formação Barreiras, emergindo no Terciário Superior, é formada de inúmeros tipos litológicos que variam de argilito a conglomerados. No entanto, tal aspecto geológico estruturado em camadas que se apresentam alternadamente em perfeições estratificadas e laminadas, além de porções maciças, geralmente tem a predominância de arenitos finos e siltitos (BRASIL, 1974, p. I/21). O grupo Barreiras ainda é caracterizado por fragmentos e lateritos ferruginosos e/ou aluminosos desorganizados, de granulometria fina a média, apresentando matriz argilosa, com proporções diversas em relação aos grãos de areia.

Rossetti *et al.* (1989, p. 29-30), colocam que os Grupos Barreiras e Pós-Barreiras no nordeste paraense, compreendem treze fácies definidas em função da presença e ausência de estruturas sedimentares e aspectos texturais. São elas: Fácies argilosa com laminação plano-paralela (Al); Fácies argilosa maciça (Am); Fácies areno-argilosa, geralmente maciça (AA); Fácies arenosa sem estruturação aparente (Sm); Fácies arenosa com estratificação cruzada acanalada (Sa); Fácies arenosa com estratificação cruzada tabular (St); Fácies areno-argilosa com estruturas *wavy* e *linsen* (Sw); Fácies arenosa com ondulas cavalgantes ascendentes (Sc); Fácies arenosa grossa a conglomerática (SG); Fácies conglomerática (Cg); Fácies conglomerática com seixos de argila (CA); Fácies arenosa com estratificação sigmoidal (Ss); Fácies composta por blocos de arenito ferruginoso e/ou seixos de quartzo (BS).

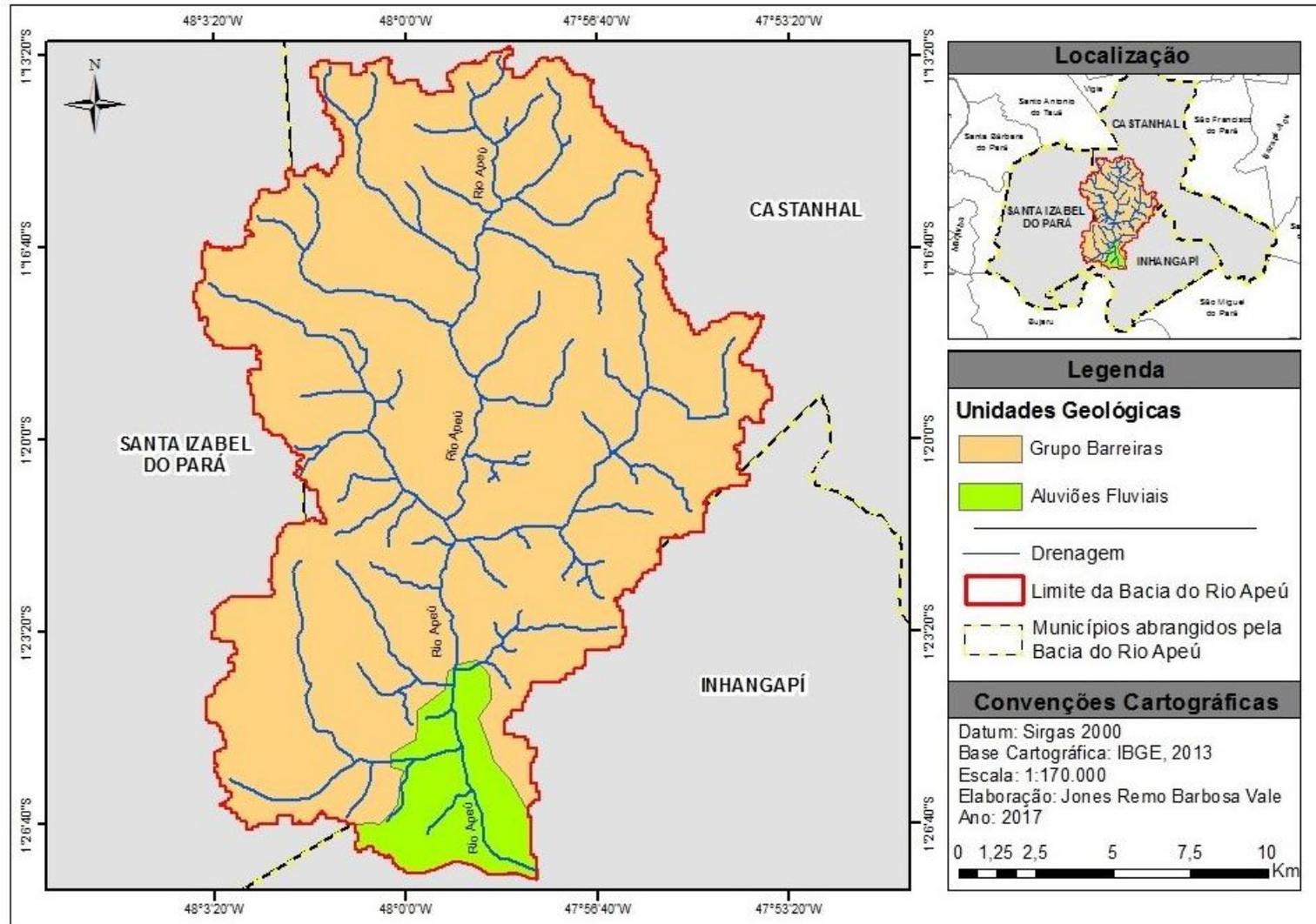
Segundo Bandeira (2008, p. 40), na região de Castanhal o Grupo Barreiras e os sedimentos Pós-Barreiras ocupam cerca de 70% da área. No geral estas rochas encontram-se sobrepostas por latossolos amarelos e vermelho-amarelos e solos de areia quartzosa.

Litologicamente este Grupo é composto por sedimentos argilosos com laminação plano-paralela, coloração vermelha-amarela com tons esbranquiçados, bioturbados, localmente gretas de contração, sedimentos arenosos de granulação fina a média, estratificações cruzadas do tipo acanalada e estratificações de maré, sedimentos areno-argilosos maciços ou com estratificações incipientes, conglomerados com seixos de quartzo e quartzito. Localmente estes sedimentos podem ocorrer ferruginizados (SOUZA JUNIOR *et al.*, 1992, p. 11).

As áreas que são constituídas por sedimentos recentes ocorrem ao longo das planícies fluviais e geralmente são provenientes da desagregação dos litotipos do Grupo Barreiras e do Pós-Barreiras (BANDEIRA, 2008, p. 41). As aluviões são compostas por material arenoso, seixo de laterito e de quartzo, com menores proporções de argila, sua distribuição está condicionada as áreas de agradação. Estas planícies constituem sedimentos argilosos de coloração cinza esbranquiçada, com leves manchas avermelhadas e amareladas devido à oxidação do ferro. Há também muita matéria orgânica e intensa atividade biológica (SOUZA JUNIOR, 1992, p. 26).

Geologicamente a bacia hidrográfica do rio Apeú é formada pelos sedimentos do Grupo Barreiras com cerca de 90%, e em porção formada pelos sedimentos recentes (Figura 13). As aluviões ocorrem na porção sul da bacia do rio Apeú, mais precisamente na confluência do curso d'água principal com o rio Inhangapí, no município de Inhangapí.

Figura 13 - Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.4. Características Geomorfológicas

A bacia do rio Apeú geomorfológicamente caracteriza-se pela presença de colinas de topos aplainados e moderadamente dissecados, compondo um dos setores do Planalto Rebaixado Amazônico e a planície sedimentar do Pleistoceno e Holoceno (BRASIL, 1974, p. II/17).

De acordo com Bigarella *et al.* (1965, p. 140-141), o Planalto Rebaixado Amazônico correspondendo ao pediplano Neoplestocênico, o Pd1, que surgiu devido à degradação lateral da superfície do Pd2, que foi elaborado no Terciário Médio, sua degradação ocorreu por causa das alterações das condições climáticas entre períodos úmidos e de semi-aridez que ocorreram no Quaternário, provocando a erosão linear por rios e a dissecação dos pediplanos, sendo o Pd1 a mais recente das extensas superfícies de erosão brasileiras.

Segundo Furtado e Ponte (2013) destacam que a unidade de Planalto Rebaixado Amazônico:

A unidade se estende pelos dois lados da bacia sedimentar Amazônica, com altimetria aproximada de 50 a 200 metros. As denominações de baixo e médio Amazonas foram dadas em função do seu posicionamento, dentro da bacia hidrográfica. No lado norte apresenta menor extensão, que o lado sul, com litologia predominantemente sedimentar de formações paleozóicas e mesozóicas, como também de sedimentos terciários da formação Barreiras. Limita-se com o planalto da bacia sedimentar da Amazônia, como também com o planalto do Tapajós, bem como, com trechos da planície amazônica. Estendem-se também na região do nordeste paraense, onde recebem a denominação de planaltos rebaixados da Bragantina, cuja altimetria é menor apresentando apenas áreas do Terciário Barreiras (FURTADO; PONTE, 2013, p. 60).

A unidade de relevo em que a bacia do rio Apeú encontra-se está esculpida em litologia pleistocênica do grupo Barreiras, em geral laterizadas e em coberturas detríticas aluvio-colúviais neoplestocênicas parcial ou totalmente pedogeneizadas, apresenta-se conservado e modelado em extensos tabuleiros e terraços, correspondendo à região de Terra firme (SEICOM, 1995, p. 28).

Santos (2006, p. 85) coloca que a planície sedimentar denominada de planície Amazônica corresponde a região ambiental de várzeas compreendendo dois níveis de acumulação sedimentar aluvial: o nível mais alto

que compreende a várzea alta, e o nível mais baixo que correspondem a várzea baixa e aos igapós, permanentemente alagados.

Sobre a várzea alta e baixa:

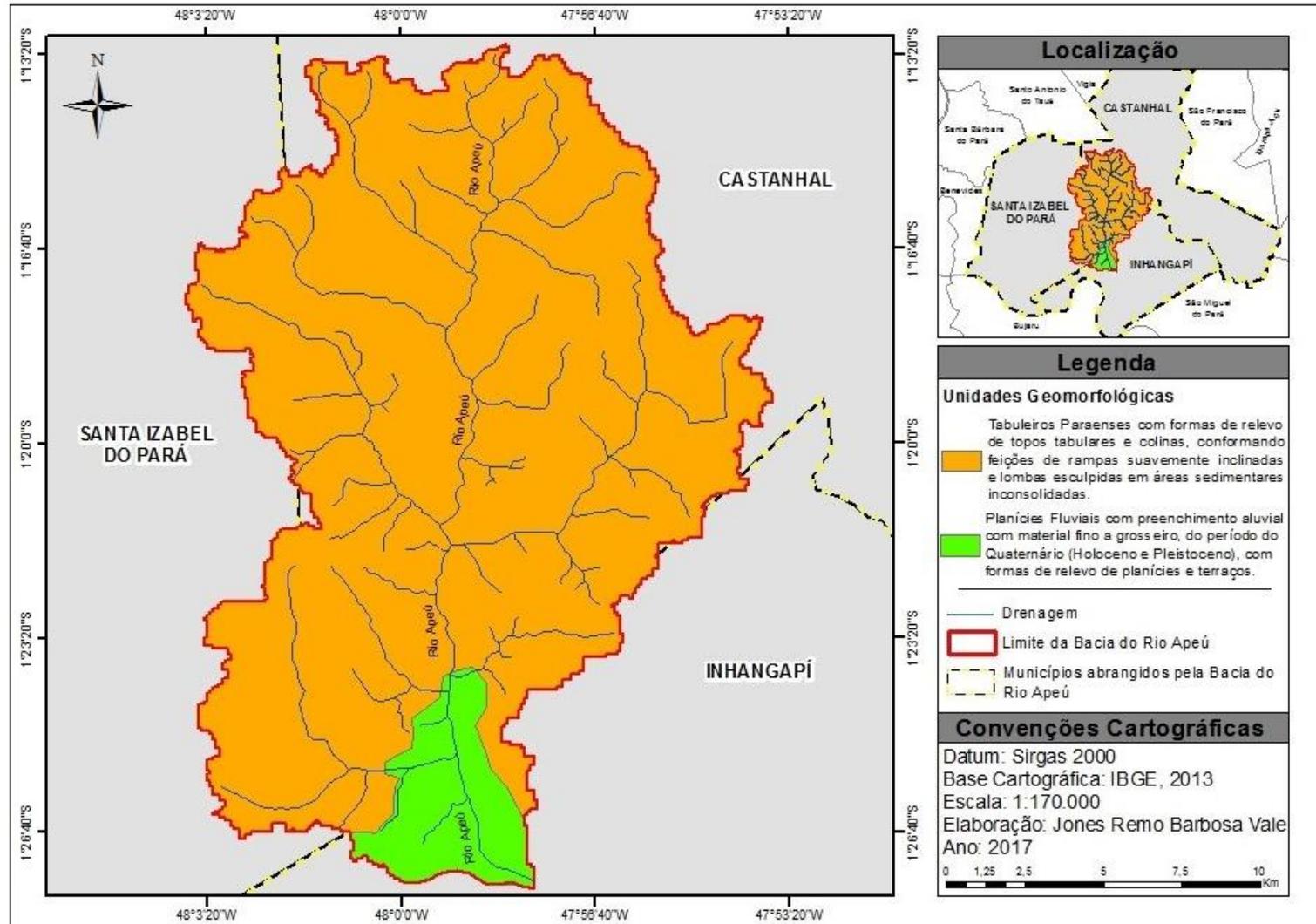
A várzea alta circunda os rios sob forma de diques marginais, ou próximos à terra firme, após a várzea baixa, é inundada apenas periodicamente, composta por argilas inconsolidadas de cor cinza azulada, com mosqueamento de óxidos de ferro pelo impedimento da drenagem e variação do lençol freático. Muitas vezes, apresenta-se encharcado simplesmente pela elevação do lençol freático, sem que ocorra o transbordamento do talvegue (SEICOM, 1995, p. 69).

A várzea baixa e os igapós estão mais afastados das margens dos cursos d'água, separados desses cursos pela várzea alta, formando uma rampa aluvial inclinada em direção à terra firme, ou aparecem a partir da margem dos cursos d'água, elevando suavemente até atingir a várzea alta; quando esta não existe, estão ligados diretamente à terra firme. São áreas inundadas diariamente pelas águas das chuvas, depositando uma sucessão de argilas ricas em matéria orgânica (SEICOM, 1995, p. 67).

A bacia do rio Apeú é formada, principalmente, por tabuleiros ou baixos platôs pediplanados e menor proporção formado por planícies fluviais com colinas de topos aplainados, moderadamente dissecados, ao longo das margens dos cursos d'água (Figura 14).

Na parte norte da bacia, o Planalto Rebaixado Amazônico atinge as maiores altitudes, cerca de 69m e se apresenta mais plano, a partir da BR-316 em direção a porção sul da bacia, o mesmo torna-se mais ondulado apesar das altitudes serem mais baixas, onde os tabuleiros atingem a cota de 15m e os terraços com cotas em torno de 6m. A planície sedimentar, no sul da bacia, torna-se mais ampla, predominando, altitudes máximas de 5m e as mais baixas na foz (SANTOS, 2006, p. 86).

Figura 14 - Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.5. Características Pedológicas

Analisando os mapas de solos dos municípios de Castanhal (VALENTE *et al.* 2001a), Inhangapí (VALENTE *et al.* 2001b) e de Santa Izabel do Pará (VALENTE *et al.* 2001c) reconheceu-se para a bacia várias classes de solos: Argissolo Amarelo (PAd), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd), Gleissolo Háptico (Gxbd), Latossolo Amarelo (LAd) e Neossolo Flúvico (RUbd).

Argissolo Amarelo (PAd) é um solo mineral, profundo bem drenado, pouco estruturado, com textura binária arenosa/média, com horizontes A, Bt e C em sequência. Possuem cores bruno-escuro (10YR3/3, úmido); bruno-amarelado-escuro (10YR4/4, úmido); bruno-amarelado (10YR5/4, 5/6 e 5/8, úmido); amarelo-brunado (10YR 6/8, úmido); e, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido).. A principal característica desse tipo de solo é a alta relação textural decorrente da diferença marcante no conteúdo dos horizontes A e B.

Em relação ao Argissolo Amarelo (PAd) Valente *et al.* (2001a) destacam:

A principal característica do Argissolo Amarelo é a alta relação textural decorrente da marcante diferença no conteúdo de argila nos horizontes A e B textural. Não há evidência nítida de movimentação de argila ao longo do perfil, o que se verifica pela ausência de cerosidade. Apresentam grande semelhança com os Latossolos Amarelos de textura média, devido as características comuns ao horizonte diagnóstico B latossólico. Tanto é assim, que na unidade de mapeamento PAd1, de maior extensão dentro do município, a sua classificação taxonômica é Argissolo Amarelo Distrófico latossólico [...]. São solos de baixa fertilidade química, apresentando-se fortemente e moderadamente ácidos com valores de pH em água variando de 4,6 a 5,8, valores relativamente baixos de alumínio trocável (Al+++), e saturação por alumínio (m) e valores muito baixos para soma de bases (S) e capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), denotando o caráter distrófico. Ocorrem em áreas de relevo plano e suavemente ondulado sob vegetação de floresta equatorial subperenifólia densa (VALENTE *et al.*, 2001a, p. 14-17).

