

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO - PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E
DINÂMICA DO
ESPAÇO - PPGeo

GIZELE BARBOSA FERREIRA

**ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO PRETO – MARANHÃO - BRASIL**

São Luís - MA
2019

GIZELE BARBOSA FERREIRA

**ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PRETO – MARANHÃO - BRASIL**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão – Campus Paulo VI para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Dinâmica da Natureza e Conservação
Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos

São Luís - MA
2019

Ferreira, Gizele Barbosa.

Análise integrada da paisagem da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto – Maranhão – Brasil / Gizele Barbosa Ferreira. – São Luís, 2020.

178 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos

1.Rio Preto. 2.Mudanças da paisagem. 3.Análise integrada. I.Título

CDU: 911.5:556.51(812.1)

GIZELE BARBOSA FERREIRA

**ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PRETO – MARANHÃO - BRASIL**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão – Campus Paulo VI para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Resultado: **Aprovada**

São Luís, 28 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA


Dr. LUIZ CARLOS ARAUJO DOS SANTOS, UEMA
(Orientador)


Dr. (a) ANTONIO CEZAR LEAL, UNESP
Examinador(a) Externo à Instituição


Dra. EDILEA DUTRA PEREIRA, UEMA
Examinador(a) Interno

Aos meus pais, Euzanete e Ribamar, que sempre ensinaram a procurar e trilhar os meus próprios caminhos, mesmo diante das dificuldades.

AGRADECIMENTOS

“*A sola do pé conhece toda a sujeira da estrada*” ... o provérbio africano citado caracteriza o fechamento de um ciclo em que nada foi fácil, nem tampouco tranquilo. Por isso, quero agradecer a todos aqueles que sempre confiaram em mim, desde sempre.

Em primeiro lugar, agradeço a todas as forças que regem esse universo (Deus). Independente do credo, há algo maior que sustenta nossa esperança.

Nenhuma palavra jamais será suficiente para expressar minha gratidão pelo apoio e amor incondicional dos meus pais Euzanete e Ribamar que sempre se doaram e sacrificaram para que eu pudesse estudar. Vocês que, muitas vezes, renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar o meu, partilho a alegria deste momento.

Ao meu irmão Pedro, ser de luz. Gratidão!

Ao meu orientador, professor Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos, por sua excepcional paciência, empatia e sentido prático com que sempre me orientou neste trabalho. A sua preocupação “calma” foi essencial para meu crescimento. Obrigada por confiar em meu trabalho.

Aos professores e colegas do Programa do PPGeo, pela paciência e ajuda mútua. Eu queria poder saber teu nome Nana, para poder agradecer de verdade. Você é *única* nesse programa de mestrado. Obrigada por sempre ajudar a todos. Além da paciência para acalmar o meu desespero.

A todos os meus familiares, irmãos, primos, tios, sobrinhos.

A minha vó Dona pelo seu amor incansável.

Ao meu avô Luís Capistrano (in memoriam), a minha tia Graça (in memoriam), ao meu tio Luizinho “Tipóia” (in memoriam), pelo exemplo, amor, cuidado e ensinamento ao longo de uma vida. Vocês não estão aqui, mas serão sempre o alicerce da minha família.

Aos meus avós maternos, que cuidaram sempre de mim na infância.

Aos meus primos-irmãos: Adriana, Samuel e Márcia. Vocês são fortalezas. Externar aqui o quanto sou grata a vocês daria uma nova dissertação.

A minha irmã de criação Raimunda. Pelo seu amor e cuidado.

Aos irmãos que Deus colocou em minha vida e escolhi para conviver: Beatriz Prado, Carlos Henrique (Pitty), Fernanda Rosete, Vanyzia, Tatyca, Vivi, “Tati Prof”, Brenda, Raissa, Kathery e Vera. Vocês são fundamentais em minha vida, o apoio de vocês foi decisivo para meu crescimento. As risadas, as viagens, o Reviver, a praça da UFMA, o busão lotado

UEMA Ipase...o tempo passa e fica a memória. Obrigada por dedicarem horas incontáveis para ouvir meus lamentos e chatices de uma dissertação que nunca acabava. Acabou!

A minha amiga voadora, Ingrid Fontenele, pelo seu exemplo de garra e determinação que enfrentou e enfrenta essa vida.

Aos meus amigos da época da escola, Diego Rosa e Luciano Gabriel, matemáticos que mudaram o curso da minha vida influenciando a seguir o rumo da engenharia.

As parcerias de lamentações: Deuzanir, Kelly, Jucélia e Elza.

Ao Bispo Giulian Andrade, de A Igreja de Jesus Cristo dos Santos dos Últimos Dias, pelo afeto, empatia e solidariedade para com minha situação nos momentos de ausência do ZION.

Minha psicóloga e amiga Flávia Simone, por todo cuidado físico, mental e espiritual.

Aos profissionais que são inspiração para meu crescimento: Daniel da Luz, Fernando Tajra e Hélio Costa. Meu muito obrigada por guiar meu caminho profissional.

Aos amigos que fiz no NUGEO, Hauanen e Danúbio.

Ao meu felino Máximus Simba, fiel companheiro, sempre ao meu lado, obrigada por ficar horas me vendo estudar.

A todas as pessoas que passaram em minha vida e contribuíram para que esse momento fosse possível pois ***“(...) aprendi que se depende sempre de tanta, muita, diferente gente, toda pessoa sempre é as marcas das lições diárias de outras tantas pessoas (...)”***

A todos vocês, gratidão.

*“Quando não souberes para onde ir, olha para trás e
sabe pelo menos de onde vens”
(Provérbio africano)*

RESUMO

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água, sedimentos e matéria dissolvida que converge o escoamento oriundo da precipitação e materiais para um único ponto de saída. Estrutura-se a partir de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório. As bacias podem ocupar diferentes proporções e tamanhos articulando-se como unidades do espaço que são utilizadas para uso do homem nas mais diversas atividades. É no território definido como bacia hidrográfica que se estabelecem as atividades antrópicas. Áreas urbanas, rurais ou industriais tendem a compor as principais ocupações territoriais em torno das bacias. A sub-bacia do Rio Preto em sua extensão total de 5.235,61 km², passa por alterações oriundas dos processos antrópicos que nela ocorrem alterado de forma significativa a paisagem objeto de estudo. Neste sentido, esta pesquisa objetivou desenvolver a análise integrada da sub-bacia Hidrográfica do Rio Preto-MA, consubstanciado na dinâmica da paisagem, com ênfase no processo de uso e ocupação da terra. Para realizar a análise integrada da paisagem na sub-bacia do Rio Preto, foi necessário o levantamento dos aspectos físiográficos da bacia como tipo de solo, geomorfologia, geologia, clima, tipologias de uso e ocupação, cobertura vegetal, regime fluviométrico e pluviométrico, fatores que contribuem para a disponibilidade hídrica numa bacia. A pesquisa identificou as transformações ambientais a partir dos atores sociais envolvidos e análise integrada dos elementos da paisagem. Os resultados obtidos demonstram que os processos antrópicos atuam em desequilíbrio com o meio ambiente alterando de forma significativa a paisagem da bacia. Os resultados apontam os avanços do plantio de soja e eucalipto bem como a prática de queimada como preparação da terra para o plantio de outras lavouras. A sub-bacia hidrográfica do Rio Preto vem passando por processos de acelerada transformação na paisagem desde a inserção da soja e do eucalipto, atividades estas tem contribuído na alteração nos corpos hídricos e no uso da terra, implicando em problemas ambientais decorrentes da falta ou ineficiente gestão da área de estudo.

Palavras-chave: Rio Preto. Mudanças da Paisagem. Análise Integrada.

ABSTRACT

The watershed is a natural catchment area of water, sediment and dissolved matter that converges the runoff from precipitation and materials to a single outlet point. It is structured from a set of sloping surfaces and a drainage network formed by watercourses that converge until it results in a single bed in its exutory. The basins can occupy different proportions and sizes articulating as units of space that are used for human use in various activities. It is in the territory defined as the watershed that the anthropic activities are established. Urban, rural or industrial areas tend to make up the main territorial occupations around the basins. The Rio Preto Sub-Sub-basin, in its total length of 5,235.61 km², undergoes alterations deriving from the anthropic processes that occur in it significantly altered the landscape object of study. To perform the integrated landscape analysis in the Rio Preto Sub-Sub-basin, it was necessary to survey the basin's physiographic aspects such as soil type, geomorphology, geology, climate, use and occupation typologies, vegetation cover, fluviometric and rainfall. , factors that contribute to water availability in a basin. In this sense, this research aimed to develop the integrated analysis of the sub-sub-basin of Rio Preto-MA, embodied in the landscape dynamics, with emphasis on the process of land use and occupation. The research identified environmental transformations from the social actors involved and integrated analysis of landscape elements. The results show that the anthropic processes act in imbalance with the environment significantly altering the landscape of the basin. The results show the advances of soybean and eucalyptus planting as well as the practice of burning as preparation of land for planting other crops. The Rio Preto Sub-Basin has been undergoing rapid landscape transformation processes since the insertion of soybean and eucalyptus. These activities have contributed to changes in water bodies and land use, resulting in environmental problems resulting from lack or inefficiency. management of the study area.