A classe Argissolo Amarelo (PAd) corresponde a aproximadamente 63% da área da bacia do rio Apeú, essa classe tem as seguintes subclasses: PAd1, PAd2, PAd3 e PAd4 (Quadro 04).

Quadro 04 – Características das subclasses do Argissolo Amarelo (PAd)

SUBCLASSE	CARACTERÍSTICAS
PAd1	Argissolo Amarelo Distrófico latossólico A moderado textura arenosa associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média, floresta equatorial subperenifólia e relevo plano.
PAd2	Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura arenosa e média associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura argilosa, floresta equatorial subperenifólia e relevo plano.
PAd3	Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média e argilosa associado ao Latossolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura média, floresta equatorial subperenifólia e relevo suavemente ondulado.
PAd4	Argissolo Amarelo Distrófico típico A moderado textura arenosa e média associado ao Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico e Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico arênico A moderado, floresta equatorial subperenifólia densa e relevo plano.

Fonte: VALENTE *et al.*, 2001a.

A subclasse PAd1 caracteriza-se por não apresentar limitações de emprego de máquinas e implementos agrícolas modernos e nem riscos de susceptibilidade à erosão. As subclasses PAd2, PAd3 e PAd4 também não apresentam limitações ao emprego de máquinas e implementos agrícolas, porém caracterizam-se por moderado risco de susceptibilidade à erosão (SANTOS, 2006, p. 100).

Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd) é um tipo de solo mineral, mediamente profundo, bem drenado, com textura binária média e argilosa, com sequência de horizontes de tipo A, Bt e C. Possuem cores avermelhadas, normalmente enquadradas no matiz 5YR. Tem como principal característica morfológica a grande concentração de concreções ferruginosas dos tipos calhaus e matações em todo o perfil. Além disso, possuem baixa fertilidade química com valores baixos de pH em água indicando acidez forte e moderada, valores baixos para soma e saturação de bases. Ocorrem em áreas de relevo suave ondulado e ondulado sob vegetação de floresta equatorial subperenifólia

densa. Tem duas subclasses: PVAd1 e PVAd2, conforme o quadro 05 (VALENTE *et al.*, 2001a, p. 17).

Quadro 05 - Características das subclasses do Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd)

SUBCLASSE	CARACTERÍSTICAS
PVAd1	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico concrecionário A moderado textura média e argilosa associado ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico concrecionário A moderado textura argilosa, floresta equatorial subperenifólia e relevo suavemente ondulado.
PVAd2	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico concrecionário A moderado textura média e argilosa associado ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico concrecionário A moderado textura argilosa, floresta equatorial subperenifólia e relevo suavemente ondulado e bastante ondulado.

Fonte: VALENTE *et al.*, 2001a.

Gleissolo Háptico (GXbd) é um solo mineral, hidromórfico, pouco evoluídos, pouco profundos, de baixa permeabilidade, com textura argilosa e sequência de horizontes A e Cg. São desenvolvidos a partir de sedimentos recentes do Quaternário sob forte influência do lençol freático próxima à superfície. Possuem cores acinzentadas, são mosqueados decorrentes dos processos de redução e oxidação dos compostos de ferro que ocorrem em meio anaeróbico. São de baixa fertilidade química, fortemente ácidos, com soma e saturação de bases baixa. Ocorrem em áreas de relevo plano acompanhando as margens dos cursos d'água sob vegetação natural de floresta equatorial higrófila de várzea onde ocorre grande concentração de espécies de palmeiras como o açazeiro (*Euterpeolerácea*, Mart.) e buritirana (*Mauritia oculeata*, H.E.K.), (VALENTE *et al.*, 2001a, p. 18).

No território da bacia do rio Apeú encontram-se duas subclasses: GXbd1 e GXbd2 (Quadro 06).

Quadro 06 - Características das subclasses do Gleissolo Háplico (GXbd)

SUBCLASSE	CARACTERÍSTICAS
GXbd1	Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa associado ao Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico A moderado textura argilosa, floresta equatorial higrófila de várzea e relevo plano.
GXbd2	Gleissolo Háplico Tb Distrófico típico A moderado, textura média associado ao Neossolo Flúvico Tb Distrófico típico A moderado, textura indiscriminada e relevo plano.

Fonte: VALENTE *et al.*, 2001a.

Neossolo Flúvico (RUbd) é um solo mineral hidromórfico com alto teor de material orgânico pouco evoluído, constituído de sedimentos aluviais, recentes, depositados periodicamente durante as inundações nas margens dos rios e igarapés. Apresenta perfil com o horizonte A, sobrejacente às camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si, com características físico-químicas diversas em decorrência da heterogeneidade dos sedimentos depositados em épocas diferentes. As camadas de sedimentos possuem cores cinzentas e escuras, textura argilosa e siltosa, e não apresentam estrutura. Ocorrem em áreas de relevo plano, acompanhando as margens dos cursos d'água sob vegetação de floresta equatorial higrófila de várzea com grande concentração de espécies de palmeiras como o açazeiro (*Euterpeolerácea*, Mart.) e buritirana (*Mauritia oculeata*, H.E.K.), (VALENTE *et al.*, 2001a, p. 18-19).

De acordo com Valente *et al.* (2001a); Valente *et al.* (2001b) e Valente *et al.* (2001c), os solos GXbd e RUbd são aqueles que não apresentam riscos de erosão, mas são adequados para conservação de recursos naturais, indicados para proteção ambiental apesar no primeiro poder se dedicar a culturas de ciclo curto desde que adaptadas ao hidromorfismo do solo, enquanto que o segundo é inapto para agricultura.

Latossolo Amarelo (LAd) é um tipo de solo mineral com horizontes B latossólico, fortemente intemperizado, profundo, bem drenado, poroso e permeável. A sequência de horizontes é do tipo A, Bw e C, tem baixa relação textural e pouca diferenciação entre os horizontes. Esta classe pode apresentar

concreções em todo o perfil. A concentração, às vezes, é tão intensa, do tipo calhaus e matações, que prejudica a observação de estrutura e consistência (VALENTE *et al.*, 2001c, p. 13).

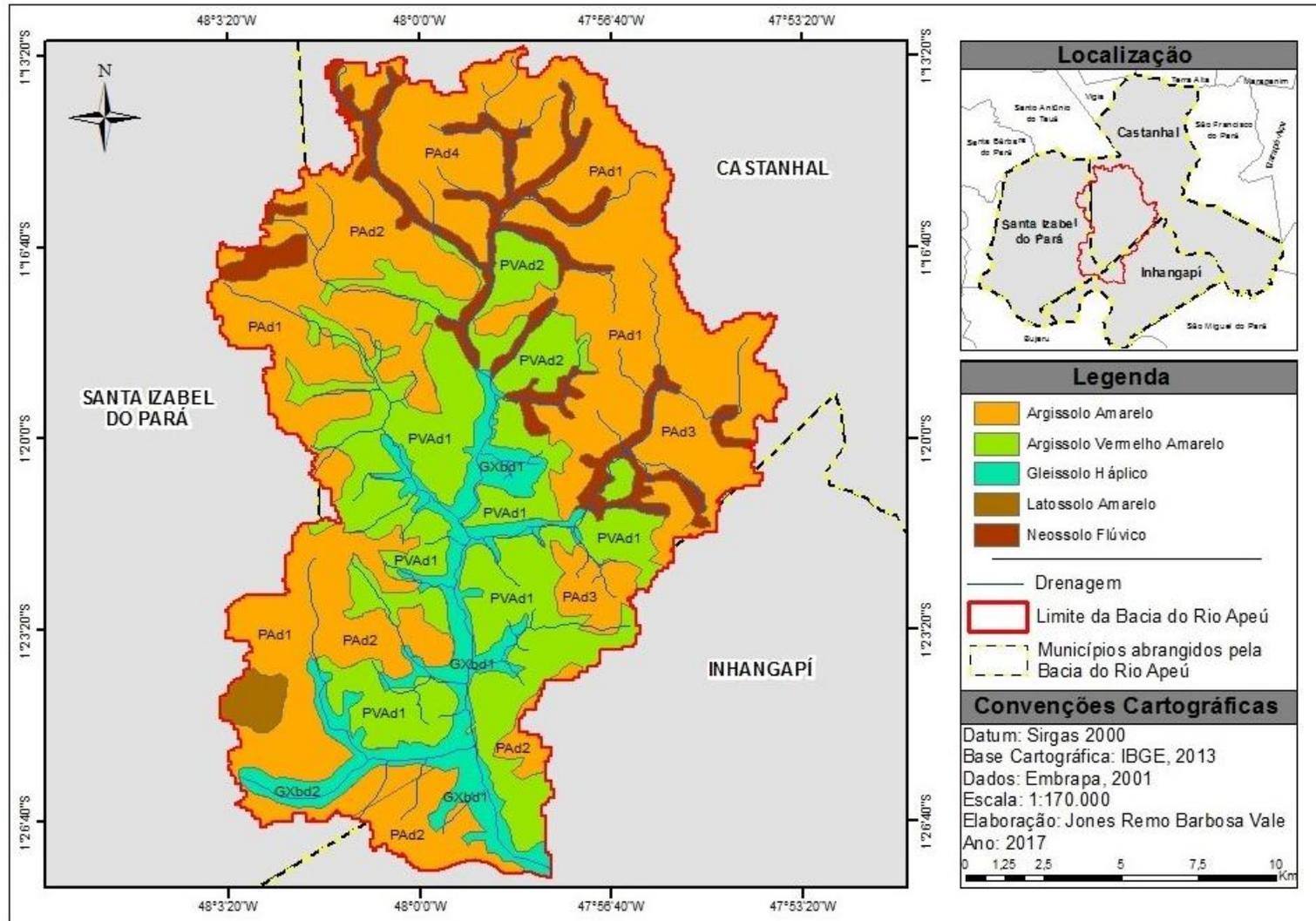
O horizonte A é subdividido em A e AB, de coloração bruno-acinzentado muito escuro a bruno muito escuro, no matiz 10YR; a estrutura apresenta-se como fraca, pequena, granular e moderada pequena em bloco subangular; a consistência é friável, quando úmida, e varia de não plástico a ligeiramente plástico e não pegajoso a ligeiramente pegajoso, quando molhado. O horizonte B é subdividido em Bw1, Bw2 e Bw3 de coloração bruno-amarelado escuro a bruno-amarelado, no matiz 10YR, bruno forte no matiz 7,5YR e amareloavermelhado no matiz 5YR. Possui teores de argila variando de 110 a 270 g/kg de solo no horizonte A e de 240 a 390 g/kg de solo no Bw (VALENTE *et al.*, 2001c, p. 13).

Os solos do tipo Latossolo Amarelo são de baixa fertilidade química, apresentando-se fortemente ácidos. Estes solos ocorrem em áreas planas e suavemente onduladas e, os concrecionários, em pequenas manchas nos declives das elevações juntos aos cursos d'água, sob vegetação de floresta equatorial subperenifólia. (VALENTE *et al.*, 2001c, p. 13-15).

Os tipos de solos PAD1 e LAd, que correspondem a uma boa porcentagem da superfície da bacia são adequados para o uso agropecuário sem grandes tendências para erosão, desde que seja utilizado técnicas adequadas de conservação de solos.

Na figura 15 observa-se as classes de solos: Argissolo Amarelo (PAd), Argissolo Vermelho-Amarelo (PVAd), Gleissolo Háplico (Gxbd), Latossolo Amarelo (LAd) e Neossolo Flúvico (RUbd), que estão presentes na bacia do rio Apeú.

Figura 15 - Mapa de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.6. Características Climáticas

A pluviosidade dentro da região amazônica é um parâmetro meteorológico de grande variabilidade no tempo e espaço, que está associada à influência de diferentes sistemas de meso-escala, escala sinótica e de grande escala (ROCHA, 2001, p. 44). No estado do Pará, os maiores índices pluviométricos estão concentrados na mesorregião do nordeste paraense, com precipitação superior a 2000mm, englobando também as mesorregiões do Marajó e Metropolitana de Belém (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010, p. 03).

O fato do alto índice pluviométrico se concentrar no nordeste paraense se deve a influência de sistemas de grande escala como a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), forte convecção local, aglomerados de *Cumulunimbus* e por estar localizada às proximidades de áreas litorâneas. Essa composição sinótica que provoca chuvas intensas e de longa duração, notabilizando assim o período chuvoso, pode sofrer variação e ser intensificado devido à influência do fenômeno *El Niño*.

Conforme a classificação climática estabelecida por Thornthwaite e Mather em 1955, o clima da área em que se encontra a bacia do rio Apeú é do tipo B3 r A' a', que corresponde a clima quente úmido, megatérmico. A localidade apresenta seu período chuvoso durante os meses de outubro a maio, com pequena deficiência hídrica no período menos chuvoso, que corresponde de junho a setembro. Vale ressaltar que este período que se caracteriza pela baixa pluviosidade, muitas vezes ainda apresenta índices maiores que períodos chuvosos em outras regiões brasileiras.

Na ausência de informações climáticas mais precisas³, as informações acerca das características climáticas da bacia hidrográfica do rio Apeú foram baseadas, em dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação convencional de Belém de 2006 a 2015 (Tabela 03), e em estudos realizados no nordeste paraense, onde está localizada a bacia estudada. O resultado pode ser observado no gráfico 01.

³ Poderia ser utilizado os dados da Estação Automática de Castanhal (A202) que foi aberta em 24/01/2003, no entanto, os dados fornecidos por esse tipo de estação é restrita aos últimos 365 dias, dificultando uma análise em períodos distintos. Por isso, foi utilizado os dados históricos da Estação Convencional de Belém que foi aberta em 01/11/1923.

Tabela 03 - Dados históricos da estação convencional de Belém, de 2006 a 2015

Data Mensal	Precipitação Total	Temperatura Máxima	Temperatura Média	Temperatura Mínima	Data Mensal	Precipitação Total	Temperatura Máxima	Temperatura Média	Temperatura Mínima
31/01/2006	387,8	32,377	26,657	23,1	31/01/2011	520,3	31,293	25,935	22,993
28/02/2006	275,1	31,921	26,469	23,089	28/02/2011	332,4	31,028	26,051	23,175
31/03/2006	685,6	31,764	26,426	23,009	31/03/2011	490,9	31,445	26,330	23,23
30/04/2006	495,7	31,670	26,551	23,216	30/04/2011	579,4	31,783	26,574	23,526
31/05/2006	325,6	31,683	26,607	23,293	31/05/2011	477,3	33,522	27,693	24,32
30/06/2006	121	32,116	27,194	23,32	30/06/2011	241,5	33,1	27,243	23,4
31/07/2006	106,7	32,606	27,218	23,151	31/07/2011	195,3	32,990	27,005	23,206
31/08/2006	236,1	32,864	27,299	22,996	31/08/2011	179,4	33,880	27,367	23,254
30/09/2006	155,9	33,2	27,655	23,253	30/09/2011	60,3	33,836	27,968	23,966
31/10/2006	113,6	33,212	27,776	23,032	31/10/2011	139,1	33,348	27,683	23,529
30/11/2006	240,9	32,666	27,257	23,21	30/11/2011	174,6	33,046	27,605	23,736
31/12/2006	519,8	32,003	26,944	2,296	31/12/2011	201,7	32,725	27,238	23,270
31/01/2007	306,9	32,016	27,147	23,564	31/01/2012	451,2	31,370	26,427	23,025
28/02/2007	442,9	29,746	25,856	23,096	29/02/2012	411,9	30,386	25,76	22,741
31/03/2007	419,8	30,290	26,030	23,103	31/03/2012	742,5	30,9	26,008	22,867
30/04/2007	459,7	30,786	26,327	23,326	30/04/2012	382,8	32,016	26,828	23,16
31/05/2007	265,9	31,8	26,896	23,454	31/05/2012	225,1	32,522	26,81	22,448
30/06/2007	219,9	31,95	26,82	22,96	30/06/2012	320	32,343	26,473	22,08
31/07/2007	196,4	31,977	26,725	22,970	31/07/2012	313,2	32,435	26,754	22,345
31/08/2007	135,3	32,190	27,044	23,064	31/08/2012	112,2	32,654	26,955	22,248
30/09/2007	96,9	32,686	27,183	22,97	30/09/2012	197	32,903	27,042	22,136
31/10/2007	168,9	3,216	26,9	22,725	31/10/2012	44,3	33,125	27,776	23,090
30/11/2007	119,1	32,306	27,267	23,096	30/11/2012	103	33,34	27,674	22,983
31/12/2007	454,5	31,583	26,395	23,009	31/12/2012	259,8	3,306	27,215	23,032
31/01/2008	532,2	29,754	25,524	22,648	31/01/2013	372,7	32,387	27,034	23,290
29/02/2008	450,8	30,268	25,728	22,7	28/02/2013	612,5	31,871	26,658	23,167
31/03/2008	457,4	29,970	25,884	23,083	31/03/2013	532,3	31,841	27,003	23,425
30/04/2008	505,1	30,503	26,054	23,063	30/04/2013	527	32,696	27,108	23,126
31/05/2008	308,1	31,519	26,636	23,366,	31/05/2013	409,6	33,016	27,079	2,276
30/06/2008	299	31,493	26,694	23,143	30/06/2013	150,5	33,4	27,297	22,626

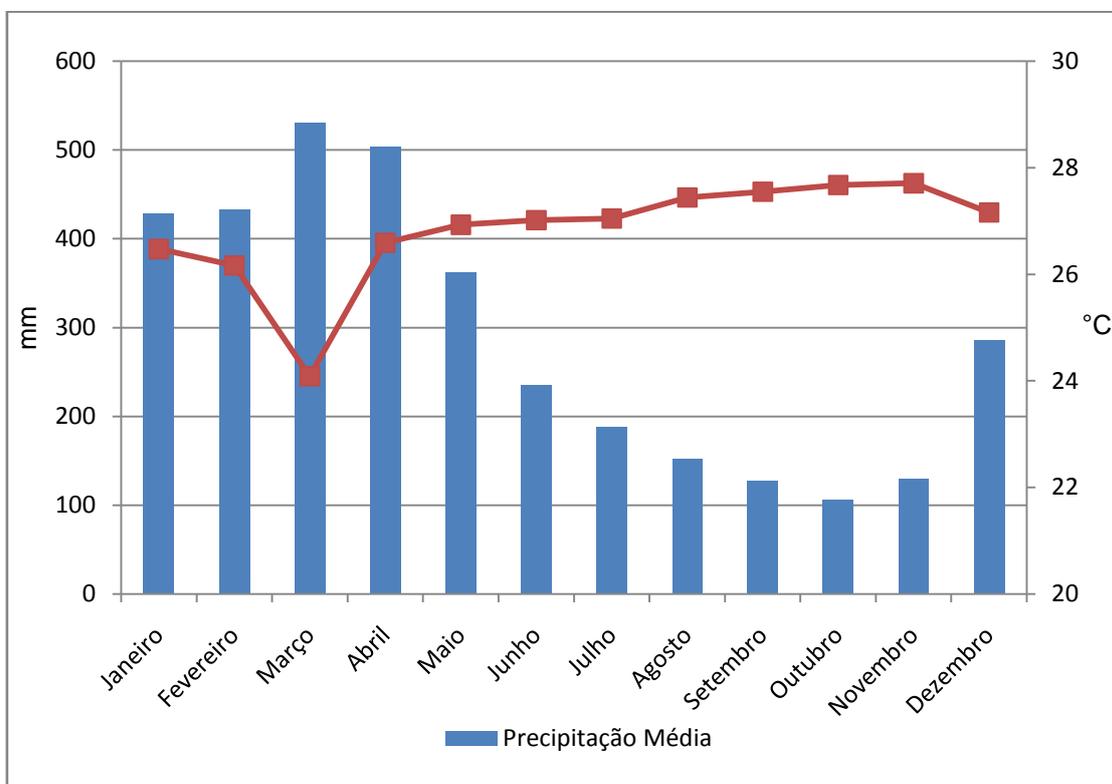
31/07/2008	108,9	3,263	27,091	23,093	31/07/2013	220,8	32,667	26,814	22
31/08/2008	151,5	3,346	27,577	23,280	31/08/2013	245,5	33,274	27,302	23,064
30/09/2008	109,6	33,406	27,521	23,186	30/09/2013	110,4	33,323	27,454	23,116
31/10/2008	110,6	33,429	27,727	23,196	31/10/2013	83,9	33,193	27,572	23,232
30/11/2008	135,2	33,25	27,744	23,29	30/11/2013	210,7	32,776	27,234	23,386
31/12/2008	171,2	32,651	27,423	23,590	31/12/2013	299,7	32,645	27,203	23,319
31/01/2009	354,5	31,287	26,374	23,064	31/01/2014	406,9	31,612	26,516	23,206
28/02/2009	422	29,967	25,663	22,85	28/02/2014	602,9	30,996	26,201	23,582
31/03/2009	582,3	3,023	2,593	23,083	31/03/2014	562,7	31,267	26,542	23,687
30/04/2009	469,9	30,21	26,126	23,206	30/04/2014	561,2	31,636	26,736	23,55
31/05/2009	456,6	30,112	25,928	23,080	31/05/2014	332,9	31,846	26,845	23,316,
30/06/2009	317,3	31,56	26,678	23,246	30/06/2014	285,8	32,56	27,060	23,14
31/07/2009	193,1	32,722	27,279	23,122	31/07/2014	240	3,256	26,887	22,793
31/08/2009	92,7	33,8	27,932	23,425	31/08/2014	84,8	32,964	27,294	22,841
30/09/2009	134,1	33,656	27,620	23,106	30/09/2014	211,2	33,036	27,203	22,426
31/10/2009	142,3	33,674	27,665	22,912	31/10/2014	82,2	33,222	27,495	22,580
30/11/2009	45,1	34,083	28,072	23,253	30/11/2014	41,3	34,623	28,05	22,576
31/12/2009	253,7	32,474	27,236	23,632	31/12/2014	186,5	34,086	27,536	22,183
31/01/2010	452,3	31,177	26,525	2,316	31/01/2015	503,2	32,664	26,627	22,035
28/02/2010	359,7	31,925	27,080	23,764	28/02/2015	414,3	32,307	26,425	22,103
31/03/2010	296,8	32,896	27,727	24,187	31/03/2015	540,3	31,787	26,330	22,622
30/04/2010	450,4	31,556	26,848	23,933	30/04/2015	604,9	31,843	26,788	23,813
31/05/2010	403	32,590	27,566	24,148	31/05/2015	413,7	32,73	2,723	23,683
30/06/2010	176,3	32,706	27,447	23,77	30/06/2015	216,2	33	27,277	23,47
31/07/2010	132,1	32,974	27,510	23,887	31/07/2015	172,4	32,816	27,192	2,343
31/08/2010	188,1	33,464	27,883	24,148	31/08/2015	100,6	33,458	27,80	23,706
30/09/2010	95,5	33,623	28,014	24,196	30/09/2015	96,7	33,873	27,866	23,446
31/10/2010	152,1	33,245	27,82	23,648	31/10/2015	26,4	34,48	28,352	23,851
30/11/2010	134,2	33,793	27,910	23,98	30/11/2015	98,3	34,223	28,292	23,55
31/12/2010	224,8	32,935	27,26	23,777	31/12/2015	258,2	33,096	2,764	23,632

Fonte: INMET (2006-2015). Elaboração: Jones Vale, 2017.

A partir dos dados históricos de temperatura, pode-se constatar que a temperatura média da região é de aproximadamente 27°C, com máxima de 32°C e mínima de 22°C. E a média de precipitação mensal foi de 348mm. A umidade relativa média anual varia entre 80% a 85%, consequência da alta evapotranspiração reinante nesta área.

De acordo com Cohen *et al.* (1995, p. 3173), a distribuição espacial da concentração média das precipitações no período chuvoso está diretamente relacionada com os fenômenos atmosféricos de correntes convectivas. As linhas de instabilidades são responsáveis por uma parte significativa da precipitação na região oriental da Amazônia, destacando que esse sistema meteorológico é formado a partir da circulação de brisa marítima, a qual é gerada pelo contraste térmico diário entre o continente e o Oceano Atlântico. Por outro lado, o trimestre menos chuvoso coincide com o período em que tais sistemas de circulação atmosférica se encontram em menor atuação na região equatorial (inverno e primavera).

Figura 16 - Gráfico de Precipitação e Temperatura Média da RMB de acordo com INMET (dados mensais médios 2006-2015 em mm e °C)



Fonte: INMET (2006-2015). Elaboração: Jones Vale, 2017.

2.7. Unidades do Meio Físico da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

As unidades do meio físico são sínteses das características do meio físico, identificadas através dos dados e dos mapas temáticas de geologia, geomorfologia, declividade, solos e hidrografia. Esses mapas e dados foram analisados separadamente e, posteriormente, integrados em ambiente de SIG para a obtenção do mapa das unidades do meio físico (Figura 17). Na obtenção das unidades físicas, além da sobreposição dos mapas, foram consideradas suas características individuais para a determinação das unidades. São áreas que apresentam relativa homogeneidade nos seus fatores naturais, atributos, funções, aptidão para determinada forma de uso e ocupação e respostas semelhantes para as ações antrópicas.

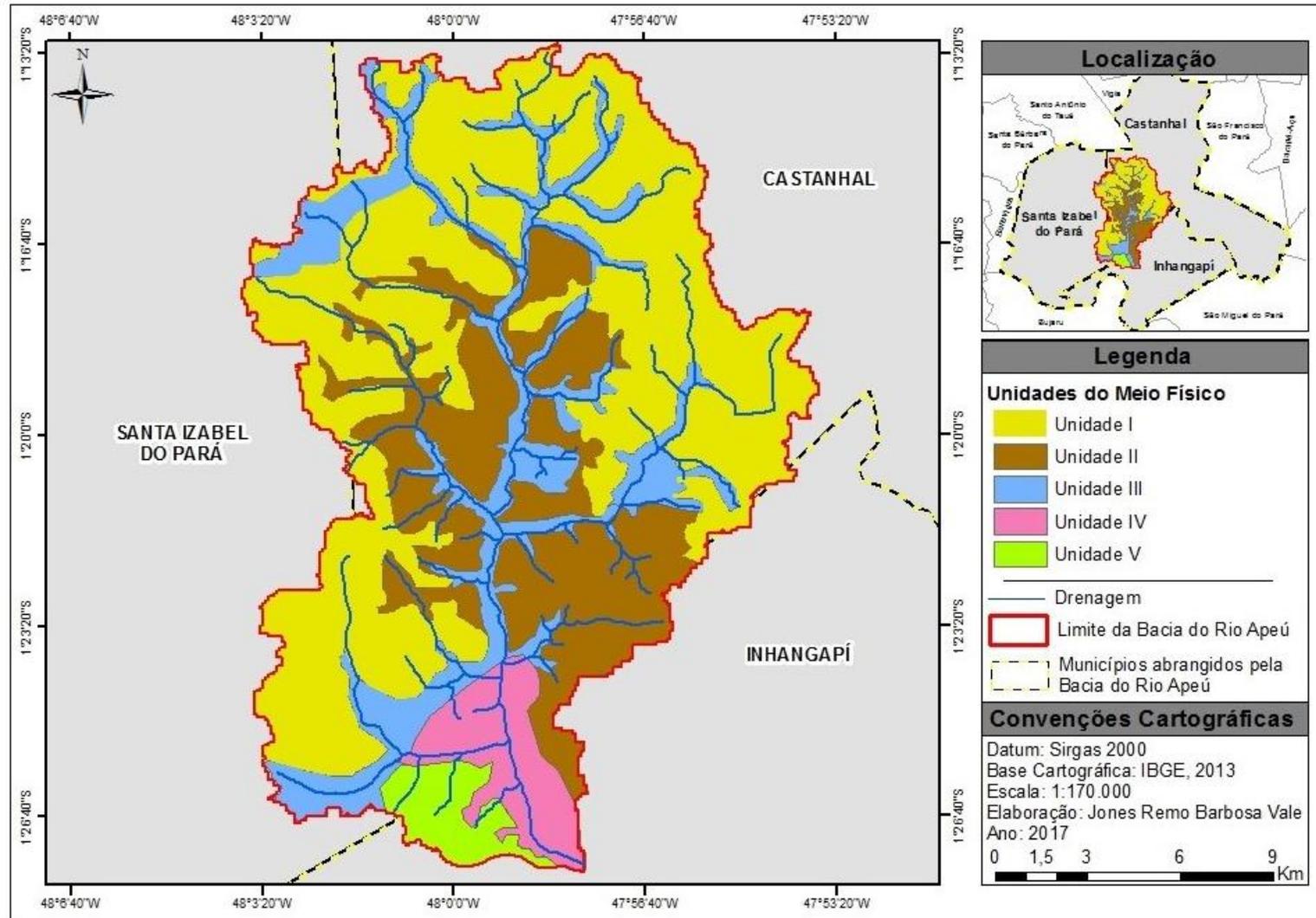
Nesta perspectiva, a análise das unidades do meio físico poderá servir como parâmetro para o planejamento ambiental da bacia do rio Apeú, pois através dos resultados obtidos, pode-se estabelecer níveis de restrição ao uso e ocupação da terra e, com isso, adequar os projetos de parcelamento e de uso e ocupação da terra às características físicas da área. As unidades do meio físico, definidas para a bacia hidrográfica do rio Apeú, são:

Quadro 07 – Unidades do Meio Físico da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

Unidade I	Caracteriza-se por fazer parte do Grupo Barreiras, unidade geomorfológica de Tabuleiros Paraenses com formas de relevo de colinas, com solo dos tipos Argissolo Amarelo e Latossolo Amarelo, e altimetria entre 1-35 metros.
Unidade II	Caracteriza-se por fazer parte do Grupo Barreiras, unidade geomorfológica de Tabuleiros Paraenses com formas de relevo de topos tabulares, com solo predominantemente Argissolo Vermelho-Amarelo e altimetria entre 19-27 metros.
Unidade III	Caracteriza-se por fazer parte do Grupo Barreiras, unidade geomorfológica de Tabuleiros Paraenses com formas de relevo de topos tabulares e colinas, com solo do tipo Gleissolo Háplico e Neossolo Flúvico, e altimetria entre 1-27 metros.
Unidade IV	Caracteriza-se por fazer parte dos Aluviões Fluviais, unidade geomorfológica de Planícies Fluviais com formas de relevo de planícies, com solo do tipo Gleissolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo, e altimetria entre 1-19 metros.
Unidade V	Caracteriza-se por fazer parte dos Aluviões Fluviais, unidade geomorfológica de Planícies Fluviais com formas de relevo de planícies e terraços, com solo predominantemente Argissolo Amarelo e altimetria entre 19-35 metros.

Elaborado: Jones Vale, 2017.

Figura 17 - Mapa das Unidades do Meio Físico da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



2.8. Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Segundo Rosa (2009, p. 128-129), o estudo do uso da terra consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou, quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo, como também suas respectivas localizações. De forma sintética, a expressão "uso da terra ou uso do solo" pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem.

O conhecimento atualizado das formas de utilização da terra, bem como o uso histórico, tem sido um fator imprescindível ao estudo dos processos que se desenvolvem na região, tornando-se de fundamental importância na medida em que os efeitos de seu mau uso causam deterioração no meio ambiente.

Conforme ressalta Zanata (2014, p. 09-10), pesquisas dessa ordem se mostram cada vez mais necessárias, uma vez que há uma grande mudança nas categorias de uso da terra, em especial as áreas que deixam de ter cobertura vegetal natural e dão espaço para o avanço da agricultura e pecuária. Essas mudanças afetam diretamente o solo e influenciam negativamente a qualidade das águas superficiais e subterrâneas podendo, inclusive, alterar o clima de determinadas regiões.

Venturieri *et al.* (2005), destacam a importância de se aprofundar pesquisas nas mudanças de uso da terra e cobertura vegetal, pois essas alterações podem impactar diretamente os recursos hídricos. Os referidos autores afirmam que:

A expansão das pastagens cultivadas, dos grãos em sua larga escala e da agricultura familiar na Amazônia, suscitam novas preocupações com a relação a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na região. Os elementos químicos presentes nos insumos agrícolas são adicionados ao meio ambiente, criando a necessidade de realizar avaliações tanto da interferência das respectivas atividades agropecuárias nos fluxos biogeoquímicos, como da contaminação do bioma por agroquímicos (VENTURIERI *et al.*, 2005, p. 1128).

Nesse sentido, pode-se dizer que o uso da terra são reflexos da estrutura econômica e social de um determinado espaço, aspectos que

apontam para a importância dos estudos de análise multitemporal, pois esse estudo possibilita mostrar as principais mudanças e as causas dessas modificações em um determinado lugar (TELES; FRANÇA, 2014, p. 05).

Ainda nesse contexto, Demarchi (2012, p. 39), ressalta que a utilização de produtos atrelados às geotecnologias, como a utilização de SIGs⁴, Sensoriamento Remoto⁵ e Geoprocessamento⁶, são essenciais para a obtenção e atualização constante dos registros de uso da terra. Revelam-se grandes aliados dos estudos atrelados às dinâmicas de mudança na paisagem, pois de acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013):

Os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam íntima relação entre si e costumam ser aplicados alternativamente. Geralmente as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial. Dados de sensoriamento remoto como fotografias aéreas e imagens de satélite, podem ser correlacionados com a cobertura da terra e usados para mapear o tema. Entretanto, como o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo, as atividades de uso da terra correlacionadas à cobertura, precisam ser interpretadas a partir de modelos, tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e localização no terreno (IBGE, 2013, p. 44).