Keywords: River Preto. Landscape Changes. Integrated Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Acesso a área de estudo – SBHRP.....	23
Figura 02 - Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.....	24
Figura 03 - Modelo do Geossistema.....	30
Figura 04 - Procedimentos metodológicos da pesquisa.....	47
Figura 05 - Print screen do programa Track Maker com dados do mapeamento.....	52
Figura 06 - Registro da imagem (georreferenciamento).....	54
Figura 07 - Grupo de ferramentas Hydrology da ArcToolBox Spatial Analyst Tools.....	61
Figura 08 - Mapa da rede fluvial da bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.....	72
Figura 09 - Rio Preto nas proximidades do povoado Bueno Aires – Urbano Santos – MA.....	73
Figura 10 - Rio Preto no município de Urbano Santos – MA.....	80
Figura 11 - Diagrama estratigráfico da Bacia do Parnaíba.....	82
Figura 12 - Depósitos Eólicos Continentais Antigos.....	83
Figura 13 - Formação Itapecuru na bacia hidrográfica do Rio Preto – São benedito do Rio Preto – MA.....	85
Figura 14 - Mapa de unidades geológicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.....	86
Figura 15 - Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Preto.....	90
Figura 16 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.....	94
Figura 17 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.....	96
Figura 18 - Perfil longitudinal do Rio Preto.....	97
Figura 19 - Ponto de Controle 01 – Perfil longitudinal do rio Preto; Município: Chapadinha.....	98
Figura 20: Ponto de Controle 02 – Perfil longitudinal do rio Preto; Município: São Benedito do Rio Preto.....	99
Figura 21 - Modelo de elevação de terreno – 3D.....	101
Figura 22 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.....	103
Figura 23 - Comportamento das precipitações na série histórica de 1997-2017.....	111
Figura 24 - Comportamento da temperatura na série histórica de 1997-2017.....	111
Figura 25 - Comportamento da umidade na série histórica de 1997-2017.....	112

Figura 26 - Comportamento das precipitações no ano de 2018 e a normal climatológica.....	113
Figura 27 - Mapa da vegetação da SBHRP.....	116
Figura 28 - Cerradão no município de Chapadinha.....	117
Figura 29 - Campo Cerrado (B) em Anapurus - (Savana Florestada).....	117
Figura 30 - Criação de bovinos no município de Chapadinha.....	118
Figura 31 - Vegetação Secundária com palmeiras.....	119
Figura 32 – Cultivo de milho no município de Chapadinha.....	119
Figura 33 – Cultivo de soja no município de Urbano Santos.....	120
Figura 34 – Casa de taipa – Chapadinha – MA.....	124
Figura 35 – Plantação de roça de feijão- - Urbano Santos – MA.....	124
Figura 36 - Distribuição espacial das áreas urbanas e rurais.....	126
Figura 37 - Mapa de localização dos povoados da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	128
Figura 38 - Taxa de Desemprego (1991, 2000 e 2010).....	130
Figura 39 - Comparativo dos dados do abastecimento de água por domicílio.....	132
Figura 40 – Roça de milho nas proximidades do povoado de Buenos Aires – Urbanos Santos – MA.....	134
Figura 41 – Plantio de Eucalipto – Urbanos Santos – MA.....	135
Figura 42 – Casa de farinha localizado no povoado Bacabal no município de Chapadinha – MA.....	136
Figura 43 –Forno localizado no povoado Bacabal no município de Chapadinha – MA.....	136
Figura 44 - Agroindústrias localizadas na zona rural do município de Anapurus – MA.....	137
Figura 45 - Representação espacial da SBHRP - Composição RGB e Sintética.....	140
Figura 46 – Vegetação secundária (ao fundo) com a presença de queimadas para plantio de novas culturas.....	141
Figura 47 – Savana Arborizada e Savana Parque.....	142
Figura 48 – Moradias do Programa Minha Casa, Minha Vida na área urbana de Chapadinha.....	142
Figura 49 – Plantio de Eucalipto no município de Urbano Santos – MA.....	143
Figura 50 – Plantio feijão em urbano Santos – MA.....	144

Figura 51 – Cultivo de milho no município de Chapadinha.....	144
Figura 52 – Área de restinga no município de Belágua – MA.....	145
Figura 53 – Mapa de uso e ocupação – 1997.....	149
Figura 54 – Mapa de uso e ocupação – 2007.....	150
Figura 55 – Mapa de uso e ocupação – 2018.....	151
Figura 56 - Lixão a céu aberto no município de Chapadinha.....	152
Figura 57 – Queimada nas proximidades do Rio Preto – Urbano Santos – MA.....	13
Figura 58 – Destinação dos resíduos sólidos em Chapadinha – MA.....	156
Figura 59 – Queimadas em Urbano Santos – MA.....	157
Figura 60 – Direitos Minerários na SBHRP.....	158
Figura 61 – Carta de vulnerabilidade ambiental da SBHRP.....	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	25
Tabela 02 - Categorias de Análise usadas na pesquisa.....	49
Tabela 03 - Dados das imagens.....	53
Tabela 04 - Descrição das classes de uso e cobertura da terra.....	57
Tabela 05 - Classes de declividade da bacia.....	63
Tabela 06 – Adaptação da Ecodinâmica de Tricart e a escala de vulnerabilidade de Crepani.....	65
Tabela 07 - Hierarquia dos canais fluviais sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	70
Tabela 08 - Hierarquia dos canais fluviais e % de ocupação.....	74
Tabela 09 - Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias.....	75
Tabela 10 - Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem.....	76
Tabela 11 - Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	78
Tabela 12 - Classes de interpretação para os valores do Fator de forma (Kf).....	79
Tabela 13 - Formação Geológica da Sub-bacia do Rio Preto e sua distribuição espacial.....	87
Tabela 14 - Unidades geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	88
Tabela 15 - Classes de declividade da sub-bacia.....	93
Tabela 16 - Distribuição espacial da declividade em função da área de ocupação na sub-bacia.....	93
Tabela 17 - Distribuição espacial da hipsometria em função da área de ocupação na sub-bacia.....	95
Tabela 18 - Classes de solos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto e suas respectivas concentrações.....	102
Tabela 19 - Tipos de solos, unidade geomorfológica e características naturais.....	108
Tabela 20 - Totais anuais de precipitação, temperatura e umidade em Chapadinha - MA) na série histórica de 1997-2017.....	110
Tabela 21 - Distribuição da vegetação.....	114
Tabela 22 - População (2010) x População estimada (2018) *.....	122
Tabela 23 - Divisão da sub-bacia em áreas urbanas e rurais.....	123
Tabela 24 - Percentual de crescimento do variável abastecimento (%).....	133

Tabela 25 - Classes temáticas utilizadas na pesquisa para o mapeamento do uso e ocupação da terra na SBHRP.....	147
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Comportamento espacial do pixel como orientação para classificação do uso e ocupação.....	60
Quadro 02 - Valores dos elementos das unidades geoambientais SBHRP com base no método de Crepani (1996).....	65
Quadro 03 - Características da vegetação dos municípios banhados pela sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	114
Quadro 04 – Unidades geoambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	155
Quadro 05 - Informações sobre as unidades integradas da SBHRP.....	161
Quadro 06 – Síntese das potencialidades, vulnerabilidade e recomendações.....	162
Quadro 07 – Cenários e perspectivas para a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.....	163
Quadro 08 - Síntese da análise integrada.....	164

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ANM	Agência Nacional de Mineração
APP	Área de Preservação Permanente
BR	Rodovia Federal do Brasil
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CAI	Complexo Agroindustrial
CEPEMAR	Serviços de Consultoria em Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (Serviço Geológico do Brasil)
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEOMAP	Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT	Satélite multiespectral
MA	Maranhão
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NUGEO	Núcleo Geoambiental
OMM	Organização Meteorológica Mundial
QGIS	Quantum GIS
RGB	Red, Green e Blue
SBHRP	Sub-bacia hidrográfica do Rio Preto
SEMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos

SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
TOPODATA	Banco de dados Geomorfométricos do Brasil
USGS	United States Geological Survey (Serviço Geológico dos Estados Unidos)
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Localização da área de estudo	22
1.2 Justificativa	25
1.3 Objetivo Geral	27
1.4 Objetivos Específicos	27
2. PRESSUPOSTO TEÓRICO	28
2.1 A paisagem como categoria de análise: uma visão geossistêmica	28
2.2 Bacias Hidrográficas como sistemas ambientais: bases conceituais	33
2.3 O estudo integrado da paisagem e análise sistêmica em bacias hidrográficas	37
2.4 Planejamento ambiental como ferramenta de gestão de bacias hidrográficas	42
3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	47
3.1 Revisão Bibliográfica	48
3.2 Trabalho de gabinete	50
3.4 Procedimentos para elaboração dos mapas	52
3.4.1 Definição da escala cartográfica	52
3.4.2 Aquisição e processamento das imagens de satélite	53
3.4.2.3 Processo de segmentação/vetorização de imagens	55
3.4.2.4 Classificação do Uso e Ocupação da Terra	56
3.4.3 Aspectos físicos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto	61
3.4.4 Análise integrada da paisagem	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1 Caracterização dos aspectos físicos na SBHRP	69
4.1	69
4.1.1 Hidrologia	69
4.1.2 Contexto Geológico	81
4.1.3 Contexto Geomorfológico	88
4.1.3.1 Declividade	92
4.1.3.2 Hipsometria e Perfil longitudinal do Rio Preto e 3D	95
4.1.4 Condições Hidroclimáticas	109
4.1.5 Vegetação	113

4.2	Caracterização dos aspectos socioeconômicos e as implicações ambientais na bacia.	120
4.2.1	Breve contexto histórico da bacia hidrográfica do Rio Preto.....	121
4.2.2	População e emprego.....	122
4.2.3	Infraestrutura	131
4.3	O desenvolvimento socioeconômico e implicações ambientais na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto	133
4.4	As transformações da paisagem e a análise integrada na área de estudo.....	137
4.4.1	Cenário 1997, 2007 e 2018.....	140
4.4.2	Análise integrada da paisagem a partir das unidades geoambientais	153
4.4.3	Planejamento ambiental como ferramenta de gestão de bacias hidrográficas..	166
5	CONSIDERAÇÕES	168
	REFERÊNCIAS	170

1. INTRODUÇÃO

A sub-bacia hidrográfica do Rio Preto está inserida na bacia hidrográfica do Rio Munim. A Bacia Hidrográfica do Rio Munim possui uma área de 15.817,4 km² e localiza-se no nordeste do estado do Maranhão, tendo sua nascente no município de Aldeias Altas e sua foz na baía de São José entre os municípios de Axixá e Icatú.