O estudo multitemporal de uso da terra e cobertura vegetal se apresenta de efetiva importância no planejamento ambiental de bacias hidrográficas, por mostrar além da espacialização das principais atividades econômicas que são desenvolvidas em uma determinada área, como também a tendência de comportamento destas ao longo dos anos.

⁴ SIGs constituem um conjunto poderoso de ferramentas para coleta, armazenamento, fácil recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real para um determinado conjunto de finalidades (BURROUGH; MCDONNELL, 2004, p. 26).

⁵ Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas com o objetivo de estudar fenômenos, eventos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2010, p. 28).

⁶ Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (ROSA, 2013, p. 59).

Uma análise multitemporal de uso da terra e cobertura vegetal foi realizada nos anos de 1984, 1999 e 2015, intervalos de 15 e 16 anos respectivamente. Sendo utilizada a imagem de satélite Landsat/TM-5, cena 223/061 para classificar o uso da terra e cobertura vegetal referente aos anos de 1984 e 1999, e a imagem de satélite Landsat/ OLI-TIRS 8, cena 223/061 para classificar o uso da terra e cobertura vegetal referente ao ano de 2015. As imagens foram selecionadas seguindo o critério de menor cobertura de nuvens. Para a classificação das imagens foram adotadas as seguintes classes: Área urbana; Área de mineração; Agrosilvopastoril; Cobertura vegetal.

Inicialmente realizou-se o registro da imagem Landsat 8 em relação as imagens Landsat 5 e, posteriormente, foi realizada a classificação supervisionada nas imagens através do programa ENVI 4.7. O processo de classificação foi realizado pelo algoritmo de máxima verossimilhança que por ser ligado ao método supervisionado, necessita de um conhecimento prévio das feições ocorrentes na área de estudo, essa análise contou com apoio do trabalho de campo, permitindo assim, correlacionar às feições espectrais presentes nas imagens com padrões de uso da terra e cobertura vegetal observados no campo.

Desta forma os alvos classificados erroneamente, foram reclassificados, e associando-os à classe correta. Após a coleta de amostras das classes foi efetuada uma análise do desempenho das mesmas, visando obter maior precisão dos dados.

2.8.1. Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

A partir do que foi avaliado em visitas a campo e do aporte das imagens satélites nos anos correspondentes ao que se propõe esta pesquisa, foi estabelecido uma legenda temática representativa das classes de uso da terra e cobertura vegetal, encontrados na área de abrangência da bacia do rio Apeú. O quadro 08 traz as características das classes de uso da terra e cobertura vegetal mapeadas na bacia do rio Apeú. A figura 18 é o mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal dos anos de 1984, 1999 e 2015, respectivamente, da bacia do rio Apeú.

Quadro 08 - Características das Classes de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

CLASSE	CARACTERÍSTICA
Área Urbana	Foi atribuída a esta classe, as áreas compreendidas como áreas antropizadas, são vinculadas às regiões residenciais e vicinais não pavimentadas em que o nível de edificação é expressivo sobre a superfície. Também se caracterizam por áreas ocupadas por indústrias, complexos industriais e comerciais.
Área de Mineração	Foram incluídas todas as áreas que apresentam superfícies de terra exposta desencadeada por atividades mineradoras, uma atividade de ocupação superficial que apresenta grande movimentação do solo, superfície sem vegetação, estradas de acesso, áreas de reserva para rejeitos e pilhas de estocagens (SOUZA, 2010, p. 40). São áreas que tem extração de areia, seixo e outros tipos de minérios.
Agrosilvopastoril	Foi atribuída para esta classe toda área produtiva formada pelo homem, oriunda de monoculturas de espécies tanto agrônomo como florestal para fins de comercialização ou para subsistência. Os plantios arbóreos inclusos nesta classe são formações florestais representativas de processos iniciais de reflorestamento que se vinculam como alternativa de produção para o meio rural. Também se encontra nesta classe toda área destinada ao pastoreio do gado em que são formadas grandes extensões de terras, dominadas por espécies forrageiras, dentre outras vegetações (subarbusto e herbáceas invasoras).
Cobertura Vegetal	Nesta classe foram incluídas formações de florestas pioneiras da Amazônia oriental, onde é característica, a presença de árvores de porte elevado que chegam a atingir 40m de altura. Também a vegetação que ocorre ao longo dos rios (floresta ombrófila densa aluvial), (SOUZA, 2010, p. 38). Além de áreas que após terem sofrido uma supressão total de sua vegetação original, estão em processo de regeneração do tipo arbóreo-arbustiva, estas são mais simples e, consideravelmente, mais pobres em espécies comparado as florestas primárias condicionada por uma mesma situação de sitio que ainda são mais homogêneos em idade e em dimensões.

Elaboração: Jones Vale, 2017.

Figura 18 - Mapeamento Multitemporal de Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

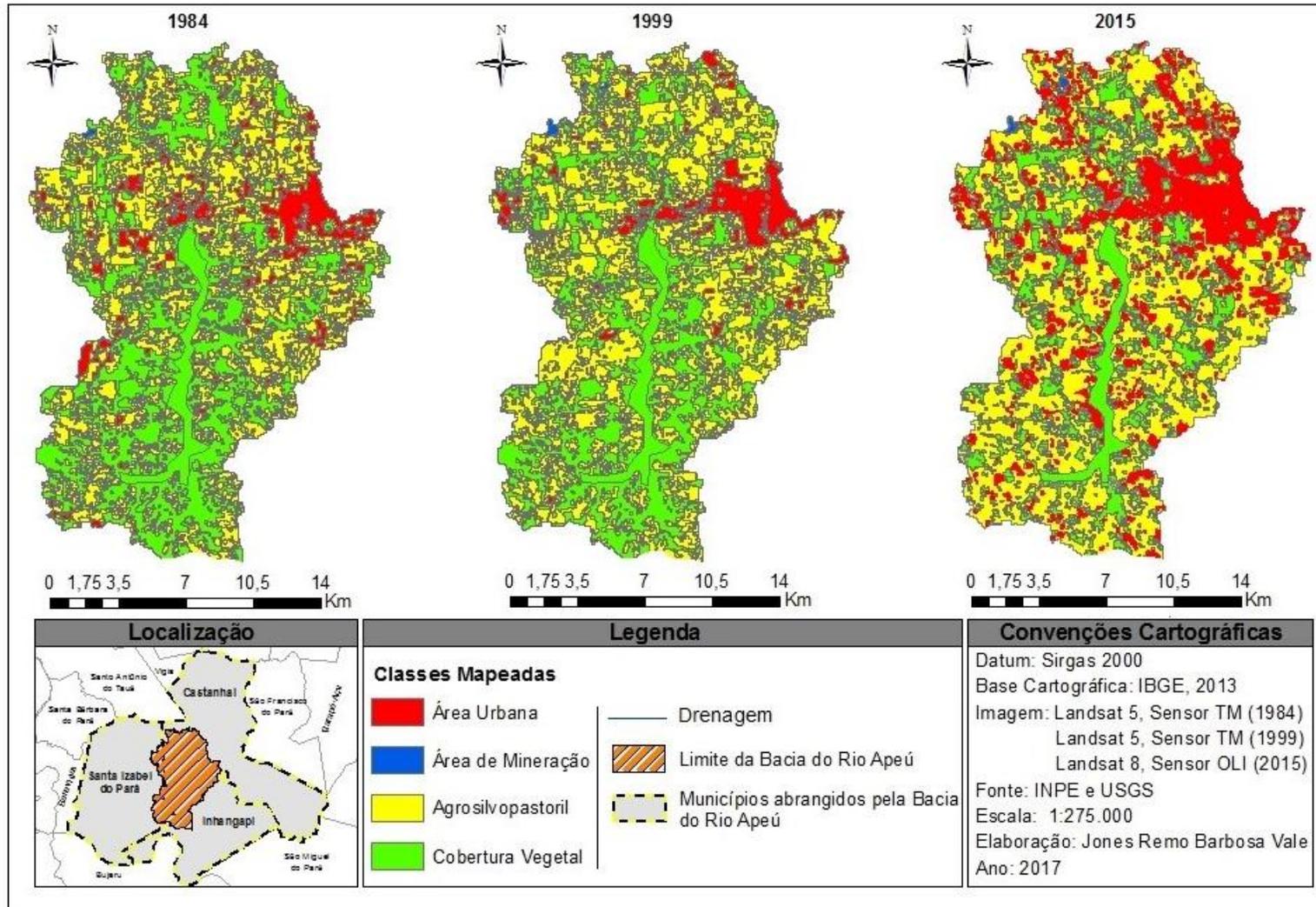


Tabela 04 - Uso da Terra e Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

Classe	1984		1999		2015	
	Área		Área		Área	
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
Área Urbana	11,43	3,56	23,40	7,59	39,43	12,29
Área de Mineração	0,30	0,09	0,63	0,20	0,71	0,22
Agrosilvopastoril	148,10	46,15	178,71	55,70	215,97	67,31
Cobertura Vegetal	160,22	49,93	117,36	36,58	64,84	20,21

Elabora: Jones Vale, 2017.

A partir do mapeamento multitemporal (Figura 18) e da tabela acima, pode-se observar que a paisagem da bacia hidrográfica do rio Apeú vem passando por grandes transformações, por conta das interferências antrópicas, principalmente pelas atividades econômicas que são desenvolvidas na região. Tais mudanças podem ter consequências irreparáveis, sobretudo na alteração do ecossistema por não haver um planejamento ambiental adequado.

2.9. Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú

O resultado final do cruzamento das informações apresentadas anteriormente ocorreu em ambiente de SIG onde o agrupamento dos dados proporcionou realizar análise e assim gerar o mapeamento das Unidades Geoambientais que são formas do terreno resultantes da ação dos agentes internos e externos, responsáveis pela delimitação de regiões constituídas de atributos naturais ou antrópicos distintos e característicos.

A figura 19 é o mapa das unidades geoambientais que representa uma síntese das características físicas da área, refletindo a homogeneidade quanto às características físicas do relevo, a ocupação e uso das áreas, o substrato geológico que compõem solos e rochas e ainda quanto às ocorrências de formas recentes de dinâmica superficial do relevo. A seguir tem-se as características das 6 unidades geoambientais.

Unidade I tem características de ter um relevo plano formado por colinas, predominantemente nessa unidade o solo é do tipo Argissolo Amarelo, apresenta baixa declividade, encontra-se próxima a área de expansão urbana da bacia, a atividade de extração mineral e a agricultura (cultivo de dendê) são as principais atividades dessa unidade.

Unidade II tem características de ter um relevo plano à suavemente ondulado com formas de relevo de colinas e de topos tabulares, presença de solo dos tipos Argissolo Amarelo, Argissolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Flúvico. Essa unidade tem como principal característica a urbanização onde se encontra o maior aglomerado populacional. Assim como para as outras unidades, recomenda-se o controle periódico dos problemas gerados pela urbanização sobre os recursos hídricos, e não deve ser incentivada a expansão dessa unidade sobre a APPs.

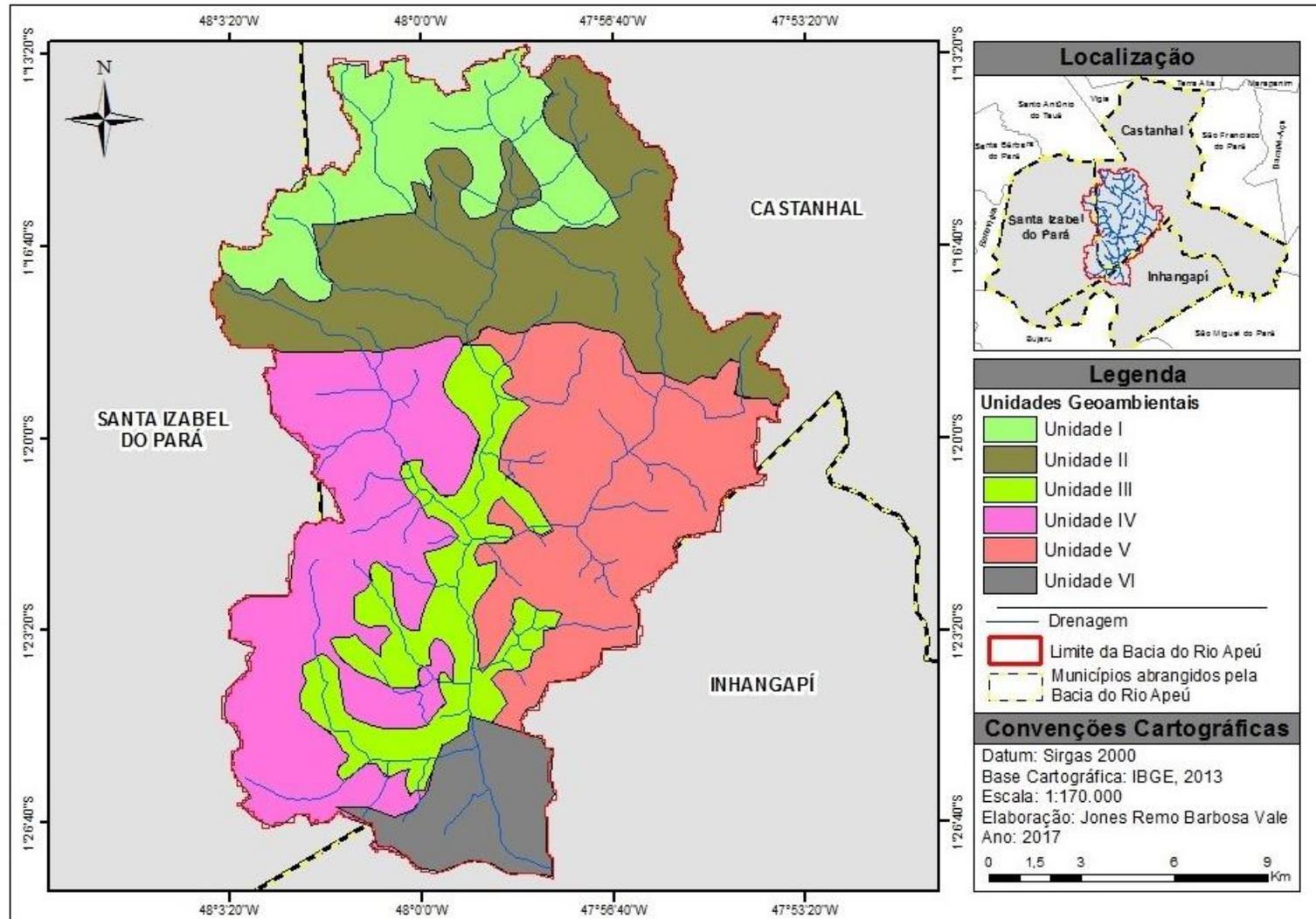
Unidade III tem características de ter um relevo suavemente ondulado com formas de relevo de topos tabulares e colinas, nessa unidade encontra-se o solo do tipo Gleissolo Háplico. É a unidade que mantém maior área de APP, apesar de concentrar comunidades próximas aos cursos d'água.

Unidade IV tem características de ter um relevo plano à suavemente ondulado com formas de relevo de topos tabulares e baixas colinas, nessa unidade há o predomínio do solo do tipo Argissolo Amarelo, mas na parte próxima ao município de Santa Izabel do Pará encontra-se o tipo Latossolo Amarelo. A paisagem dessa unidade foi uma das mais transformadas ao longo do tempo, a principal atividade econômica dessa unidade é a pecuária.

Unidade V tem características de ter um relevo plano a ondulado com formas de relevo de topos tabulares e colinas, nessa unidade encontra-se o solo do tipo Argissolo Amarelo e o Argissolo Vermelho-Amarelo. Assim como a Unidade IV, a paisagem dessa unidade foi bastante transformada ao longo do tempo, a pecuária e a agricultura são as principais atividades econômicas dessa unidade.

Unidade VI tem característica de ter um relevo suavemente ondulado com formas de relevo de planícies e terraços, com solo do tipo Gleissolo Háplico, Argissolo Amarelo e Argissolo Vermelho-Amarelo. A principal atividade econômica nessa unidade é a agrosilvopastoril.

Figura 19 - Mapa das Unidades Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú



CAPÍTULO III – DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ

3.1. Atividades Econômicas

A área onde se localiza a bacia do rio Apeú faz parte de um processo histórico de ocupação da Amazônia Oriental, logo é uma das áreas do nordeste paraense que apresentam modificações em sua paisagem. Final do século XIX e início do XX, a região era ocupada por pequenos produtores rurais que exportavam a sua produção por meio da Estrada de Ferro Belém–Bragança, cujos trilhos cortavam áreas dos municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará, já o núcleo colonial do atual município de Inhangapí estava ligado a essa estrada no km 75, por uma estrada de 3 km de extensão que dava acesso à Vila de Castanhal (SANTOS, 2006, p. 105).

A construção da BR-316, em 1960, a aprovação dos primeiros projetos agropecuários a partir de 1968 pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e a liberação de recursos financeiros do Fundo de Investimentos da Amazônia (FINAM) contribuíram para a instalação de empreendimentos agropecuários, provocando o fortalecimento da agricultura, da pecuária de corte e leiteiro, e da avicultura no nordeste e sudeste paraense (SANTOS, 2006, p. 105).

Os cultivos agrícolas que são mais recorrentes na área da bacia são de culturas temporárias como o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), a mandioca (*Manihot esculanta* L.), o milho (*Zea mays* L.), e de culturas perenes como o mamão (*Carica papaya* L.), a pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) e o dendê (*Elaeis guineensis*). Dentre os cultivos mencionados, cabe destacar a produtividade da pimenta-do-reino e do dendê.

A experiência agrícola japonesa promoveu a introdução do plantio de pimenta-do-reino nas áreas de terra firme do nordeste paraense, o apogeu desse cultivo foi na década de 1970, quando mais de 35% do valor das exportações do estado do Pará era decorrente das exportações de pimenta-do-reino. Esse cultivo se consolidou, principalmente, no município de Castanhal. De acordo com os dados do Boletim Agropecuário do estado Pará, no ano de 2013 o município de Castanhal produziu cerca de 3,36 toneladas de pimenta-

do-reino (PARÁ, 2015, p. 23), se estabelecendo como um dos maiores produtores do estado (Figura 20).

Figura 20 - Produção de Pimenta-do-reino no município de Castanhal/PA



Fonte: Jones Vale, 2017.

O dendê é uma planta perene com ciclo de vida produtivo em média de 25 anos, a inserção e a expansão desse cultivo na região amazônica ocorreu de forma acelerada, principalmente, por conta das condições edafoclimáticas, legislação que incentiva e o apoio de entidades públicas e privadas com auxílio técnico e financeiro (Figura 21). De acordo com Homma (2016, p. 23), o início dos plantios de dendê no município de Santa Izabel do Pará, começou em 1979 nas antigas áreas de pimentais por conta de um empréstimo de 3,5 milhões de dólares da *International Fund Corporation* para a Denpasa. Já no município de Castanhal os primeiros plantios começaram em meados da década de 90.

Na primeira década do século XXI houve uma grande expansão do cultivo do dendê nos municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará que os consolidou como grandes produtores dessa cultura no estado. Atualmente, fazem parte da integração dos pólos de produção (Tocantins, Rio Caeté e Guamá), que envolve nove municípios paraenses: Moju, Tailândia, Tomé-Açu, Bonito, Acará, Igarapé-Açu, Santo Antônio do Tauá, Santa Izabel do Pará e Castanhal (PARÁ, 2015, p. 22).

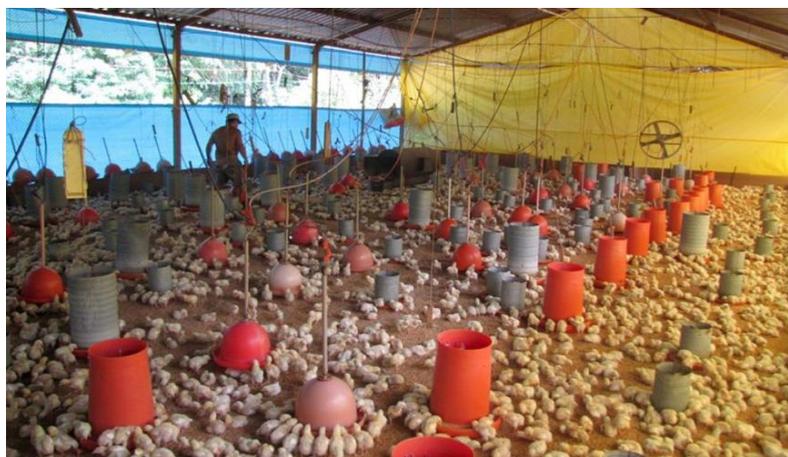
Figura 21 - Produção de dendê no município de Castanha/PA



Fonte: Jones Vale, 2017.

No município de Santa Izabel do Pará, mais precisamente no distrito de Americano, e na área rural dos municípios de Castanha e Inhangapí, a avicultura vem se destacando nos últimos anos. A criação de frango em larga escala tem gerado emprego para os trabalhadores dos municípios, pois é uma atividade patronal e não de subsistência. De acordo com o Sindicato dos Produtores Rurais de Santa Izabel e Santo Antônio do Tauá (SINPRIZ), a avicultura é tão forte no município de Santa Izabel do Pará que junto com o município vizinho, Santo Antônio do Tauá, são responsáveis por cerca de 60% da produção estadual de frangos de corte (Figura 22).

Figura 22 - Granja no município de Santa Izabel do Pará/PA



Fonte: Agência Pará, 2016.

A principal atividade econômica que move a região da bacia do rio Apeú é a pecuária, onde grande parte das fazendas instaladas nessa área dedica-se: ao gado de corte, ao gado de engorda, e a produção de leite. O destaque fica para o gado de corte e produção de leite, pois cerca de 80% das fazendas visitadas tem estas práticas como atividade produtiva.

A bovinocultura de corte é destaque no cenário da bacia do rio Apeú por conta da influência da economia nacional, pois o Brasil vem assumindo posição de liderança no mercado mundial de carnes. Segundo a EMBRAPA (2007, p. 15), diversos fatores contribuem para o sucesso brasileiro no comércio internacional da carne bovina, tais como: as ações desenvolvidas em prol da erradicação da febre aftosa que resultaram na melhoria da percepção de qualidade do produto e a constatação da produção de alimento seguro, uma vez que a maior parte do rebanho brasileiro é alimentada em pasto.

A produção leiteira é bastante atrativa do ponto de vista econômico, mas a criação de vacas leiteiras exige atenção e dedicação da mão-de-obra, pois as vacas são animais dispendiosos e vulneráveis e o leite é um produto muito perecível. Segundo Blauw *et al.* (2008, p. 08), as razões principais pelas quais pecuaristas criam vacas leiteiras são:

- Geração de rendimentos, pois as vacas leiteiras fornecem rendimentos regulares em número com base nas vendas diárias de leite, e também, com base nas vendas de gado excedente (bezerros machos, vacas selecionadas por causa da idade ou saúde e gado para reprodução).
- Utilização de recursos como restos vegetais da cultura, pasto, gramíneas.
- Estrume, pois a disponibilidade de estrume e a oportunidade de preparar composto para a fertilização de culturas forrageiras e outras culturas.

Contudo, a produção leiteira apresenta alguns riscos, pois as vacas representam um grande investimento, que se pode perder facilmente devido a uma doença ou roubo de animais, também o leite é um produto que se estraga muito rápido, que necessita ser armazenado de maneira adequada, do contrário não poderá ser vendido (BLAUW *et al.*, 2008, p. 09).

Também é importante destacar que na área da bacia existem fazendas que, além do gado de corte e leiteiro, algumas fazendas estão fazendo

atividade da silvicultura⁷, com árvores nobres visando à venda de madeira e de tinta, utilizando espécies como o mogno (*Swietenia macrophylla*), ipê roxo (*Handroanthus avellanedae*) e a uma espécie asiática chamada teca (*Tectona grandis*).

Além da atividade agropecuária na área da bacia do rio Apeú também encontra-se presente a extração mineral, representada pela exploração de pedras, piçarra e areia (Figura 23). O areal é explorado em uma área de solos do tipo Argissolo Amarelo (PA2d e PA4d), ocupada por vegetação de capoeira baixa e média. A exploração mineral é realizada pela iniciativa privada e ocorre no interior das fazendas ou em propriedades de pequenos agricultores que alugam essas áreas para explorarem o areal.

Figura 23 - Extração de areia no município de Castanhal/PA



Fonte: Jones Vale, 2017.

De acordo com Santos (2006, p. 116), os areais da bacia do rio Apeú são explorados sempre que possível até atingir o lençol freático e posteriormente abandonado, proporcionando o escoamento do lençol freático em direção aos igarapés. Segundo moradores locais, após o término da exploração das areias em suas propriedades área é utilizada para a plantação de mandioca. Quanto à fertilidade desses solos, verifica-se uma grande

⁷ Silvicultura é uma ciência dedicada ao estudo de métodos hábeis a promover a implantação e a regeneração dos povoamentos florestais, em função não apenas de interesses econômicos, mas também sociais, culturais e ecológicos (FBDS, s.a., p. 05).

concentração de cálcio, cálcio+magnésio e alumínio, já a quantidade de matéria orgânica encontrada é quase nula.

Para atender as necessidades das atividades econômicas da área da bacia, foram construídas várias estradas vicinais, a fim de garantir o transporte, tanto da produção mineral como dos produtos agropecuários. Essas estradas têm características de não seres asfaltadas, no período chuvoso apresentam grande dificuldade para o deslocamento dos produtos (Figura 24).

Figura 24 - Estrada vicinal na área da bacia do rio Apeú



Fonte: Jones Vale, 2017.

As atividades econômicas, mencionadas anteriormente, que são desenvolvidas na área da bacia têm caráter patronal, ou seja, são desenvolvidos pelo alto investimento de capital que tem como foco atender a demanda de mercado de nível regional até internacional. O crescente investimento patronal tem refletido na transformação da paisagem local, onde cada vez mais se observa áreas agrícolas de maneira desordenada, sem respeitar a aptidão agrícola de cada área. Desta forma é cada vez mais comum constatar plantações em áreas que por lei deveriam ser respeitadas e preservadas, ou seja, o capital acaba disputando espaço com o ambiental, gerando problemas socioambientais para a bacia.

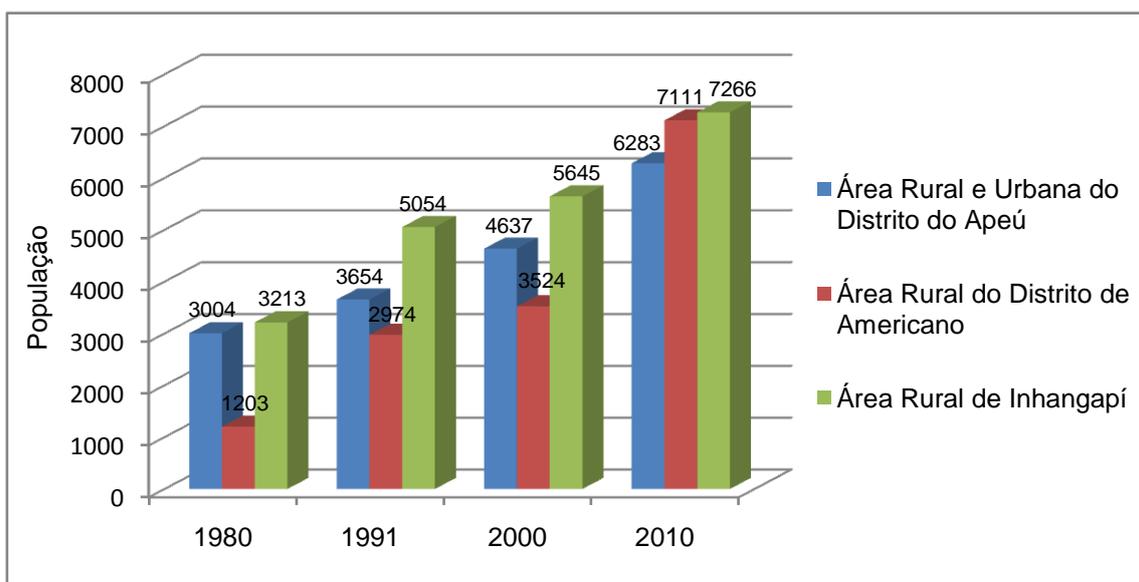
3.2. Saneamento e Condições Sociais

Segundo Santos (2009, p. 08), há um apoio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e da Empresa de Assistência Técnica e Expansão Rural do Estado do Pará (EMATER/PA) aos pequenos agricultores que se dedicam, principalmente, às culturas temporárias. Porém, as dificuldades no transporte dos produtos, principalmente, no período chuvoso quando as estradas vicinais em alguns trechos tornam-se intrafegáveis, a falta de recursos financeiros e o assédio dos fazendeiros para aquisição de lotes tem contribuído para o fortalecimento da atividade patronal na região.

Após a venda das propriedades na área rural, os pequenos produtores começaram a se estabelecerem em habitações nas áreas periféricas dos pequenos centros urbanos, dos municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará, principalmente no distrito do Apeú, o que acarretou no crescimento da área urbana.

Essas mudanças refletiram na distribuição espacial da população, a figura 25 mostra por meio de um gráfico o crescimento da população na área da bacia entre 1980 e 2010, sendo utilizados os censos demográficos do IBGE como referência.

Figura 25 – Gráfico da população residente na área da bacia hidrográfica do rio Apeú



Fonte: IBGE (1980; 1991; 2000; 2010).

No final da década de 80 e início da década de 90 os primeiros conjuntos habitacionais começaram a serem construídos às margens da Avenida Barão do Rio Branco que, atualmente, liga o distrito do Apeú ao centro de Castanhal. A construção de novos conjuntos continua até os dias atuais.

Christofoletti (2012, p. 424), coloca que a ampliação das áreas urbanas, repercute na capacidade de infiltração das águas no solo, o que acaba favorecendo o escoamento superficial, a concentração das enxurradas e a ocorrência de ondas de cheia. Ainda alerta que a urbanização afeta o funcionamento do ciclo hidrológico, pois interfere no rearranjo dos armazenamentos e na trajetória das águas.

Essas mudanças no espaço urbano da bacia do rio Apeú ocorreram sem o acompanhamento da infraestrutura que garantisse condições mínimas de bem-estar para os habitantes, ou seja, aumenta o número de habitantes por metro quadrado na localidade, mas não aumenta a infraestrutura necessária a esse crescimento, gerando assim problemas socioambientais.

A infraestrutura tem um importante papel no desenvolvimento urbano, ou seja, ela é responsável em:

[...] prover bens e serviços essenciais à melhoria da qualidade de vida da população, viabilizando maior inclusão dos indivíduos nos circuitos de produção, cidadania e consumo, para lhes proporcionar acesso equânime às oportunidades no espaço nacional e internacional (BEZERRA; RIBEIRO, 2000, p. 46).

Desta forma pode-se conceituar a infraestrutura urbana como um sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, e segundo Zmitrowicz e Angelis Neto (1997, p. 02), estas funções podem ser vista sob três aspectos:

Sob o aspecto social, a infraestrutura urbana visa promover adequadas condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. Sob o aspecto econômico, a infraestrutura urbana deve propiciar o desenvolvimento das atividades produtivas, isto é, a produção e comercialização de bens e serviço. E sob o aspecto institucional, entende-se que a infraestrutura urbana deve proporcionar os meios necessários ao desenvolvimento das atividades político-administrativas, entre os quais se inclui a gerência da própria cidade.

A infraestrutura é parte essencial das cidades, além dessas funções mencionadas, Puppi (1981, p. 63), destaca que a infraestrutura de uma cidade também é constituída por sistemas, tais como: sistema viário; sistema de drenagem pluvial; sistema de abastecimento de água; sistema energético e sistema de comunicação. Esses sistemas são essenciais para que uma cidade possa fluir evitando o surgimento de alagamento de ruas, congestionamento de trânsito e falhas nos serviços de atendimento a população por parte do poder público.

Um dos problemas de infraestrutura que a bacia do rio Apeú tem é em relação ao saneamento ambiental, pois ele está diretamente ligado à saúde da população local, ou seja, se não há saneamento básico no local ou ele está disposto de forma inadequada, entende-se de que a população pode sofrer problemas de saúde. Desta forma, o saneamento ambiental é um tema importante quando prima-se por um desenvolvimento sustentável. Quando se fala em saneamento ambiental, envolve as questões ligadas à coleta do resíduo sólido urbano, destinação final do resíduo sólido urbano, acesso ao sistema de abastecimento de água e acesso ao esgotamento sanitário.

O acesso ao serviço de coleta de lixo está diretamente vinculado à proteção das condições de saúde, através do controle e a redução de vetores, bem como das doenças relacionadas. A coleta do lixo traz melhorias para a qualidade ambiental, mas é importante ressaltar que sozinha não é capaz de eliminar efeitos ambientais nocivos decorrentes da inadequada destinação do lixo, tais como a poluição do solo e das águas através do chorume. Portanto, deve-se dar um destino adequado a este lixo.

Em conversa com os moradores pode-se observar que eles estão insatisfeitos com o serviço de coleta de lixo, a cada 10 moradores 7 reclamavam deste serviço, pois eles se queixam que não há um recolhimento diário desses resíduos, sendo responsabilidade dos próprios moradores darem um destino final ao lixo para que o mesmo não fique acumulado, assim muitos locais impróprios surgem, como por exemplo, lixões a céu aberto que acabam atraindo vetores.

O problema de coleta de lixo é mais agravante nas áreas mais afastadas do centro urbano da bacia. Nos bairros periféricos não há coleta, o

lixo é jogado em terrenos baldios ou próximo às margens dos igarapés e, nas agrovilas os moradores queimam o seu lixo nos quintais de suas residências.