A qualidade ambiental dos recursos hídricos em nosso país vem sendo ameaçada pela atuação do homem diretamente na dinâmica desses sistemas ambientais como reflexo do modelo de desenvolvimento da sociedade contemporânea. Assim, a SBHRP é palco dos problemas ambientais como desmatamento, ocupação de APP, uso de agrotóxicos e queimadas oriundas dessa dinâmica natural e antrópica. Estas atividades catalisaram a perda da cobertura vegetal, ocorrência de erosão do solo, diminuição da infiltração da água, aumento do escoamento superficial da água. Destaca-se entre os problemas encontrados na SBHRP, o baixo nível de infraestrutura existente nos municípios que fazem parte da área de estudo, tais como: falta de saneamento básico, estradas e acessos precários, inexistência de aterros sanitários, entre outros.

Diante da situação em que se encontra o planeta, no que diz respeito ao uso indiscriminado dos recursos naturais, tal cenário, favoreceu o aumento das discussões sobre o agravamento dos problemas ambientais que, nos últimos anos, ganhou destaque e fomentou debates relevantes em todas as esferas sociais, política e econômica. Isso posto, o atual modelo econômico, resultante do processo histórico de evolução e desenvolvimento do homem, tem sido o responsável pela geração de uma civilização geradora de crise ambiental pois permitiu que a relação do homem com o meio ambiente natural acontecesse de forma predatória e sem controle.

Os problemas ambientais advindos dessa relação, têm se tornado cada vez mais preocupantes e tem causado consequências, principalmente, na gestão dos recursos hídricos. Ao considerarmos a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, a compreensão de sua dinâmica, bem como a articulação dos sistemas que a compõe é essencial para entender as problemáticas advindas da relação do meio com o homem, e, conseqüentemente, a distribuição do recurso hídrico em quantidade e qualidade que atenda a demanda do consumo.

No que diz respeito a disponibilidade de recursos naturais, a água é tida como fator limitante para o desenvolvimento social e econômico de uma sociedade, assim, a correta utilização dos recursos hídricos é fundamental para o equilíbrio e desenvolvimento de uma

nação. A partir da abordagem técnico-científica, o estudo de qualquer unidade hidrográfica deve considerar a análise integrada de seus componentes de forma sistêmica capaz de subsidiar o planejamento eficiente quanto ao uso dos recursos naturais.

Considerando a disponibilidade hídrica como fator de desenvolvimento humano, tem-se nesse cenário, o crescimento dos centros urbanos próximos aos corpos hídricos, causando sobre esses sistemas uma pressão, alterando sua dinâmica natural. A degradação ambiental como problemática recorrente em áreas de bacias, é originada da falta de gestão, que acarreta a perda da qualidade hídrica, no avanço do uso múltiplo da terra sem o devido planejamento.

Problemas como desmatamento, uso de grandes áreas para agricultura e pastagem, uso de produtos químicos, agravam ainda mais os problemas ambientais nas bacias hidrográficas. Diante disso, é importante destacar que, as boas práticas de manejo do solo, do uso da terra, da conservação das águas superficiais e subterrâneas, são fundamentais para garantir o correto funcionamento do sistema.

A sub-bacia hidrográfica do Rio Preto vem passando por processos de acelerada transformação na sua paisagem desde a inserção da soja e do eucalipto, atividades estas tem contribuído na alteração nos corpos hídricos, no uso da terra, implicando em problemas ambientais decorrentes de uma ausente ou ineficiente gestão na área de estudo e no Estado.

Para a realização da pesquisa, foram utilizados os conceitos e métodos da análise integrada da paisagem objetivando identificar os principais problemas ambientais a fim de subsidiar o planejamento ambiental e a gestão de recursos hídricos através da análise dos elementos que integram essa sub-bacia.

Objetivando realizar a análise integrada da paisagem a partir da visão sistêmica, o trabalho estruturou-se da seguinte forma:

Introdução: com objetivos geral e específicos;

Capítulo II: Pressuposto Teórico – Discutiu os conceitos de paisagem como categoria de análise, a bacia hidrográfica como unidade de estudo de sistemas ambientais e o estudo integrado da paisagem e análise sistêmica em bacias hidrográficas com o objetivo de fundamentar a pesquisa com conceitos e teorias sobre paisagem, abordagem sistêmica e análise integrada que fundamentou teórico e conceitualmente o desenvolvimento da pesquisa;

Capítulo III - Procedimentos metodológicos – expõe os procedimentos utilizados e como foram executados os trabalhos, desde o levantamento de dados até a representação dos produtos cartográficos.

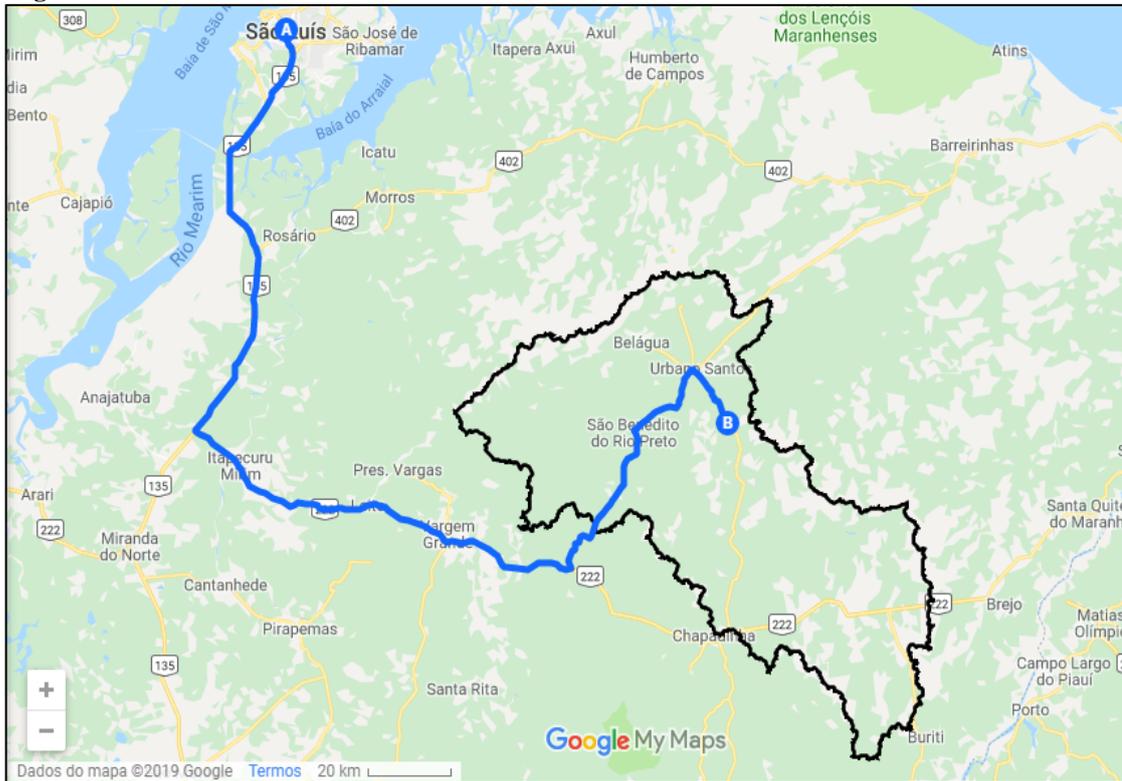
Capítulo IV - Resultados e discussão – este se divide em caracterização dos elementos da paisagem que compõem a bacia do rio Preto, aqui são apresentados os elementos físicos; os aspectos socioeconômicos, as transformações da paisagem em 1997, 2000 e 2018, as ações do poder público e análise integrada da paisagem com apresentação de produto cartográfico.

1.1 Localização da área de estudo

A SBHRP localiza-se na região nordeste do Estado do Maranhão, ocupa uma área de 5.235,61 km², sendo afluente pelo lado direito do rio Munim. O Rio Preto nasce na localidade Saquinho, no município de Buriti, e possui como coordenadas: Lat.: 3° 40' - 4° 00' S; Long.: 42° 56' - 43° 52' W. Após percorrer cerca de 266 km, deságua no rio Munim, na localidade de Nina Rodrigues, razão pela qual optou-se pelo conceito de sub-bacia, por considerar o sistema de hierarquização dos rios que nela estão inseridos. Essa sub-bacia, ao longo dos anos, foi alvo dos impactos causados pela ação antrópica, dentre os quais destacamos o aumento do desmatamento, ocupação das áreas de APP, uso de agrotóxicos e queimadas.

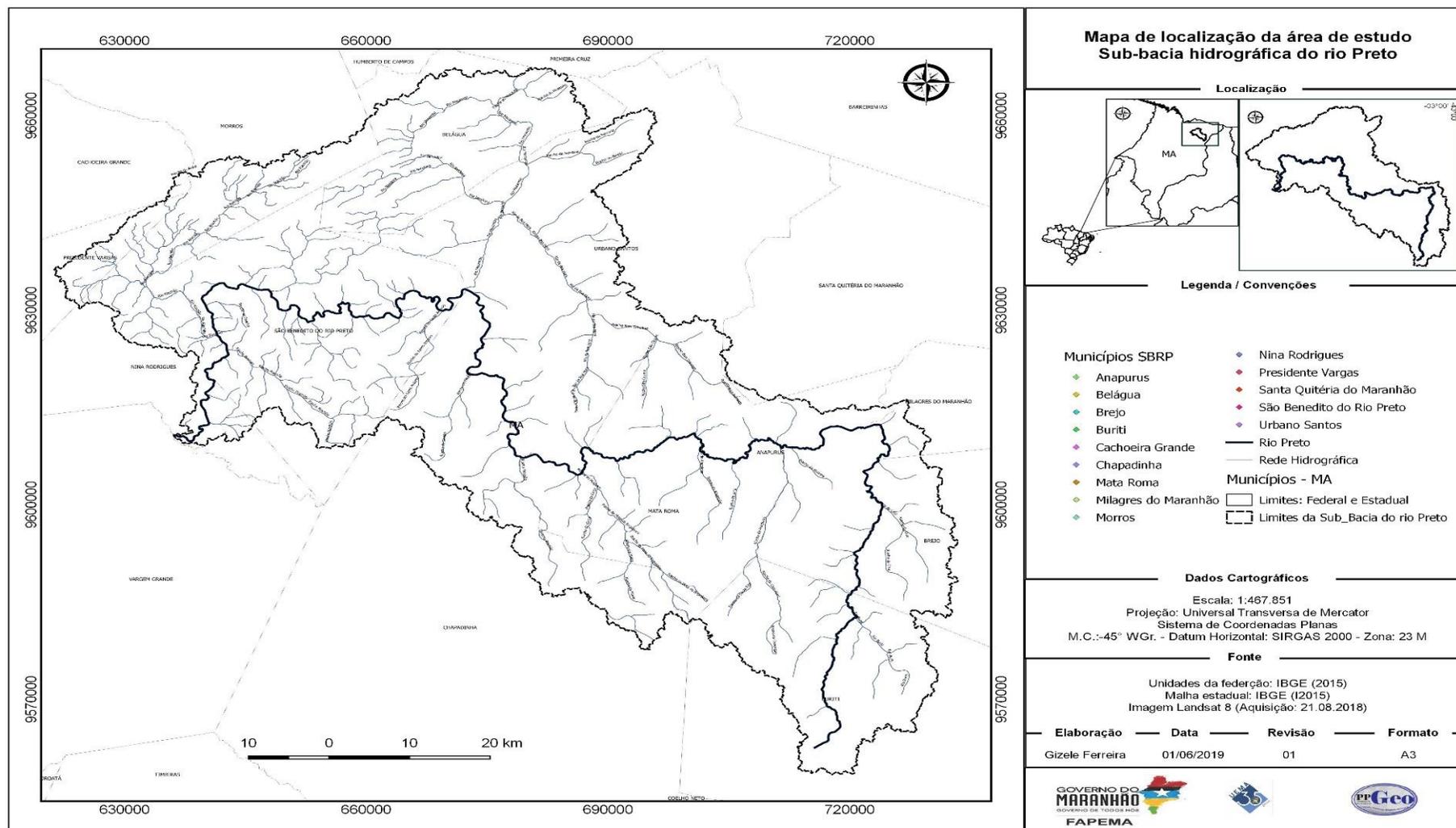
O acesso a área de estudo é feito a partir de São Luís via BR 135, na localidade chamada Entroncamento, utiliza-se o acesso a esquerda via MA 222, e nas proximidades do município Vargem Grande, utiliza-se o acesso a esquerda via MA 224 no sentido do município de São Benedito do Rio Preto conforme figura 01. A localização da área de estudo pode ser detalhada no mapa de localização identificado na figura 02.

Figura 01 – Acesso a área de estudo - SBHRP



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 02 - Mapa de localização da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto – MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Abrange quatorze municípios maranhenses: Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Buriti, Brejo, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Santa Quitéria do Maranhão, Nina Rodrigues, Presidente Vargas, Cachoeira Grande e Morros (Tabela 01)

A sub-bacia tem um perímetro de 786 km e apresenta a disposição da sua rede de drenagem na forma dendrítica, com ramificações irregulares de cursos de água nas direções preferenciais NE e NW. Este modelo expressa uma característica básica das bacias sedimentares, denotando a presença de rochas sedimentares com pouca resistência a erosão (SEMA, 2006).

Tabela 01 - Municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

Municípios	Área do Município (km ²)	Área ocupada pela sub-bacia (km ²)	Área ocupada (percentual %)
Anapurus	608,29	565	10,79
Belágua	569,43	472	9,02
Brejo	1.074,63	232	4,43
Buriti	1.473,96	540	10,31
Cachoeira Grande	705,63	7	0,13
Chapadinha	3.247,39	483	9,23
Mata Roma	548,41	548	10,47
Milagres do Maranhão	634,73	34	0,65
Morros	1.715,17	225	4,30
Nina Rodrigues	572,51	210	4,01
Presidente Vargas	459,38	69	1,32
Santa Quitéria do Maranhão	1.434,90	10	0,19
São Benedito do Rio Preto	931,49	848	16,20
Urbano Santos	1.705,77	992,61	18,96
		5.235,61	100

Fonte: IBGE (2017), **Organização:** Elaborado pela autora

1.2 Justificativa

A área objeto da pesquisa faz parte da bacia do Rio Munin que deságua na Baía de São José. A crescente urbanização da bacia hidrográfica vem interferindo nos mananciais¹,

¹ Fonte de água doce superficial ou subterrânea utilizada para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas. As áreas contendo os mananciais devem ser alvo de atenção específica, contemplando aspectos legais e gerenciais. (MMA, 2019)

somado ao planejamento inadequado do uso e ocupação da Terra, tem ocasionado sensível degradação quantitativa e qualitativa de suas águas.

Associado a situação urbana dos municípios, a partir da década de 1980, instalaram-se em diversas localidades da chamada Microrregião de Chapadinha empresas nacionais voltadas ao cultivo de soja e de eucalipto com vistas à produção de celulose e à extração de madeira nativa para a produção de carvão vegetal. Tais empreendimentos estão assentados dentro da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto. Esses problemas têm influenciado sistematicamente na bacia implicando na perda da qualitativa e quantitativa dos sistemas que compõe a sub-bacia.

O manejo de bacia hidrográfica objetiva além da preservação e melhoria da água quanto à quantidade e qualidade, a preservação de toda vegetação que compõe o sistema, o uso adequado do solo, como uma forma mais adequada no tratamento sistêmica dos recursos da região. É de conhecimento comum que a água desempenha papel fundamental no desenvolvimento das atividades humanas. Nesse contexto, seu uso múltiplo, associado ao crescimento populacional, tem sido alvo de preocupação frente aos problemas ambientais que recorrentes na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto. O cenário de degradação que se encontra em vários pontos da sub-bacia demonstra como a área de estudo é carente de planejamento ambiental adequado no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos e o uso da terra, possuindo, aparentemente, uma gestão pública ineficiente assim como uma sociedade que desconhece a importância deste recurso que utiliza.

Sabendo que o país tem em seu histórico o processo de expansão a partir da introdução da pastagem e de grandes áreas para a monocultura, têm-se a perda significativa da cobertura vegetal natural por cultura de espécies exóticas. Percebe-se que ao longo dos anos houve uma intensificação do uso da terra, principalmente para atividades agrícolas como a soja e eucalipto, eliminando a cobertura vegetal natural, contribuindo para o desencadeamento de processos de erosão acelerada dos solos. Tal processo favorece o empobrecimento e instabilidade do solo causando o carreamento de material para o leito dos rios, assim, causando assoreamento.

A partir da análise integrada da paisagem da bacia hidrográfica do rio Preto, os dados obtidos pela pesquisa servirão como base para o planejamento e gerenciamento equilibrado dos recursos naturais, com vistas ao bem-estar da sociedade bem como o crescimento econômico. A pesquisa também permitirá aos gestores municipais e estadual uma base teórica metodológica para consubstanciar a gestão dos recursos hídricos e ambientais, definindo políticas públicas com o objetivo de oferecer as condições necessárias para a múltipla

utilização de suas águas e, principalmente, a proteção de tão importantes mananciais contra os processos de degradação ambiental. Diante da problemática discutida, identificou-se a necessidade de se analisar o uso e ocupação da terra e a utilização desses recursos da sub-bacia pelo viés do planejamento a partir do enfoque sistêmico.

1.3 Objetivo Geral

Desenvolver a análise integrada da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto-MA, consubstanciado na dinâmica da paisagem, com ênfase no processo de uso e ocupação da terra.

1.4 Objetivos Específicos

- a) Desenvolver o diagnóstico dos aspectos físicos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto-MA;
- b) Realizar levantamento socioeconômico da bacia e suas implicações ambientais;
- c) Analisar as transformações da paisagem pelo processo de uso e ocupação da bacia e;
- d) Realizar a análise integrada da bacia, considerando as transformações dos elementos (agentes e processos) da paisagem da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.

2. PRESSUPOSTO TEÓRICO

O objetivo dos subitens desse capítulo é auxiliar a discussão no que tange às mudanças da paisagem na área objeto do estudo. A partir das transformações ao longo do espaço-tempo (1997, 2000 e 2018). É possível identificar a partir do seu contexto histórico, social e econômico, o desenvolvimento de atividades que fomentaram tais transformações modificando o ambiente e configurando-o em novas paisagens. O estudo aborda quatro eixos principais: a paisagem como categoria de análise, a bacia hidrográfica como unidade de estudo de sistemas ambientais, o estudo integrado da paisagem com análise sistêmica em bacias hidrográficas e planejamento ambiental como ferramenta de gestão de bacias hidrográficas. Com o objetivo de fundamentar a pesquisa, serão discutidos a seguir conceitos e teorias sobre paisagem, abordagem sistêmica, análise integrada e planejamento ambiental, fundamento teórico e conceitualmente o desenvolvimento da pesquisa.

2.1 A paisagem como categoria de análise: uma visão geossistêmica

Os problemas ambientais advindos da história que permeiam a sociedade contemporânea, no que diz respeito ao uso indiscriminado dos recursos naturais, promoveu a continuidade dos estudos de bases conceituais e metodológicas que buscaram e buscam entender os sistemas naturais como complexos e integrados a partir de uma visão geossistêmica. A partir de tais estudos, a fim de viabilizar o entendimento de uma dinâmica ambiental que integra em suas bases processos naturais e antrópicos, desenvolveu em suas bases epistemológicas, o refinamento de conceitos que buscam entender a dinâmica geossistêmica das transformações do meio.