Outro componente do saneamento ambiental é o sistema de abastecimento de água que tem como finalidade “o provimento a toda a população de água aprazível aos sentidos e sanitariamente pura, bastante para todos os usos” (PUPPI, 1981, p. 215). Logo, a qualidade e a quantidade são as duas condições primordiais neste sistema, no entanto, só a água potável perfaz pré-determinados requisitos físicos, químicos e bacteriológicos, ou seja, tem garantia higiênica, sendo oferecida à população para todos os usos, até mesmo para casos onde a qualidade da água poderia ser inferior sem riscos sanitários.

“As exigências de pureza são fixadas conforme o tipo de uso d’água” (MASCARÓ, 1989, p. 91), sendo que a água destinada à bebida e alimentação possui maior exigência de qualidade, o que acaba elevando o custo de serviço. De acordo com Puppi (1981, p. 228), para que a água seja transformada em potável é necessária a existência de um sistema de abastecimento de água, o qual é composto das seguintes partes:

- Captação que consiste em um conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou montados junto a um manancial para a captação de água destinada ao abastecimento de água. A captação de água tem duas alternativas: captação de águas superficiais e captação de águas subterrâneas;
- Adução que é constituído pelo conjunto de peças especiais e obras de arte destinadas a ligar as fontes de água bruta às estações de tratamento e estas aos reservatórios de distribuição;
- Recalque que trata-se da técnica que compreende o conjunto de máquinas e equipamentos necessários para a elevação de água de um ponto a outro, ocorrendo quando o manancial ou o local mais prestável para a captação estiver em nível inferior, não possibilitando o escoamento por gravidade;
- Reservação que tem por finalidade assegurar uma reserva de água para combater incêndios, fornecer água em casos de interrupção da adução e melhorar as condições de pressão da água na rede de distribuição;
- Tratamento que é destinado a adequar a água às condições necessárias ao consumo quando a qualidade captada não é adequada, sendo

dispendioso e só deverá ser adotado quando demonstrada sua necessidade e sempre que a purificação seja necessária;

- Rede de distribuição que compõe-se de um conjunto de condutos colocados nas vias públicas, junto aos edifícios, com a função de conduzir água aos prédios locais de consumo público.

A Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) é responsável pelo abastecimento de água da área urbana dos três municípios que fazem parte da bacia do Apeú. Somente a área urbana de Castanhal e parte dos distritos de Apeú e Americano são abastecidas pela estatal. Santos (2006, p. 205), destaca que o abastecimento de água na área rural é realizado por poços artesianos, que são perfurados em cada agrovila por meio de convênios entre a Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará (SESPA) e as Prefeituras, esse sistema atende geralmente às famílias residentes mais próximas do poço.

A população que não conta com esse serviço em suas residências perfura seus próprios poços artesianos ou amazonas (poços perfurados a profundidades que alcancem o primeiro o lençol freático), como ocorre nas fazendas, ou então usam diretamente as águas dos igarapés para todas as suas atividades diárias. Na figura 26, observa-se as mulheres utilizando a água do igarapé para lavar louça suja.

Figura 26 - Uso da água do Igarapé São João, afluente do Rio Apeú



Fonte: Jones Vale, 2017.

O grande problema dos moradores utilizarem diretamente as águas dos igarapés é que os efluentes das indústrias alimentícias e dos dois curtumes instalados na área da bacia são despejados em canaletas e caixas de gordura no interior das instalações e, posteriormente, fluem para as canaletas das vias urbanas e chegam aos cursos d'água (Figura 27). Também é um agravante do uso da água direta dos igarapés é que não há uma rede de esgotamento sanitário para atender a localidade de forma adequada e os efluentes domésticos acabam indo parar nos cursos d'água.

Os esgotos domésticos caracterizam-se pela grande quantidade de matéria orgânica que contém o que causa redução do oxigênio dissolvido na água que os recebe, como resultado de sua estabilização pelas bactérias. Como os resíduos dos processos biológicos do homem estão contidos nos esgotos domésticos, normalmente os mesmos possuem microorganismos patogênicos (MOTA, 1999, p. 66).

Figura 27 – Canaleta de escoamento pluvial na área urbana do Distrito do Apeú, Castanhal/PA



Fonte: Jones Vale, 2017.

Mascaró (1991, p. 151), apresenta unidades autônomas de depuração que são alternativas quando não há rede de esgoto ou uma estação de tratamento para atender a população, são elas:

- Fossa seca que trata-se de uma escavação cilíndrica ou prismática no solo, possuindo uma laje com uma abertura central na sua cobertura, onde é permitida a passagem de excrementos e uma casinha para dar privacidade ao usuário dela;

- Privada “clivus” que trata-se de uma fossa seca com câmara dupla e fundo em declive, sendo que os excretos humanos e os resíduos orgânicos são introduzidos na câmara superior, descendo lentamente pela inclinação do fundo para a câmara inferior, onde apodrece, podendo ser utilizado como adubo depois de um ou dois anos;

- Privada química que é composta por uma bacia sanitária de aço inoxidável ou louça vitrificada, a qual é instalada diretamente acima de um depósito metálico que contém uma solução de soda cáustica;

- Fossa séptica que é uma câmara fechada onde os esgotos domésticos são retidos por certo período de tempo suficiente para que a maioria dos sólidos em suspensão se sedimente no fundo ou se acumulem na superfície, ficando retidos nela. Na fossa séptica ocorre a proliferação de bactérias anaeróbias, que transformam a matéria orgânica em gases e líquidos, pelo processo químico conhecido como digestão.

Nas visitas às agrovilas, Boa Vista, Fonte Boa, Nazaré, Arraial e Santa Clara, verificou-se que cerca de 80% das residências têm banheiros e sanitários, e desse percentual cerca de 90% tem pelo menos dois sanitários, um compondo as dependências da casa e outro no quintal. Os tipos de privadas encontradas na área da bacia foram: privadas com fossas secas e fossas sépticas.

A ausência ou deficiência dos serviços de esgotamento sanitário é fundamental para a avaliação das condições de saúde, já que o acesso adequado a este sistema de saneamento é essencial para o controle e a redução de doenças. Este é um indicador universal de desenvolvimento sustentável, juntamente com informações ambientais e socioeconômicas e incluindo também outros serviços de saneamento, saúde, educação e renda.

Diante do retrato das condições socioeconômicas e de saneamento da população residente na bacia do rio Apeú, cabe ressaltar que o estado ambiental da mesma é essencial para o planejamento e a gestão de recursos hídricos, haja vista que a falta destes serviços, a carência ou, no caso de

condições socioeconômicas precárias, podem trazer consequências negativas ao meio ambiente ou particularmente a bacia.

Condições de vida é uma expressão designada em planejamento ambiental para explicitar as desigualdades sociais, fornecer indícios da dinâmica social e definir os elos entre esses fatos e a qualidade do ambiente natural. Assim, por exemplo, a ocorrência de doenças infecto-parasitárias, ausência de saneamento básico, más condições de habitação, precária educação e baixa renda de um segmento da população são frequentemente ligadas à péssima qualidade da água e à ausência de cobertura vegetal natural (SANTOS, 2004, p. 99-101).

Independente da situação de escolaridade ou de renda a população deve ser atendida quanto às condições dignas de moradia, onde seus direitos sejam garantidos e proporcionados. De acordo com Ott (2004, p. 34), a Agenda 21 possui alguns programas ligados a assentamentos humanos, onde prevê o que os mesmos deveriam possuir:

[...] habitação digna, melhoria no manejo das cidades, a promoção do planejamento sustentável para o uso da terra, integrar a infraestrutura ambiental: água, saneamento, drenagem e correto manejo dos resíduos sólidos, sistemas sustentáveis de energia e transportes, planejamento e manejo de assentamentos em áreas de risco, atividades sustentáveis na indústria da construção, capacitação e desenvolvimento dos recursos humanos e institucionais.

De forma muito clara é explícito quais são os direitos da população para que possam morar em locais sustentáveis. Porém, não adianta estes direitos existirem nestas instâncias se cabe ao poder público a decisão sobre autorização e a exigência do cumprimento das mesmas, sendo que as autoridades responsáveis nem sempre prezam pela garantia destes direitos.

3.3. Problemas Ambientais

Historicamente, o homem, para satisfazer suas necessidades, tem provocado alterações no meio ambiente, ao explorar os recursos naturais e promover a urbanização em larga escala, criando uma série de problemas ambientais, como a geração de resíduos e a poluição do ar, da água e do solo.

A ocupação de um ambiente natural, geralmente, ocorre com a remoção da cobertura vegetal.

A retirada da cobertura vegetal, quando feita de forma inadequada, sem planejamento, tem resultado em diversos problemas ambientais, que atingem a população, problemas tais como: modificações climáticas; danos à flora e fauna; aceleração de processos erosivos; empobrecimento de solos; assoreamento dos recursos hídricos; aumento do escoamento superficial da água e redução da infiltração; inundações.

Em relação aos problemas ambientais que ocorrem pela ausência ou má infraestrutura de uma cidade, principalmente, em áreas urbanas, Coelho (2001), destaca que:

Os problemas ambientais (ecológicos e sociais) não atingem igualmente todo o espaço urbano. Atingem muito mais os espaços físicos de ocupação das classes sociais menos favorecidas do que os das classes mais elevadas. A distribuição espacial das primeiras está associada à desvalorização de espaço, quer pela proximidade dos leitos de inundação dos rios, das indústrias, [...] quer pela insalubridade, tanto pelos riscos ambientais (susceptibilidade das áreas e das populações aos fenômenos ambientais) como desmoroamento e erosão [...] (COELHO, 2001, p. 27).

Para atender as necessidades da população e planejar o desenvolvimento de uma cidade, Dibieso (2007, p. 87) ressalta a importância do poder público municipal na conservação e na preservação ambiental, pois compete ao município definir limitações administrativas e jurídicas ao uso e ocupação do solo, através de zoneamentos, do controles específicos de uso do solo e também da fixação de parâmetros urbanísticos.

Os aspectos legais para o desenvolvimento das cidades é estabelecido pelo Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/2001, em seu Capítulo 1, Artigo 2º, dispõe que:

A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais: I - Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações.

Nesta perspectiva Mota (1999), coloca de que modo o poder público pode agir:

A aplicação das leis complementares ao Plano diretor de uma cidade pode contribuir para uma melhor utilização e conservação dos recursos naturais. A lei de zoneamento, bem como a lei de controle do parcelamento do solo, aliadas às outras leis que integram um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano, pode concorrer para o desenvolvimento sustentável de uma cidade, desde que sejam elaboradas com enfoque para a conservação do meio ambiente (MOTA, 1999, p. 26).

Desta forma, o poder público é responsável pela garantia de uma cidade sustentável, que proporcione a população um bem-estar social, que tenha um meio ambiente equilibrado. Esse bem-estar social e ambiental só é possível quando há um planejamento ambiental, e quando este ocorre de forma ineficiente ou até mesmo a sua inexistência, ocasiona uma série de problemas para a localidade.

As atividades econômicas que foram desenvolvidas ao longo dos anos na área da bacia do rio Apeú ocorreram sem o acompanhamento do poder público, atualmente, o que se observa na paisagem local são consequências das desordens provocadas por essas atividades. A seguir têm-se os problemas socioambientais detectados área da bacia.

Anteriormente destacou-se que a pecuária é uma das principais atividades desenvolvidas na área da bacia, tratando-se de pecuária é importante falar da pastagem. A pastagem são as áreas destinadas ao pastoreio do gado em que são formadas grandes extensões de terras, dominadas por espécies forrageiras, dentre outras vegetações (subarbusto e herbáceas invasores). Observa-se que na área da bacia as pastagens geralmente seguem até as margens dos igarapés e, em muitas fazendas, a vegetação rasteira é destruída, sendo preservadas apenas as árvores maiores, permitindo a presença do gado no seu interior, proporcionando espaços para chegarem até os igarapés para dessedentação.

A preservação da vegetação ciliar está disposta no Artigo 3º, da Lei Federal nº. 12.727/2012, que prediz sobre o conceito de Área de Preservação Permanente:

Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a

paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

O Artigo 4º, da Lei Federal nº. 12.727/2012 considera como Área de Preservação Permanente (APP) em zonas rurais ou urbanas: “I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de (...)”. As faixas marginais de APP são estipuladas no mesmo artigo:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Desta forma constata-se que o gado está presente até em áreas de preservação permanente. Santos (2006, p. 147), coloca que o trânsito livre do gado até as margens dos igarapés contribui para a compactação solo por meio do pisoteamento, dificultando na regeneração natural (Figura 28). Esta compactação diminui sensivelmente o poder de infiltração da água em regiões mais profundas e o aumento do escoamento superficial, desencadeando processos erosivos.

A supressão da vegetação nativa e a impermeabilização do solo, que estão intimamente ligados à aceleração dos processos erosivos, são as principais causas da perda da capacidade de armazenamento de água da bacia. Além disso, a erosão, sendo um processo de modificação da estrutura do solo, pode ser entendida como uma forma de poluição da água, pois o carreamento de pequenas partículas de solo, no processo de erosão, provoca alterações na qualidade da água. (MOTA, 1999, p. 64).

Figura 28 – Compactação do solo por meio do pisoteamento do gado



Fonte: Jones Vale, 2017.

É muito comum na região encontrar trilhos de gado que são denominados terracetes como pode-se observar na figura 27. Terracetes são feições erosivas típicas de processos de rastejo geradas pelo pisoteio do gado (SELBY, 1982, p. 121). O pisoteio recorrente compacta faixas do terreno, reduz a permeabilidade do solo e favorece o desenvolvimento de escoamento superficial. Esse impacto ambiental favorece o primeiro estágio do processo erosivo que é a desagregação de partículas do solo, e o segundo estágio que é o transporte das partículas.

A erosão dos solos podem reduzir a fertilidade dos solos e chegar a estágios mais graves que são o aparecimento de ravinas e voçorocas, o que torna, às vezes, impossível sua utilização agrícola. A erosão causa, quase sempre, uma série de problemas ambientais, em nível local até grandes áreas. Por exemplo, o material que é erodido de uma bacia hidrográfica pode causar o assoreamento de rios e reservatórios. Além disso, as partículas transportadas pela água, em uma área agrícola, podem estar impregnadas de defensivos agrícolas e contaminar as águas dos rios. O desmatamento e a erosão dos solos podem provocar o desaparecimento de mananciais, bem como acentuar os efeitos das inundações (GUERRA, 2012, p. 187).

Conforme Mota (1995, p. 121), o processo de erosão do solo, além de outras consequências indesejáveis, resulta em alterações no ambiente aquático, principalmente, porque provoca:

- Assoreamento e obstrução dos cursos d'água, contribuindo para a ocorrência de cheias e prejudicando a navegação;
- Redução da capacidade de armazenamento dos reservatórios, devido ao assoreamento, com prejuízos para o abastecimento público e industrial, a recreação e outros usos da água;
- Alteração na qualidade da água, principalmente, em relação a sua turbidez, e contribuindo para a elevação do custo de tratamento da mesma. O solo carregado pode conter produtos químicos, como pesticidas e fertilizantes, os quais vão causar a poluição da água;
- Problemas ecológicos ao meio ambiente aquático, devido ao aumento da turbidez ou à deposição de materiais nos leitos dos cursos d'água e reservatórios.

O controle dos processos erosivos deve então estar fundamentado em princípios básicos de manejo de solos com o propósito de evitar o impacto das gotas de chuva, facilitar a infiltração de água no solo, e disciplinar o escoamento superficial, seja ele difuso ou, em especial, concentrado (EMBRAPA, 2011, p. 03).

De acordo com a declividade existente na bacia do rio Apeú, uma área plana, com pequenas ondulações em seu relevo, não possui restrições de uso e ocupação do solo, logo o relevo da bacia não favorece a erosão, mas as características dos tipos de solos, as condições hídricas e a ação do homem sobre a área são responsáveis pela ocorrência da erosão na bacia.

Em relação à atividade agrícola patronal, em sua maioria, são grandes áreas que desenvolvem monoculturas, que mudam significativamente o ambiente, tanto na fauna quanto na flora. Sobre as monoculturas Gliessman (2000, p. 35), destaca que:

A monocultura é uma excrescência natural de uma abordagem industrial da agricultura, em que os insumos de mão-de-obra são minimizados e os insumos baseados em tecnologia são maximizados com vistas a aumentar a eficiência produtiva. As técnicas de monocultivo casam-se bem com outras práticas da

agricultura moderna: a monocultura tende a favorecer o cultivo intensivo do solo, a aplicação de fertilizantes inorgânicos, a irrigação, o controle químico de pragas e as variedades especializadas de plantas. A relação com os agrotóxicos é particularmente forte; vastos cultivos da mesma planta são mais suscetíveis a ataques devastadores de pragas específicas e requerem proteção química.

A agricultura em larga escala, na perspectiva de conter as pragas agrícolas e aumentar a sua produtividade, conta com o uso indiscriminado e demasiado de substâncias tóxicas (como fertilizantes, herbicidas e pesticidas), a partir daí ocorre um decrescente índice de qualidade de vida das pessoas e um aniquilamento dos recursos ambientais (MARTELL, 1994, p. 144).