O conceito de paisagem materializou-se e difundiu-se a partir dos discursos de estudiosos como Kant (1724-1804), Humboldt (1769-1859), Ritter (1779-1859) e Carl Troll (1899-1975) e pesquisadores que ao longo da história contribuíram para o desenvolvimento do mesmo como categoria de análise da ciência geográfica, possibilitando através de seus pressupostos identificar e analisar os acontecimentos passados através das transformações do meio a partir da sua dinâmica.

Gorayeb (2008, p. 24) afirma que:

A paisagem, com sua estrutura e processos funcionais, pode ser sentida, observada e analisada sob diferentes ângulos, envolvendo aspectos perceptivos, sensoriais e

cognitivos. Assim, a paisagem é tudo o que nos rodeia, podendo, deste modo, estar diretamente correlacionada com uma localidade ou uma região.

Maximiano (2004), aponta que ao longo do processo de construção do conceito de paisagem, apesar deste ter sido estudado sob diferentes ênfases, resulta das inter-relações físicas, biológicas e antrópicas do meio, que adquiriu um caráter plural imbuído de significados.

Para Vitte e Silveira (2010), a visão holística da paisagem em Humboldt caracterizava-se em uma visão que associava elementos diversos da natureza e da ação do homem.

O geógrafo Carl Sauer (1998), também destaca a interação entre os elementos da natureza e homem como determinante para o entendimento da paisagem. Para ele:

Não podemos formar uma ideia de paisagem a não ser em termos de suas relações associadas ao tempo, bem como suas relações vinculadas com o espaço. Ela está em um processo constante de desenvolvimento ou dissolução e substituição. Assim no sentido corológico, a alteração da área modificada pelo homem e sua apropriação para o uso são de importância fundamental. A área anterior à atividade humana é representada por um conjunto de fatos morfológicos. As formas que o homem introduziu são um outro conjunto. (SAUER, 1998, p.42).

Sugerindo a separação da paisagem natural e a paisagem alterada pelo homem, Carl Sauer identifica o homem como transformador da natureza de modo que contemple nas suas ações duas perspectivas de análise: uma anterior e outra posterior às suas ações.

Em uma outra abordagem, Paul Claval (2002) afirma que a análise da paisagem passa por uma transformação com a Nova Geografia Cultural, que possibilita um aparato teórico que vai além da interpretação do que é visível na paisagem. O imaginário ou o não material é inserido também como elemento que possibilita a interpretação da forma visível da paisagem inserindo na análise a percepção, experiências, representações, destacando as características universais do mundo real.

A partir do surgimento da Teoria Geral dos Sistemas proposta por Bertalanffy em 1950, uma nova forma de compreender as diversas áreas do conhecimento a partir da organização como um todo e não somente em departamentos ou setores influenciou inúmeras ciências, dentre elas a Geografia, com a teoria denominada de geossistema.

Nesse contexto, a concepção de paisagem, no início do século XX, passa a ser pensada como um sistema que contém em seus pressupostos, a interação do homem e a natureza, proporcionando dentro da geografia, a integração dos elementos físicos e humanos, que até o momento não eram discutidos como categorias de análise integradas.

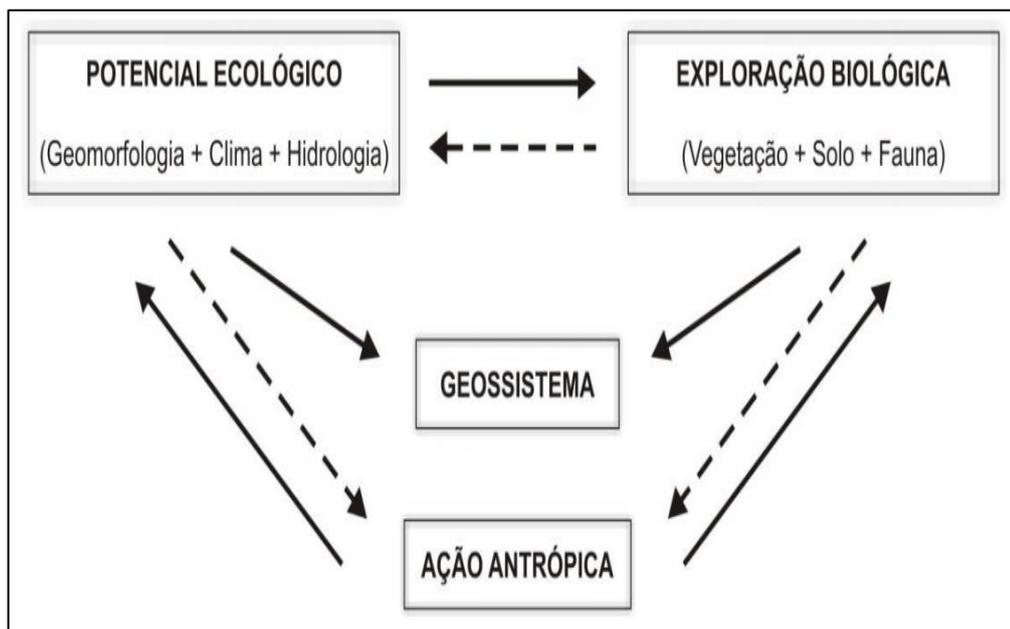
O desenvolvimento das discussões em torno do conceito de paisagem, passa a considerar os elementos naturais, humanos e culturais como nova abordagem metodológica, o que para Carl Troll e sua abordagem sobre Ecologia da paisagem, definiu como “o estudo das relações físico-biológicas, que governam as diferentes unidades espaciais de uma região”, (FORMAN E GODRON, 1986. p. 7).

Bertrand & Bertrand (2004) ao trabalhar com o conceito de paisagem em uma visão geossistêmica, apresenta sua definição como segue:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos dispartados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND & BERTRAND, 2004 p. 141; 2009 p.33)

Para compreender sobre as relações das unidades de paisagem na ótica do geossistema, Bertrand e Bertrand (2007) entende que as unidades da paisagem podem ser definidas a partir da combinação de todos os elementos da paisagem e que atuam na paisagem, considerando a tríade: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, sempre procurando as relações entre esses elementos e destacando o papel que cada um representa na constituição da mesma.

Figura 03 - Modelo do Geossistema



Fonte: Bertrand e Bertrand, 2007, p. 18.

A abordagem proposta pelo geossistema na busca pelo entendimento das diversas transformações na paisagem, compreende as variações paisagísticas como resultado das ações do homem bem como influxo de energia e matéria no sistema. Entender os fatores de origem antrópica dentro desse sistema de base natural, consolida o entendimento do conceito de paisagem como sistema integrado, resultado da interação do geossistema bem como sua localização no espaço e tempo.

Segundo Sotchava:

Os geossistemas são os sistemas naturais, de nível local, regional ou global, nos quais o substrato mineral, o solo, as comunidades de seres vivos, a água e as massas de ar, particulares às diversas subdivisões da superfície terrestre, são interconectados por fluxos de matéria e de energia, em um só conjunto. (SOTCHAVA, 1977, apud PASSOS, 2006, p. 44-45)

As várias possibilidades de entendimento da paisagem proporcionam a interpretação da interação dos sistemas naturais e sociais a partir de uma análise sistêmica e desempenha um papel epistemológico de grande importância na consolidação da paisagem enquanto conceito e categoria de análise possibilitando a partir dos estudos, a compreensão da sua dinâmica e das relações sociais com o meio ambiente.

Estudos propostos por Troppmair (2004), considerou a paisagem como um sistema natural, complexo e integrado com circulação de energia e matéria. Para ele, a forma, a dinâmica e exploração de material biológico são bases fundamentais de todo geossistema e assinala:

O geossistema é composto por três componentes: os abióticos (litosfera, atmosfera, hidrosfera que formam o geoma), os bióticos (flora e fauna) e os antrópicos (formado pelo homem e suas atividades). (TROPPMAIR, 2004^a, p. 9). O Geossistema, portanto, é parte da Geosfera e numa perspectiva vertical, engloba as camadas superficiais do solo ou pedosfera, a superfície da litosfera com elementos formadores da paisagem, a hidrosfera e a baixa atmosfera, mas abrange também a biosfera, como exploradora do espaço ou do sistema (TROPPMAIR, 2004b, p. 103).

Destaca-se aqui que ao discutir os limites de alcance dos geossistemas, Troppmair enfatiza os elementos formadores da paisagem, como o clima, o solo, o relevo, a vegetação, e não os elementos modificadores da paisagem, a ação antrópica e as relações sociais.

No campo das ciências geográficas, utiliza-se principalmente o conceito de paisagem natural de modo que:

A paisagem natural concebe-se como uma realidade, cujos elementos estão dispostos de maneira tal que subsistem desde o todo, e o todo subsiste desde os elementos, não como estivessem caoticamente mesclados, mas sim como conexões harmônicas de

estrutura e função. A paisagem é, assim, um espaço físico e um sistema de recursos naturais aos quais integram-se as sociedades em um binômio inseparável Sociedade/Natureza. (RODRIGUEZ, et al. 2017, p. 7).

Nesse aspecto, pode-se perceber que a paisagem é o resultado do estabelecimento da relação entre a esfera natural, física e a humana, na medida em que a natureza é percebida e apropriada pelo homem, que historicamente constitui o reflexo dessa organização entre meio e sociedade.

Destarte,

A paisagem natural se concebe como um geossistema, o qual define-se como o espaço terrestre de todas as dimensões, onde os componentes da natureza encontram-se em relação sistêmica uns com os outros, e como uma integridade definida interagindo com a esfera cósmica e a sociedade humana. Conceber a paisagem como um sistema significa ter uma percepção do todo, compreendendo as inter-relações entre as partes no sistema, analisando-a desde uma visão dialética. Isto significa aceitar sua existência e sua organização sistêmica como uma realidade objetiva, considerando-a como um sistema material e concebendo-a como uma totalidade, que se apresenta como um fenômeno integrado, não podendo entendê-la nem a tratar de forma fragmentada. (RODRIGUEZ, et al. 2017, p. 8).

A evolução do conceito de geossistemas possibilitou o crescimento dos estudos da paisagem. Autores como Christofolletti (1999) e Monteiro (1978) apontaram os geossistemas como interação dos elementos humanos, físicos, biológicos e socioeconômicos. Tal dinâmica possibilitou que todo um sistema complexo formado por vários componentes interage entre si.

Ainda nesta análise, o estudo geossistêmico foi fundamental para entender a dinâmica e integração das paisagens. O novo olhar formulado a partir desse arcabouço teórico possibilitou para o conceito de paisagem novas perspectivas epistemológicas direcionadas para os estudos geográficos.

Posto que os estudos elaborados por Sotchava (1970) e Bertrand (1868) buscaram explicar as unidades integradas da paisagem, ambos destacavam que dentro do geossistema, a paisagem possui papel de destaque.

Nos estudos da paisagem, Bertrand (2004), define que a paisagem vai além da simples adição dos elementos geográficos, é 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”.

Para o estudo da paisagem, Colavite (2009) considera que a interpretação do ambiente e sua relação com a sociedade deve abranger os aspectos físicos, bióticos e a sociedade composta por suas relações socioeconômicas, atuando diretamente sobre o meio ambiente e

reestruturando suas características em diferentes graus resultando, dessa forma, em diferentes configurações da paisagem.

Analisar de forma integrada a paisagem vai além do que a simples produção do conhecimento.

O estudo da paisagem não deve restringir à mera constatação e descrição dos fenômenos que a constituem. Deve-se também buscar as relações entre a sociedade e natureza que aí se encontram presentes situando-as em diferentes escalas espaciais e temporais, comparando-as, conferindo-lhes significados, compreendendo-as. Estudar a paisagem é aprender a observar e a reconhecer os fenômenos que a definem e suas características; descrever, representar, comparar e construir explicações, mesmo que aproximadas e subjetivas, das relações que aí se encontram impressas e expressas (BRASIL, 2000, p. 116).

Rodriguez et al (2007), considera que na visão sistêmica, a paisagem é tida por meio de um sistema integrado capaz de realizar sua caracterização em unidades da paisagem. A paisagem e geossistema como modelos teóricos de análise são fundamentais para entender as transformações espaciais que possibilitam o processo de diferenciação das paisagens.

Os estudos sistêmicos, como sinalizam os autores citados e os demais autores que trabalham essa ótica, possibilitam uma variedade e pluralidade conceitual que são as bases dos estudos integrados da paisagem, e que, possibilitam, a partir desses referenciais teóricos, a compreensão das diferentes dinâmicas entre o homem e natureza na transformação da paisagem. Ao discutir aos conceitos de paisagem e geossistema deve-se considerar os aspectos naturais e humanos que integram os sistemas paisagísticos possibilitando entender a interação entre sociedade e meio ambiente nos mais diversificados espaços.

2.2 Bacias Hidrográficas como sistemas ambientais: bases conceituais

Seguindo os preceitos da Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica é adotada como unidade territorial que possibilita o estudo da interação entre os elementos naturais que a compõe e as atividades humanas que nela se desenvolvem.

Para Tucci (1997), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água, sedimentos e matéria dissolvida que converge o escoamento oriundo da precipitação e materiais para um único ponto de saída. Ocupando diferentes proporções e tamanhos, as bacias articulam-se como unidades do espaço utilizadas pelo homem nas mais diversas atividades. Áreas urbanas, rurais ou industriais ocupam porções territoriais nas bacias integrando-se ao espaço de forma sistêmica. Isso posto, as relações natureza e homem se desenvolvem e estabelecem todos

os processos que fazem parte do sistema de uma bacia hidrográfica. Tudo que ocorre nesse espaço é resultado direto das formas de ocupação do território e utilização do corpo hídrico que nela converge.

Granell-Pérez (2004) conceitua a bacia hidrográfica através de canais e tributários, drena água da chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal. Em áreas de bacia hidrográfica, o princípio de toda transformação ambiental se dá a partir das alterações na dinâmica natural do sistema, na ocupação desordenada ao longo dos cursos d'água para fins de fixação de moradias, urbanização e crescimento econômico. Esse processo constitui-se como um fator de degradação ambiental que acelera o processo de perda da vegetação nativa, erosão do solo e poluição dos corpos hídricos e alterações significativas na dinâmica natural do fluxo hídrico.

Teodoro et. al (2007) aponta que diversas definições de bacia hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo. Este conceito, segundo Tundisi. et al (2008), estabelece a bacia hidrográfica como unidade de pesquisa, gerenciamento e aplicação das informações básicas, e é resultado de longa evolução que, estabelecido e consolidado, representa um grande processo de descentralização da gestão baseada em pesquisa e inovação aplicada a cada bacia hidrográfica.

Assim, Teodoro et al (2007) destaca:

As definições propostas para bacia hidrográfica assemelham-se ao conceito dado por Barrella (2001), sendo definido como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano. (TEODORO et.al, 2007. p. 138)

Compreendida como um sistema dinâmico, com entrada e saída de fluxos, as bacias hidrográficas configuram-se como sistemas capazes de apresentar por meio da análise das mudanças espaço-temporais da paisagem as modificações dos elementos naturais que compõe esse espaço.

Martins e Freitas (2014) ao considerar como unidade de estudo na análise integrada das mudanças da paisagem, a bacia hidrográfica é tida como uma unidade natural que possibilita relacionar fatores físicos, químicos, biológicos e a interação antrópica de modo que permita o

levantamento de informações que apontem o estado de degradação da área em questão bem como suas proximidades.

A característica dinâmica das bacias hidrográficas possibilita compreender os elementos que a compõe apresentando na paisagem o resultado da integração de vários subsistemas que juntos formam uma unidade integrada de planejamento. A partir dessa perspectiva de integração, sob a ótica da gestão dos recursos hídricos, Rodriguez, Silva e Leal (2011) destacam que o planejamento das bacias hidrográficas vem se alterando conceitualmente, primeiro com o enfoque no manejo de águas, depois com uma concepção da bacia como a conjunção de fatores ambientais e, mais recentemente, com uma visão de planejamento ambiental integrado.

Botelho e Silva (2004) percebem as bacias hidrográficas unidades básicas de análise ambiental que tem como base a visão sistêmica e integrada do ambiente estão inseridas. Propõe que para um efetivo planejamento, é necessária a análise dos componentes do meio físico bem como a o uso e ocupação que o homem estabelece ao longo do tempo possibilitando avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico. Lima (2005) reforça que a identificação da bacia como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas tem conduzido à aplicação do conceito de gestão de bacias hidrográficas, dando ao recorte destas um novo significado.

A concepção de planejamento ambiental integrado proposta por Rodriguez (2008), afirma que se o planejamento foi direcionado a transformação dos sistemas ambientais e ao desenvolvimento, deve ser integral e sistêmico, superando a concepção tradicional baseada exclusivamente no manejo de umas poucas variáveis econômicas. O autor ainda menciona que há mais de duas décadas esse modelo vem se consolidando como o mais adequado para o planejamento de bacias hidrográficas. Para ele:

O planejamento ambiental constitui um ponto de partida para a tomada de decisões, como para a forma e intensidade em que se devem utilizar o território e cada uma das suas partes, incluindo os assentamentos humanos, e as entidades sociais e produtivas. Constitui um processo organizado de obtenção de informação, de análises e reflexão sobre as potencialidades e as limitações dos sistemas ambientais de um território. Ele servirá de base para definir as metas, os objetivos, as estratégias de uso, os processos, as atividades e ações; em síntese, a organização da atividade socioeconômica no espaço. Deverá incluir a definição do sistema de monitoramento e avaliação que deverá retroalimentar o processo (RODRIGUEZ, 2008, p. 12).

Todavia, o planejamento e a gestão ambiental devem optar por um enfoque amplo e sistêmico, que compreenda a extensa complexidade que constitui as inter-relações entre

sociedade e o meio, norteados as ações de planejamento que possibilite diagnosticar o mais próximo da realidade as fragilidades e potencialidades de uma bacia.

Santos (2004), afirma que todos os sistemas, por menor que seja, se integra a uma bacia hidrográfica, sendo possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos no equilíbrio presente no sistema. Ao se analisar uma bacia hidrográfica é possível verificar a origem destes impactos e com isso traçar medidas mitigadoras que atenuem os problemas ambientais destacando a importância de estudos integrados do ambiente físico-ambiental em bacias hidrográficas.

Rodriguez e Silva (2011), destaca:

A análise da bacia, a partir de uma perspectiva sistêmica, sustentável e complexa, é válida porque, no caso dos recursos hídricos, a tarefa consiste em compreender e considerar as relações do arranjo espaço-temporal do papel da água como um recurso indispensável no funcionamento da biosfera, mas surgida e limitada dentro do complexo da geoesfera ou esfera geográfica. Isso é devido ao fato desses nexos e relações dependerem das interações espaciais entre a distribuição da água, o clima, a geologia e o relevo, formando todos, de maneira articulada, uma totalidade ambiental, que constitui o espaço e a paisagem natural (RODRIGUEZ e SILVA, 2011. p.31)

Rodrigues (2011) expõe que quando se analisa uma bacia, por meio de uma perspectiva ambiental, sistêmica e da sustentabilidade, é necessário considerar que:

- a) na bacia interagem componentes de diferentes caracteres (natural, econômico, social, político e histórico), que em conjunto conduzem a formação de diversos sistemas ambientais.
- b) é uma totalidade sistêmica, formada pela interação e a articulação de diversos sistemas ambientais (eco, geo e sociossistemas)
- c) ISOS sistemas manifestam-se de uma forma complexa na superfície do globo terrestre, formando sistemas espaciais e territoriais diversos, de caráter individual. A consideração dessa multiplicidade de sistemas permite analisar as unidades geocológicas, com estruturas formadas no interior das bacias.
- d) na bacia, formada no fundamental pela organização imposta pelos fluxos de águas superficiais, manifestam-se sistemas de caráter espacial para genético e para dinâmico, que não se subordinam por completo na dinâmica hídrica, e que tem sua própria organização e sua própria lógica de reestruturação e funcionamento.