Conforme De Deus e Bakonyi (2012, p. 1309), os herbicidas a base de benzenaminas, que mais usuais na agricultura, causam a degradação no solo, que podem ocorrer tanto em condições aeróbicas como anaeróbicas e essa biodegradação aeróbica acontece devido às reações de desalquilação do grupo amino e em seguida a redução do grupo nitrilo. Portanto, a presença elevada de resíduos tóxicos em alimentos pode provocar intoxicações e mortes de seres vivos e mudanças no comportamento, surto e seleção de pragas. Esses problemas são consequências do uso continuado, indiscriminado e sem total planejamento de tais produtos químicos.

Como exposto, a atividade agropecuária aparece como um dos grandes responsáveis pela degradação intensa das águas, pois muitas fontes naturais de água acabaram devido ao mau uso e o manejo incorreto dos mesmos, além destes ocorre também à contaminação das águas por produtos químicos. Esse problema se reflete na população que depende da água dos igarapés para realizar as atividades básicas diárias.

Ainda sobre a qualidade dos recursos hídricos, pode-se observar nas conversas com os moradores da área urbana que não há reclamação quanto à qualidade, mas sim em relação à disponibilidade, pois segundo os mesmos constantemente há interrupção do fornecimento do serviço e por isso a maioria utiliza poços artesianos. Nas conversas com os moradores da área rural da bacia, principalmente, na parte sul da bacia, cerca de 60% reclamaram quanto a qualidade da água, pois constantemente as águas apresentam mau cheiro e

também é comum encontrar efluentes domésticos, ou seja, oriundos da parte urbana da bacia que fica ao centro-norte.

Em conversa com a coordenadora do posto de saúde Sara Martins, localizado no distrito de Apeú, Ana Santiago, é bastante alto o índice da população que apresenta quadros de doenças cuja transmissão ocorra por meio da veiculação hídrica. Ela relatou que em todos os casos, a causa ocorre por conta do mau tratamento da água, higiene pessoal e das condições sanitárias inadequadas. As doenças de veiculação hídrica mais recorrente são: amebíase, giardíase, hepatite infecciosa e cólera.

A população que utiliza a água dos igarapés da região diretamente nos seus afazeres diários entra em contato com os parasitas que são eliminados com as fezes humanas e animais que, se são deixadas próximas aos cursos d'água e contaminam a água que é utilizada pela população.

Considerando a água um elemento essencial à manutenção da vida e em algumas situações, um veículo transmissor de diversos agentes patogênicos, é imprescindível que se tenha um sistema de saneamento básico eficaz, pois a população tem direito aos serviços de saneamento básico. Apesar de o saneamento básico ser de responsabilidade do poder público, cabe salientar que a população também precisa cooperar para que as ações do governo se concretizem e se desdobrem a todos.

A partir dos usos da terra encontrados na bacia do rio Apeú foi possível constatar as constantes transformações que a paisagem local sofreu. A ocupação da bacia se intensificou pós-construção da Estrada de Ferro Belém-Bragança, posteriormente, com a construção da BR-316, além da introdução das atividades agropecuárias e mais recentemente a expansão da área urbana. Essas mudanças ocasionaram, principalmente, no conflito com o meio ambiente, pois para o desenvolvimento desses usos ocorreu à retirada da cobertura vegetal.

Segundo Jesuino (2010, p. 30), a vegetação da paisagem da bacia do rio Apeú é bastante fragmentada, formada por 507 fragmentos de vegetação natural. Os fragmentos de tamanho pequeno se fazem mais presentes nas porções norte e central da bacia, denotando que nestas áreas existe um maior impacto ambiental causado pela presença humana, pois é a maior

concentração populacional da bacia, nestas áreas há a presença de grande número de localidades, além de sede municipal e fazendas.

A densidade da cobertura vegetal é importante para o amortecimento da gota da chuva ao cair sobre o solo, visto que grande parte da chuva fica concentrada no dossel, evapotranspirando e a outra parte escoar pelos troncos e folhas, atingindo o solo com velocidade amortecida, diminuindo a erosão. A retirada da cobertura vegetal, para a preparação do solo para cultivos agrícolas, áreas de pastagem, de extração mineral e também de solo exposto para expansão urbana deixa o solo desprotegido e vulnerável à ação da chuva.

Diante dos problemas ambientais encontrados na bacia do rio Apeú, cabe ao poder público conhecer o seu território, sobre os aspectos físicos e socioeconômicos. De forma geral notoriamente, as leis e políticas ambientais que garantem a recuperação e a preservação dos recursos hídricos e da vegetação existem, porém não estão em consonância com a realidade local, o que é um agravante para o presente e para o futuro da bacia do rio Apeú, uma vez que a existência de políticas públicas eficazes e operantes poderia, além de recuperar as áreas mais degradadas, conter possíveis impactos gerados pela consolidação e expansão dos usos da terra.

É importante lembrar que, na ausência de um Plano de Bacia, os Planos Diretores Municipais bem como o acatamento ao Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.727/2012) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), aparecem como os recursos que estes municípios dispõem para gerirem seus recursos. Como a unidade de planejamento e gestão é a bacia hidrográfica, os vários municípios que a compõem podem se juntar para fazerem isso.

CAPÍTULO IV – PROPOSTAS DE MELHORIAS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APEÚ

Com base nas informações discutidas neste trabalho e sintetizadas na etapa anterior, diagnóstico, destacam-se, aqui, algumas propostas para subsidiar a melhoria do planejamento ambiental da bacia do rio Apeú, com a finalidade de mitigar ou reverter o atual quadro. Dentre as medidas que devem ser tomadas estão:

- Melhoria das condições de saneamento básico da população residente nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do rio Apeú;
- Busca de técnicas de tratamento e destinação final do lixo, para que não ocorra a contaminação dos cursos d'água da bacia e evitando a proliferação de vetores;
- Análises físico-químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas e superficiais bem como o monitoramento da qualidade das águas dos igarapés da bacia sempre que for preciso, pois a população rural utiliza água diretamente dos igarapés;
- Propõe-se a recuperação e a preservação da cobertura vegetal nas margens dos rios e de suas nascentes, conforme estabelecido no Artigo 4º, da Lei Federal nº. 12.727/2012, tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais;
- Manter a vegetação natural ou reflorestar com espécies adequadas áreas com solo exposto, para favorecer a infiltração de água e retardar o escoamento superficial;
- Recuperação das áreas degradadas pela extração mineral e permitir a exploração mineral de pedras, areia e piçarra, somente após apresentação do Relatório de Impactos Ambiental (RIMA), se o mesmo for aprovado, além de licença expedida pela SEMAS;
- Aplicação de manejo do solo, levando-se em conta, principalmente, os aspectos de controle da erosão e das condições de escoamento e de infiltração da água.
- Contenção dos processos erosivos decorrentes dos usos da terra, evitando assim o assoreamento dos rios e a sua maior contaminação;

- Controle das ocupações espontâneas, sobretudo, próximo aos cursos d'água, pois são áreas de preservação permanente, áreas que garantem a preservação e a conservação dos recursos hídricos;
- Controlar o uso de fertilizantes e pesticidas nos cultivos agrícolas, para evitar a contaminação dos solos e dos cursos d'água;
- Fiscalização nas atividades industriais, principalmente, de frigoríficos, para que os rejeitos não sejam depositados nos cursos d'água;
- Promover maior articulação entre as instâncias públicas responsáveis pelo gerenciamento e fiscalização ambiental;
- Debater com a população toda proposta de intervenção ambiental, pois a participação da população nas ações ambientais é uma forma de conscientização da importância da preservação do meio ambiente.

A bacia hidrográfica do rio Apeú resente-se da falta de qualquer legislação específica para o disciplinamento do uso da terra em sua área de abrangência. Portanto, ressalta-se a importância de uma discussão sobre a necessidade do estabelecimento de um arcabouço legal para o disciplinamento do uso da terra na bacia e, conseqüentemente, para a melhoria de seu estado ambiental e a conservação dos recursos hídricos.

O estabelecimento de uma legislação de zoneamento deve ser uma iniciativa conjunta e orgânica dos três municípios que abrangem a bacia. No Brasil, o município detém, segundo o Artigo 30 da Constituição Federal de 1988, a competência de “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”. Sendo assim, no caso de bacias hidrográficas que abrangem mais de um município, como é o caso da bacia estudada, deve-se buscar uma gestão compartilhada e negociada entre as administrações municipais para a compatibilização das respectivas legislações.

As propostas apresentadas são formas de mitigação dos problemas socioambientais encontrados na bacia. Contudo, cabe destacar que há a necessidade de implementação de infraestrutura de caráter emergencial e a longo prazo em vários locais da bacia, essas ações além de melhorar o estado ambiental da bacia proporcionará melhor qualidade de vida da população local.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre as características ambientais da bacia hidrográfica do rio Apeú oferece subsídios para o planejamento ambiental. Com informações acerca do meio físico, das condições socioeconômicas da população, as tendências de uso da terra e cobertura vegetal e seus principais efeitos.

No início deste estudo, houve a preocupação em coletar dados que fossem suficientes para atender os objetivos propostos no trabalho. Na Amazônia e, particularmente, no Estado Pará, as informações sobre os aspectos físicos, em muitos casos (pedologia, geomorfologia, vegetação, geologia, etc.) apresentam-se em escalas espaciais com poucos detalhes, que acaba dificultando a geração de uma base de dados adequada para análises ambientais.

Os trabalhos que já foram realizados no nordeste paraense, principalmente, na bacia do rio Apeú foram fundamentais como apoio bibliográfico. Além dessas referências, o levantamento de uso da terra e cobertura vegetal, os registros fotográficos e as entrevistas abertas realizadas com moradores da área, no decorrer dos trabalhos de campo, puderam sanar as dúvidas que surgiam.

A utilização das geotecnologias foi de extrema importância na elaboração dos mapeamentos, com o uso do geoprocessamento foi possível a geração de mapas temáticos, que garante eficiência e rapidez no processo de manipulação e tratamento de dados, assim como na tomada de decisões. É importante ressaltar a aplicabilidade destes dados, uma vez que os mesmos podem ser disponibilizados e apresentam-se como uma importante ferramenta para o poder público.

A bacia hidrográfica demonstra ser muito eficiente como unidade de análise ambiental, suas características essenciais a tornam uma unidade muito bem caracterizada, permitindo a integração dos seus elementos e assim fazer um melhor planejamento e gerenciamento dos recursos naturais e, além disso, permite a aplicação de tecnologias avançadas. No entanto, é importante frisar que muitas informações precisam ser adaptadas a esta unidade por transcender seu limite.

A metodologia adotada nesta dissertação foi aplicada ao planejamento ambiental por Leal (1995), utilizada também por Dibieso (2007); Ribeiro (2012);

Soares (2012) e Paungarten (2013). Ela possibilitou compreender a dinâmica do meio físico, além da sistematização, integração e síntese das informações levantadas durante a pesquisa, uma melhor orientação ao planejamento desta unidade, uma vez que os gestores desta área terão maiores conhecimentos dos mais atuais processos e tendências de transformação pelas quais passa a bacia hidrográfica do rio Apeú. Desta forma, esta metodologia mostra-se de grande valia para a aplicação em muitos outros trabalhos que necessitam desta abordagem.

Constatou-se que a bacia hidrográfica do rio Apeú passa por mudanças de uso da terra e cobertura vegetal acompanhada de alterações ambientais e políticas ambientais inoperantes, como a Lei Federal nº. 12.727/2012. A paisagem é dinâmica e constantemente essa dinâmica natural/social, acaba sendo intensificada pela ação humana. O exemplo disso são as atividades agropecuárias presentes na área da bacia, essas atividades tem provocado graves danos ao meio ambiente, cada vez mais é comum visualizar plantações e presença do gado em áreas de preservação permanente.

O processo de modernização agrícola, se por um lado aumentou a produtividade das lavouras, por outro, levou a impactos ambientais indesejáveis. Os problemas ambientais mais frequentes, provocados pelo padrão produtivo monocultor são a destruição das florestas e da biodiversidade genética, a erosão dos solos e a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos.

Em relação à contaminação dos cursos d'água, todos são prejudicados, mas a população carente de renda e de infraestrutura é a que mais sente esse problema. Apesar do baixo nível educacional delas, eles compreendem que é necessário manter a cobertura vegetal das margens dos igarapés. Pois essa cobertura fixa a areia nas raízes das árvores, diminuindo a erosão. Caso contrário, o produto proveniente dessa erosão é jogado nos igarapés, diminuindo a profundidade dos mesmos, não permitindo a navegação de seus botes, o banho e a pesca, esta última de grande importância para os pequenos agricultores, porque complementa a alimentação familiar.

No tocante à recuperação de áreas desflorestadas, o reflorestamento, a preservação e a conservação de áreas de preservação permanente devem ser acompanhados e desenvolvidos pelo poder público em conjunto com a

participação popular. Visto que o meio ambiente, a educação e a saúde devem desenvolver relações em conjunto, visando à melhoria de vida da própria população e fortalecendo as políticas públicas.

É importante investir-se cada vez mais na implementação de medidas preventivas, utilizando-se o planejamento e a gestão como instrumentos para viabilizar o uso da terra de forma mais racional, tanto na área urbana quanto na área rural. É necessário não apenas definir as atividades que sejam economicamente mais viáveis, mas correlacionar o uso mais adequado às características do meio ambiente, a fim de não comprometer o maior e o melhor uso de suas potencialidades, ou seja, não é uma questão de usar ou não usar, mas, fundamentalmente, saber usar.

A adequação do uso da terra às características locais trata-se, portanto, de um processo complexo e sistêmico, que transcende as soluções meramente técnicas, demandando mudanças de valores e de comportamentos de todos os atores envolvidos.

Nos estados da região sudeste o Plano de Bacias vem sendo implantado com sucesso, então trabalho futuramente poderá auxiliar na construção deste plano e de outros instrumentos de planejamento dando oportunidades aos municípios que fazem parte desta bacia em gerir mais eficazmente seus recursos e, como a unidade de gestão é a bacia hidrográfica, os vários municípios que a compõem podem juntar-se para o seu planejamento e gestão.

Por fim, é importante ressaltar a importância de preservar e conservar os recursos naturais, evidente que é necessário o desenvolvimento das atividades econômicas, desde que elas ocorram de forma ordenada, com equilíbrio entre o social e o natural. Destaca-se também a participação pública, pois é de suma importância para que ocorram mudanças positivas que garantam um melhor estado ambiental da bacia. Para isso a gestão deve ser descentralizada e participativa, uma vez que a população é responsável por denunciar, fiscalizar e exigir ações e projetos dos órgãos públicos para melhoria da situação local.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Formas de relevo**: São Paulo: EDART, 1975.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2009_rel.pdf>. Acesso em 12 set. 2016.

AGÊNCIA PARÁ. **Setor de avicultura cresce 10% no Pará**. Disponível em: <<http://www.agenciapara.com.br/Noticia/120397/setor-de-avicultura-cresce-10-no-para>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

ALBUQUERQUE, J. **Erosividade das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Apeú, região nordeste do estado do Pará**. 2013. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu/SP. 2013.

ALBUQUERQUE, M. F. *et al.* Distribuição espacial da precipitação climatológica nas mesorregiões do estado do Pará, nas últimas décadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010.

ALMEIDA, J. R.; MARQUES, T.; MORAES, F. E. R.; BERNARDO, J. **Planejamento ambiental**: caminho para a participação popular e gestão ambiental para o nosso futuro comum – uma necessidade, um desafio. 2 ed. Rio de Janeiro: Thex/Biblioteca Estácio de Sá, 1999.

ALVES, A. O. **Planejamento ambiental urbano na microbacia do Córrego da Colônia Mineira – Presidente Prudente/SP**. 2004. 166 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, 2004.

ANDRADE, M. C. de. Atualidade do pensamento de Élisée Reclus. In: ANDRADE, M. C. de. (Org.). **Élisée Reclus**, São Paulo: Ática, p.7-37, 1985.

BANDEIRA, I. C. N. **Neotectônica e Estruturação dos sistemas hidrogeológicos da região de Castanhal/PA**. 2008. 144f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Belém/PA, 2008.

BECKER, B. Inserção da Amazônia na geopolítica da água. In: ARAGÓN, L. E.; CLUSENER-GODT, M. (Orgs.). **Problemática do uso local e global da água da Amazônia**. Belém: NAEA/UFP/UNESCO. 2003.

BERTALANFFY, L. von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 7 ed. Petrópolis: Vozes, 2006.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. In: **RA'E GA: o espaço geográfico em análise**, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, n. 08, p. 141-152, 2004.

BEZERRA, M. C. L.; RIBEIRO, L. A. de L. C. **Infraestrutura e integração regional**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Sodontécnica/Crescente Fértil, 1999.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, v.16/17, p.117-151, 1965.

BLAUW, H.; HERTOOG, G. D.; KOESLAG, J. **Criação de gado leiteiro: obtendo mais leite através de um melhor manejo**. Agrodok 14, 2008.

BOLÒS, M. de. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografía**, Barcelona: Universidad de Barcelona, v. 15, n. 1-2. p. 45-68, 1981.