Rodriguez (2005) propõe considerar a bacia como um todo, como um sistema ambiental implica, portanto, entender que as relações entre os diversos componentes naturais e socioeconômicos que se manifestam na bacia, interagem de forma complexa. Essa interação se reflete na estrutura e no funcionamento, na dinâmica e na evolução, no âmbito espacial e territorial. Rodriguez et al (2004), expõe que essa interação determina, por outro lado, a capacidade de cumprir determinadas funções socioeconômicas, e de se auto organizar, autorregular, até certo patamar ou limite, em dependência das ações que são exercidas sobre esses sistemas. Assim, deverá ser analisada de maneira que articule os elementos fundamentais de sua formação e organização.

2.3 O estudo integrado da paisagem e análise sistêmica em bacias hidrográficas

O conceito de paisagem já foi amplamente discutido ao longo da evolução do pensamento geográfico. Para Sotchava (1977) dentro dos estudos sistêmicos, a importância das discussões sobre o conceito de paisagem, possibilitaram a formação da concepção da natureza como um todo composto por partes que se integram para formar um sistema natural.

Atualmente, Rodriguez et. al (2017), em seu trabalho *Geoecologia das Paisagens*, estabeleceu as seguintes interpretações sobre a temática e as diferentes concepções científicas do conceito de paisagem:

- a) Paisagem como aspecto externo de uma área ou território;
- b) Paisagem como formação natural;
- c) Paisagem como formação antroponatural;
- d) Paisagem como sistema econômico-social e;
- e) Paisagem cultural.

Antunes (2017) destaca que a compreensão do conceito de paisagem, possibilitou uma confluência entre os autores entendem o estudo integrado da paisagem como possibilidade de identificação das transformações na paisagem a partir da atuação dos condicionantes que a modificam, analisando-a como um sistema amplo que conectam e sustentam todos os elementos que a compõem.

Rodriguez et al (2017) o estudo integrado da paisagem a partir da abordagem geossistêmica, permite entender e explicar as diferentes transformações da paisagem bem como sua dinâmica dentro da escala espaço-tempo e ação antrópica. Nesse contexto, a paisagem pode

ser vista como um sistema que contém e reproduz recursos, como um meio da atividade humana e como fonte de percepções estéticas.

Segundo Gorayeb (2008),

O entendimento da paisagem como uma formação espaço-temporal sistêmica, com feições diferenciadas e processos atuantes, permite a análise das condições atuais, bem como das transformações decorrentes da evolução natural e das intervenções humanas. A partir desse enfoque, é possível interpretar os níveis de estabilidade e a definição dos gradientes decorrentes das transformações ambientais. (GORAYEB, 2008, p.27)

Analisar a paisagem permite ao pesquisador a utilização de diversos métodos como ferramenta de diagnóstico para entendimento de paisagens passadas e por consequência projetar o futuro destas. Isso é possível pois o estudo integrado dos sistemas fundamenta a análise geográfica pois oferece possibilidades de entender fenômenos, observando suas relações de causalidade e inter-relações, verificando a eficácia de agentes e processos. Nesse sentido, percebe-se o que segue:

A concepção sistêmica consiste em uma abordagem em que qualquer diversidade da realidade estudada (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problemas, situações, etc.) pode-se considerar como uma unidade (um sistema) regulada em um ou outro grau que se manifesta mediante algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2011, p. 41).

A bacia hidrográfica como unidade estudo adotada na análise integrada da paisagem, entendida como sistema natural de ocorrência de fenômenos, possibilita entender como os fatores físicos, químicos, a atuação dos agentes naturais existentes na dinâmica da bacia bem como a ação do homem ocasiona nas múltiplas transformações da paisagem possibilitando o prognóstico da área em questão bem como suas proximidades.

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, estabelecida pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), considera a bacia hidrográfica 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.

Consideradas como sistemas não-isolados abertos, Christofolletti (1979) considera que as bacias hidrográficas começaram a ser analisadas como unidades sistêmicas fundamentais, a partir da consciência do funcionamento integrado de seus elementos.

Ross (1992) explica que essas unidades sistêmicas se individualizam pelo relevo, clima, cobertura vegetal, solos, arranjo estrutural e o tipo de litologia ou exclusivamente por um desses elementos.

Martins e Freitas (2014) consideram:

A bacia hidrográfica como uma unidade de estudo adotada para análises da paisagem. Considerada como unidade natural, as bacias hidrográficas permitem, por meio da diferenciação de paisagens, relacionar os fatores físicos e químicos, como também os biológicos inclusive a ação antrópica, propiciando o levantamento concreto sobre o real estado de degradação da área em questão e das proximidades. (Martins e Freitas, 2014.p. 42)

Souza e Fernandes (2000) discutem os estudos de bacias hidrográficas como fundamentais no que diz respeito a preservação ambiental e melhor uso do espaço associados as questões socioeconômicas e conflitos existentes pelo uso indevido dos recursos hídricos.

Ao se estudar bacias hidrográficas a partir da visão sistêmica, pautada nas análises de Bertrand (1968), Sotchava (1970) e na ecodinâmica de Tricart (1977), subsidiaram a discussão no que tange a análise ambiental no prisma do planejamento e gestão ambiental.

Os estudos de bacias hidrográficas, cujo enfoque geossistêmico fundamentam a pesquisa deve considerar os fluxos da matéria e energia na escala espaço-tempo, com já discutido por Sotchava. Desta forma, os processos atuantes nas bacias hidrográficas, representam a evolução e transformação da paisagem ao longo do tempo.

Crispim (2011) discute que a análise sistêmica destaca a importância das interações ambientais existentes, sua dinâmica e estrutura, possibilitando a comunicação entre os elementos existentes em um sistema, elementos estes individuais, entretanto com interdependência entre os mesmos. Isso posto, Moragas (2005) propõe:

A bacia hidrográfica pode ser considerada como uma área drenada por uma rede de canais fluviais, influenciados por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de solos, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas (MORAGAS, 2005, p. 22).

Ao se discutir a abordagem geossistêmica é possível fundamentar as metodologias utilizadas no estudo de bacias hidrográficas enquanto sistemas ambientais pois aborda a complexidade desse objeto de estudo a partir da organização dos seus elementos físicos, coexistindo com os elementos social e econômicos dentro do seu contexto.

Dada suas características naturais, Silva et al (2011), destaca que as bacias hidrográficas são enquanto unidade espacial de planejamento e gerenciamento de atividades

voltadas para o uso e conservação dos recursos naturais são importantes para análise ambiental pois a partir das condições que se apresentam em função do crescimento da população e do modelo de desenvolvimento adotado, fornecem subsídios para uma gestão eficiente.

Entendendo a bacia hidrográfica como um sistema aberto cujo seus elementos interagem entre si, Christofolleti (1999) e (Ferreti (2003), possibilita a origem de processos que se relacionam e apresentam potencial de utilização baseado segundo as características e natureza do substrato geológico, formas e processos geomorfológicos, mecanismos hidrometeorológicos e hidrogeológicos.

Para Nascimento (2003) as bacias hidrográficas apresentam alterações paisagísticas decorrentes da diversidade registrada na ocupação e manejo da terra e devem ser estudadas por intermédio de uma metodologia sistêmica e holística, baseada na interdisciplinaridade. O referido autor prossegue seu raciocínio:

Os sistemas naturais funcionam através de fluxos de matéria e energia e de informações entre os seus componentes que buscam um equilíbrio dinâmico;
 Os sistemas podem ser complexos, abertos, possuem variáveis conectadas, enfrentam os ciclos de transformação, auto ajuste, dissipação e novamente auto-organização com a produção de entropia;
 A caracterização de um sistema deve ser feita com a explicitação de seus objetivos, propósitos ou finalidades e a sua função;
 A bacia hidrográfica é um sistema natural espacialmente definido, no qual seus elementos mantêm relações dinâmicas entre os componentes físicos, biológicos e socioeconômicos. (NASCIMENTO, 2003, p.5)

De acordo com Souza e Fernandes (2000), os objetivos da análise integrada devem, a partir da abordagem sistêmica, contemplar alguns aspectos fundamentais:

- a) Conhecer e avaliar os componentes geoambientais e os processos desenvolvidos no meio natural;
- b) Levantar e avaliar o potencial de recursos naturais das regiões;
- c) Executar mapeamentos temáticos setoriais ou integrados que tratam dos recursos naturais e do meio ambiente;
- d) Identificar as condições de uso e ocupação da terra e as implicações ambientais derivadas;
- e) Fazer cenários das perspectivas da evolução ambiental em função de impactos que têm sido produzidos; promover zoneamentos geoambientais e/ou socioambientais;
- f) Utilizar produtos de sensoriamento remoto para executar mapeamentos;

g) Levantar problemas em áreas vulneráveis visando a recuperá-las ou conservá-las; e

h) Promover avaliações integradas do meio físico natural.

A bacia hidrográfica como um complexo geossistêmico que transcende a ideia de sistema fechado e se configura pela ocorrência de processos que devem ser compreendidos de maneira integrada e sistematizada posto que as ações antrópicas e as dinâmicas naturais ocorrem de maneira conjugada, devendo estas relações ser analisadas de maneira sistêmica englobando o meio em sua totalidade e os atores que nela atuam transformando-a.