BORDALO, C. A. L. A "crise" mundial da água vista numa perspectiva da geografia política. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 31 especial, p. 66 - 78, 2012.

BORDALO, C. A. L.; SILVA, F. A. O. ; SANTOS, V. C. Por uma gestão dos recursos hídricos no estado do Pará: Estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Murucupi no município de Barcarena. **Revista GeoNorte**, Manaus, v. 3, n. 4, p. 1216-1228, 2012.

BORDALO, C. A. L.; COSTA, F. E. V. Uma análise das primeiras experiências de gestão em bacias hidrográficas na Amazônia. In: SILVA, C. N. *et al.* (Orgs). **Sociedade, Espaço e Políticas Territoriais na Amazônia Paraense**. 1 ed. Belém: GAPTA/UFPA, 2013.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacias hidrográficas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. A.; BOTELHO, R. G. M. (Org.) **Erosão e Conservação dos Solos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 25 jan. 2016.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001. **Estatuto das cidades**. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 16 nov. 2016.

_____. Lei nº 12.727, de 17 de Outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Lei Florestal Brasileira**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12727.htm>. Acesso em: 25 jul. 2015.

_____. Ministério das Minas e Energia (MME). Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha AS.22-Belém e Folha AS.23-São Luis: geologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Síntese Executiva – português. Brasília: MMA, SRH, 2006.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/sistema-nacional-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>>. Acesso em 08 nov. 2016.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 2004.

CALIL, P. M. **Potencial de uso por atributos morfométricos dos solos da bacia hidrográfica do Alto Rio Meia Ponte, Goiás**. 2009. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia/GO, 2009.

CAMARGO, L. H. R. **Ruptura do Meio Ambiente**: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova percepção da ciência, a Geografia da complexidade. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 2004.

CARVALHO, M. B. de. Geografia e Complexidade. **Scripta Nova**. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Barcelona, v. 3. n. 34, 1999.

CAVALCANTI, A. P. B.; RODRIGUEZ, J. M. M. O Meio Ambiente: histórico e contextualização. In: CAVALCANTI, A. P. B. (Org). **Desenvolvimento Sustentável e Planejamento**: bases teóricas e conceituais. Fortaleza: UFC/Imprensa Universitária, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1979.

_____. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. Significância da teoria de sistemas em Geografia Física. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 16-17, n. 31-34, p. 119-128, 1986-1987.

_____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

_____. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 415-442.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 19-43.

COHEN, J. C. P.; DIAS, M. A. F. S.; NOBRE, C. A. environmental conditions associated with amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, USA, v. 23, n. 11, p. 3163-3174, 1995.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CRUZ, O. A Geografia Física, o Geossistema, a Paisagem e os Estudos dos Processos Geomórficos. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 15, n. 29-30, p. 53-62, 1985.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e Gestão Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **A Questão Ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente**. 11 ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 2012.

DE DEUS, R. M.; BAKONYI, S. M. C. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. **REGET UFSM**, Santa Maria/RS, v. 07, n. 07, p. 1306-1315, 2012.

DEMARCHI, J. C. **Geotecnologias aplicadas à estimativa de perdas de solo por erosão hídrica na sub-bacia do Ribeirão das Perobas, município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP**. 2012. 167f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu/SP, 2012.

DIBIESO, E. P. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP**. 2007. 157f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, 2007.

EMBRAPA. **Súmula da X reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979.

_____. **Boas práticas agropecuárias: bovinos de corte**. 1 ed. Campo Grande/MS: Embrapa Gado de Corte, 2007.

_____. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna/SP: Embrapa Meio Ambiente, 2011.

FRANCO, M. de A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. 2 ed. São Paulo: Annablume/Universidade Regional de Blumenau, 2001.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FURTADO, A. M. M.; PONTE, F. C. Mapeamento de unidades de relevo do estado do Pará. **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 02, n. 2, p. 56-67, jul./dez. 2013.

GARCIA, E. A. C. Política nacional de recursos hídricos: Algumas implicações para a bacia hidrográfica amazônica. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v.15, n.2, p. 85-112, 1998.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 149-209.

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

HOMMA, A. K. O. **Cronologia do cultivo do dendezeiro na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

IBGE. **Censo demográfico de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE. 2000.

_____. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3 ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

_____. **Sinopse preliminar do censo demográfico do Estado do Pará**. Rio de Janeiro. 1991.

JESUINO, S. A. **Análise da fragmentação da vegetação arbórea na bacia hidrográfica do Rio Apeú, como subsidio ao planejamento ambiental.** 2010. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém/PA, 2010.

KUHN, T. S. **Estrutura das revoluções científicas.** 5 ed. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LA BLACHE, P. V. de. **As características próprias da Geografia.** Transcrição: *Annales de Géographie*, 22 (124): 289-299, 1913. Obra: "*Des caractères distinctifs de la Géographie*". Tradução: Odete Sandrini Mayer, 2010. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/nugea/files/2010/09/as-caracteristicas-proprias-da-geografia-La-Blache1.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2016.

LANNA, A. E. L. **Gerenciamento de bacia hidrográfica:** aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1995.

LEAL, A. C. **Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca - Campinas/SP.** 1995. 154f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro/SP, 1995.

_____. **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema – São Paulo.** 2000. 279 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas/SP, 2000.

_____. Gestão urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. In: BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de. (Org.). **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional.** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003.

_____. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, Dourados, ano 3, n.6, p. 65-84, 2012.

LEFF, E. Educação Ambiental e desenvolvimento sustentável. In: REIGOTA, M. (Org.). **Verde cotidiano:** o meio ambiente em discussão. 2 ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

_____. **Epistemologia Ambiental.** 2 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

_____. Pensar a Complexidade Ambiental. In: LEFF, E. (Org.). **A Complexidade Ambiental.** São Paulo: Cortez, 2003.

_____. **Saber ambiental:** sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 5 ed. Petrópolis: Vozes, 2007.

LEITE, M. E.; ROCHA, A. M. Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao cálculo de índices morfométricos em bacia hidrográfica. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 28, p.44-65, 2016.

LEMOS, A. C. P. N. Planejamento e gerenciamento da exploração dos recursos naturais. In: CHASSOT, A.; CAMPOS, H. (Orgs.) **Ciências da terra e meio ambiente**: diálogos para (inter)ações no planeta. São Leopoldo (RS): Unisinos, 2000.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo: Companhia Editora Nacional/USP, 1975.

LIMA, R. J. da SILVA. *et al.* Recursos Hídricos no estado do Pará: principais ações desenvolvidas no âmbito da gestão. In: SECTAM (Org.). **Navegando sob o céu do Pará**: Hidroclimatologia e recursos hídricos do estado do Pará. Belém: SECTAM, 2005.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. Piracicaba/SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na Geografia. **Geografia**, Londrina, v. 15, n. 2, jul./dez., p. 95-109, 2006.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à Hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MARION, C. V. A questão ambiental e suas problemáticas atuais: uma visão sistêmica da crise ambiental. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO E CONTEMPORANEIDADE, 2., 2013. Santa Maria/RS. **Anais...** Santa Maria/RS: UFMS, 2013. p. 657-669.

MARQUES NETO, R. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a Geografia Física. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, v. 9, n. 26, jun., p. 243-255, 2008.

MARTELL, L. **Ecology and Society**. Oxford: Polity Press, 1994.

MASCARÓ, J. L. **Desenho urbano e custos de urbanização**. 2 ed. Porto Alegre: Sagra, 1989.

_____. **Infra-estrutura habitacional alternativa**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

MENDONÇA, F. **Geografia e Meio Ambiente**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 1996.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema

da elaboração de modelos de avaliação. In: SIMPÓSIO A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 1., 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1978, p. 43-74.

_____. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000.

MORIN, E. **Ciência com consciência.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

_____. **O Método: A natureza da natureza.** Tradução: Maria Gabriela de Bragança. Mira-Sintra/Europa-América Ltda., 1997.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

_____. **Urbanização e meio ambiente.** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no Nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do Rio Acaraú-Ceará.** 2006. 325f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2006.

NOVAES, C. P.; PERUSI, M. C. Análise da morfometria da sub-bacia do Córrego Morumbi, Piracicaba/SP. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 02, n. 08, p. 55-72, 2014.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

ORGANIZAÇÃO TOM DA AMAZÔNIA. **Caderno Prof.2 – Águas.** Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho, 2005. Disponível em: <<http://www.tomdaamazonia.org.br/biblioteca/files/Cad.Prof-2-aguas.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2016.

OTT, C. **Gestão pública e políticas urbanas para cidades sustentáveis: a ética da legislação no meio urbano aplicada às cidades com até 50.000 habitantes.** 2004. 196f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PARÁ. **Boletim Agropecuário do Estado do Pará 2015.** Belém: Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Pará, 2015.

_____. Lei Estadual Nº 6381, de 25 de julho de 2001. **Política Estadual de Recursos Hídricos.** Disponível em: <https://docs.google.com/document/d/1dZ0GkO8IJD_MZWI6cmLdHHV4KDTz4NkCMSCHtuLf684/edit?pref=2&pli=1>. Acesso em 25 jan. 2016.

_____. **Recursos Hídricos:** Divisão hidrográfica. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/>>. Acesso em 14 nov. 2016.

PARETA, K.; PARETA, U. Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS. **International Journal of Geomatics and Geosciences**. v. 2, n.1, p. 248-269, 2011.

PAUNGARTTEN, S. P. L. **Subsídios ao planejamento e gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Benfica, Belém-PA**. 2013. 146f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém/PA, 2013.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. Análise das relações entre o plano de bacia hidrográfica Tietê-Jacaré e os planos diretores municipais de Araraquara, Bauru e São Carlos, SP: avanços e desafios visando a integração de instrumentos de gestão. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 25 (2): 349-362, mai/ago, 2013.

PETRELLA, R. **O manifesto da água:** argumentos para um contrato mundial. Petrópolis: Vozes, 2002.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (des)caminhos do meio ambiente**. 15 ed. São Paulo: Contexto, 2011.

_____. **O desafio ambiental**. Rio de Janeiro: Record, 2004.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

PUPPI, I. C. **Estruturação sanitária das cidades**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/São Paulo, CETESB, 1981.

RIBEIRO, C. R. **Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos na bacia hidrográfica da represa de chapéu d'uvas - zona da mata e campo das vertentes/MG**. 2012. 525f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, 2012.

ROCHA, E. J. P. **Balço de umidade e influências de condições de contorno superficiais sobre a precipitação da Amazônia**. 2001. 210 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos/SP, 2001.

RODRIGUES, A. M. **Produção do e no espaço:** problemática ambiental urbana. São Paulo: Hucitec, 1998.

RODRIGUES, C. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: Universidade de São Paulo, n. 14, p. 69-77, 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento ambiental como campo de ação da Geografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 5, 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 1994, p. 582-594.

_____. Geografia das paisagens, geoeologia e planejamento ambiental (entrevista). **Formação**, Presidente Prudente, Programa de Pós-Graduação em Geografia, v. 1, n. 10. p. 7-27. 2003.

RODRIGUEZ, J. M. M.; DE MAURO, C. A.; RUSSO, I. L.; SILVA, C. M. dos S.; BOVO, R.; ARCURI, M. E. P.; MARINHO, V. L. F. Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). In: **Geografia**, Rio Claro, v. 20, n. 1, abr., p. 81-129, 1995.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 95-112, 2002.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoeologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2 ed. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/Banco do Nordeste, 2007.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 7 ed. Uberlândia: Ed.UFU, 2009.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSSETTI, D. F; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A. M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. **Boletim do Museu Emílio Goeldi**, Belém, Série Ciências da Terra. 1(1), p. 25-74, 1989.

ROUGERIE, G.; BEROUTCHACHVILI, N. **Geosystème et Paysages, Bilan et Méthodes**. Paris: Ed. Armand Collin, 1991.

SÁNCHEZ, R. O.; CARDOSO DA SILVA, T. Zoneamento ambiental: uma estratégia de ordenamento da paisagem. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 47-53, abr./jun., 1995.

SANTIAGO, J. P. O Espaço Geográfico como Totalidade Viva e Complexa em Reclus. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL: Élisée Reclus e a Geografia do Novo Mundo, 2011. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2011. p. 01-15.

SANTOS, B. S. **Pelas mãos de Alice**: o social e o político na pós-modernidade. 8 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

SANTOS, J. E.; SATO, M. Universidade e ambientalismo – encontros não são despedidas. In: SANTOS, J. E.; SATO, M. (Orgs). **A contribuição da educação ambiental à esperança de pandora**. São Carlos: Rima, 2001.

SANTOS, O. C. O. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na microbacia do Igarapé Apeú, nordeste do Estado do Pará**. 2006. 256f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2006.

_____. A evolução das paisagens na microbacia hidrográfica do Igarapé Apeú, nordeste do estado do Pará-Brasil. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12., 2009, Montevidéo. **Anais...**, Montevidéo: EGAL, 2009.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SARTORI, R. C. **O pensamento ambiental sistêmico: uma análise da comunicação científica da ESALQ/USP**. 2005. 109f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP, 2005.

SEICOM. Secretaria de Estado de Indústria e Mineração.; IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Plano diretor de mineração em áreas urbanas**: região metropolitana de Belém. Belém: SEICOM, 1995.

SELBY, M. J. **Hillslope Materials and Processes**. Oxford: Oxford University Press, 1982.

SILVEIRA, C. T. da.; FIORI, A. P.; FIORI, C. O. Estudo das unidades ecodinâmicas de instabilidade potencial na Apa de Guaratuba: subsídios para o planejamento ambiental. **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 57, p. 9-23, 2005.

SINPRIZ. **AVEFEST 2010**. 1 ed. Santa Izabel do Pará: Sindicato dos Produtores Rurais de Santa Izabel do Pará e Santo Antônio do Tauá, 2010.

SOARES, F. B. **Planejamento ambiental da bacia do Balneário da Amizade**. 2012. 152f. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade de Presidente Prudente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, 2012.

SOTCHAVA, V. B. Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo: IG/USP, n. 16, 52, 1977.

SOUZA, S. R. **Dinâmica da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Apeú, Nordeste do Pará, Brasil**. 2010. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém/PA. 2010.

SOUZA JUNIOR, C. M.; QUADROS, M. L. do E. S.; BEZERRA, O. V. **Geologia estratigráfica do Município de Castanhal**. Belém, UFPA: Centro de Geociências (Estágio de Campo III – Relatório Final), 1992.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of geomorphology. **Bulletin of the Geological Society of America**, v. 63, p. 923-938, 1952.

TELES, G. C.; FRANÇA, C. F. Análise da dinâmica de uso e ocupação da terra no município de São João da Ponta-PA, entre 1984 e 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 7., 2014, Vitória/ES. **Anais...** Vitória: CBG. p.01-14, 2014.

THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. The water balance. **Publication in Climatology**, Laboratory of Climatology, Centerton, v. 8, n.1. 1955.

TROPMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Helmut Troppmair, 2000.

TROPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, ano 05, n. 10, p. 79-89, 2006.

VALE, J. R. B.; BORDALO, C. A. L.; FONSECA, L. C. N. Análise do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Apeú, nordeste paraense, entre os anos de 1999 e 2014. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará (IHGP)**, Belém, v. 2, n. 2, p. 76-83, jul./dez., 2015.

VALENTE, M. *et al.* **Solos e avaliação da aptidão agrícola das Terras do Município de Castanhal, Estado do Pará**. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001a. p. 28 (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 119).

VALENTE, M. *et al.* **Solos e avaliação da aptidão agrícola das Terras do Município de Inhangapí, Estado do Pará**. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001b. p. 27 (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 125).

VALENTE, M. *et al.* **Caracterização e avaliação da potencialidade dos Solos do Município de Santa Isabel do Pará, Estado do Pará**. Belém, EMBRAPA. Amazônia Oriental. 2001c. p. 21 (EMBRAPA/ Amazônia Oriental, documento 100).

VENTURIERI, A.; FIGUEIREDO, R. O.; WATRIN, O. S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO

DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia/GO. **Anais...** Goiânia: INPE. p.1127-1134, 2005.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e Geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 28, n. 3, set./dez., p. 323-344, 2003.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: Mc Graw Hill, 1975.

WATRIN, O. S.; GERHARD, P.; MACIEL, M. N. M. Dinâmica de uso da terra e configuração da paisagem em antigas áreas de colonização de base econômica familiar, no nordeste do Estado do Pará. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, n. 3, p. 455-472, 2009.

ZANATA, J. M. **Mudanças no uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, municípios de Avaré e Itatinga-SP**. 123f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, 2014.

ZANONI, M. Práticas interdisciplinares em grupos consolidados. In: PHILLIP JR, A.; TUCCI, C. E.; HOGAN, D.; NAVEGANTES, R. (Orgs). **Interdisciplinaridade em ciências ambientais**. São Paulo: Sigmus, 2000.

ZMITROWICZ, W.; ANGELIS NETO, G. **Infraestrutura urbana**. (Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil). São Paulo: EPUSP, 1997.