Souza (1985), ao considerar a visão sistêmica para entendimento dos processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, abre perspectivas que objetivam estabelecer avaliações de potencialidades dos recursos naturais renováveis bem como as limitações quanto ao uso indistinto destes. Por fim, propõe indicações ou alternativas que viabilizem o aproveitamento racional do território, respeitando as condições naturais que regulam o funcionamento dos sistemas.

Capra (1982), ao discutir a concepção sistêmica de vida, destacando os aspectos sociais, concebe a totalidade sistêmica de maneira que o modelo por ele apresentado dialoga com a totalidade sistêmica proposta pela teoria geral de Bertalanffy. Ele diz:

Todos esses sistemas naturais são totalidades cujas estruturas específicas resultam das interações e interdependência de suas partes. A atividade dos sistemas envolve um processo conhecido como transação — a interação simultânea e mutuamente interdependente entre componentes múltiplos. As propriedades sistêmicas são destruídas quando um sistema é dissecado, física ou teoricamente, em elementos isolados. Embora possamos discernir partes individuais em qualquer sistema, a natureza do todo é sempre diferente da mera soma de suas partes. (CAPRA, 1982, p. 245)

Compreender a bacia hidrográfica como um sistema complexo é também percebê-la como um sistema maior que se relaciona com outros sistemas. Esse enfoque sistêmico se dá pelo entendimento de todas as variáveis que a compõe. As várias abordagens metodológicas permitem a compreensão desse fenômeno e suas implicações diretas na paisagem. A análise integrada da paisagem em bacias hidrográficas requer a busca pela identificação de seus componentes principais e de suas relações com o seu contexto dentro de um sistema maior. Esta análise também permite identificar áreas de vulnerabilidade na área de estudo. Para Santos (2006), a vulnerabilidade ambiental pode ser entendida como o grau de exposição que determinado ambiente está sujeito a diferentes fatores que podem acarretar efeitos adversos, tais como impactos e riscos, derivados ou não das atividades socioeconômicas.

Tagliani (2003) vulnerabilidade ambiental significa a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por um uso antrópico qualquer, avaliada segundo três critérios:

1. Fragilidade estrutural intrínseca – condicionada por características inerentes ao substrato físico e que descrevem seus materiais, formas e processos, sintetizando suas relações.
2. Sensibilidade – condicionada pela proximidade de ecossistemas sensíveis, os quais sustentam e mantêm inúmeras funções ambientais (GROOT, 1994).
3. Grau de maturidade dos ecossistemas – condicionada pelo tempo de evolução, uma das características que determinam a fragilidade relativa dos ecossistemas frente a perturbações antrópicas.

Este modelo de vulnerabilidade se dá através da análise da litologia, do relevo, solos, e uso e cobertura da terra considerando a interrelação dos componentes. Segundo Souza (2000) é necessário considerar a ecodinâmica da paisagem associada ao uso e ocupação como critério básico para definição da vulnerabilidade ambiental existente nos diferentes sistemas ambientais.

2.4 Planejamento ambiental como ferramenta de gestão de bacias hidrográficas

A Lei Federal nº 9.433/1997 considera a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Estabelece os Planos de Recursos Hídricos como planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da política nacional de recursos hídricos. Devem ser de longo prazo, permitindo a execução dos programas e projetos estabelecidos e a consecução dos objetivos propostos. Em sua elaboração deve-se valorizar o processo de planejamento, de forma participativa, descentralizada e democrática, como destacado na Síntese Executiva do Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL/MMA/SRH, 2006).

Nessa perspectiva, a gestão de bacias hidrográficas deve conciliar o aproveitamento dos recursos naturais da bacia com o crescimento econômico e as transformações produtivas a fim de promover o devido manejo dos recursos com fins de evitar conflitos e problemas

ambientais garantindo a equidade mediante processos de decisão com a participação de diferentes atores.

Leal (2013) discute o planejamento dos recursos hídricos:

O planejamento de recursos hídricos constitui um instrumento fundamental para o gerenciamento da água e da bacia hidrográfica, uma vez que pode induzir ou restringir o uso e ocupação do solo e a implantação de planos de desenvolvimento econômico em sua área de abrangência, pelo disciplinamento e controle do acesso e uso da água. Nesse sentido, gerenciar águas e bacias hidrográficas exige que se considerem diversos processos naturais e sociais interligados, com abordagem holística e sistêmica, visando compatibilizar o uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas com a garantia de disponibilidade de água para a sustentabilidade do desenvolvimento econômico, social e ambiental. (LEAL, 2013, p. 69-70)

Estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece (TRICART, 1977). Para Machado (2013), a intensidade da ação antrópica na ocupação de terras conduziu a um quadro de degradação ambiental jamais visto pois, como destaca Pereira (2012), avaliar o meio físico permite identificar áreas críticas ou frágeis, em relação ao uso e ocupação, que devem ser protegidas por políticas públicas.

A partir da análise sistêmica, o planejamento ambiental visa direcionar as ações antrópicas no ambiente, onde os estudos ambientais pautados no viés do planejamento se constituem como um mecanismo de controle das interferências no espaço, a partir de diagnósticos, estudos de impactos, levantamentos físicos e territoriais, ou seja, contribui para prever ordenamento futuro da organização do espaço. Logo, o planejamento ambiental é uma ferramenta essencial para garantir à sociedade uma melhoria da qualidade de vida e gestão adequada dos recursos naturais.

A partir da “perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja municipal, estadual, federal, bacia hidrográfica, quer seja qualquer outra unidade é absolutamente necessária que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos, e as fragilidades dos ambientes naturais. É preciso pôr em prática as políticas públicas com vistas ao ordenamento territorial que valorize a conservação e preservação da natureza, para o desenvolvimento sustentável” (ROSS, 2009, p. 53). Neste contexto, [...] o planejamento ambiental do território, converte-se em um elemento tanto básico como complementar, para a elaboração dos programas de desenvolvimento econômico e social e para a otimização do plano de uso, manejo e gestão de qualquer unidade territorial (RODRIGUEZ et al., 2007, p. 13).

Para Rodriguez et al. (2004), o planejamento ambiental pode ser realizado tendo como base a análise integrada da paisagem, compreendida como um “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 e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis”. O planejamento ambiental, portanto, possui estreita relação com as políticas e as leis territoriais.

De acordo com Christofolletti (2005), o planejamento sempre envolve a questão da espacialidade, pois incide na implementação de atividades em determinado território, constituindo um processo que repercute nas características, funcionamento e dinâmica das organizações espaciais.

Para que o planejamento se constitua em instrumento de melhoria de vida da natureza, torna-se necessário \Leftrightarrow população e de estabelecimento de novas relações sociedade que ocorram algumas mudanças, entre elas: prevalência do interesse coletivo sobre o privado, das determinações sociais sobre as econômicas e ampla participação popular em todo o processo de planejamento. Nesta perspectiva, o planejamento baseado nas questões ambientais, surge como uma proposta de superação da inadequada utilização dos recursos naturais e da distribuição e organização da sociedade e das atividades econômicas sobre o território (LEAL, 2005).

Neste contexto, “o desenvolvimento ambiental deve estar atrelado a uma política pública de planejamento ambiental que envolva aspectos educacionais, de saúde pública, de investimentos em infraestrutura, ordenamento territorial, em função de potencialidades e fragilidades naturais, gestão territorial com criação de unidades de conservação, fiscalização, monitoramento ambiental das atividades produtivas, controle da qualidade do meio ambiente, entre outros” (ROSS, 2009, p. 203).

O planejamento ambiental, segundo Almeida (1993, p. 16), “consiste em um grupo de 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”. O termo planejamento ambiental pode ser utilizado para definir “todo e qualquer projeto de planejamento de uma determinada área que leve em consideração fatores físico-naturais e socioeconômicos para a avaliação das possibilidades de uso do território e/ou dos recursos naturais [...]” (BOTELHO, 1999, p. 274).

Como processo eminentemente científico-técnico, o planejamento ambiental deverá seguir determinados prazos e caminhos, através do qual se executam e cumprem um conjunto de operações englobadas em fases ou etapas da investigação. Estas deverão conduzir a obtenção de certo conteúdo de conceitos, índices, indicadores, regularidades e explicações que servirão de resultados.

A fase de organização e inventário é a fase preparatória que tem como objetivo fundamental identificar, caracterizar e cartografar as unidades espaciais iniciais, nas quais se desenvolverá todo o trabalho de planejamento ambiental. A fase de análise aplica-se a projetos de investigação detalhados e de base, seu objetivo consiste em estudar as propriedades sistêmicas (estruturais, funcionais, evolutivas e integradoras) das unidades consideradas desde uma perspectiva sistêmica (RODRIGUEZ, 1994, 2008).

A fase de diagnóstico é, sem dúvida, uma fase obrigatória em praticamente todos os níveis e categorias do planejamento ambiental, cujo objetivo é esclarecer o estado em que se encontram os sistemas ambientais como resultado do uso e exploração de seus recursos e serviços ambientais. A fase de projeção, chamada de proposta ou de projeto, trata, antes de tudo, de propor como usar e explorar os sistemas ambientais e como projetar sua organização espacial. A fase de execução corresponde, sobretudo, com o projeto dos chamados sistemas e programas de gestão, inclui também todo o processo dirigido a executar as ações concebidas nas fases anteriores (RODRIGUEZ, 1994, 2008).

De acordo com Santos (2004, p. 32), os planejamentos ambientais devem ser organizados dentro de uma estrutura que envolve pesquisa, análise e síntese. A pesquisa [inventário] tem o objetivo de reunir e organizar dados para facilitar sua interpretação. Os dados organizados são avaliados para atingir a compreensão do meio estudado, com seus acertos e conflitos, constituindo a fase de análise. A síntese refere-se à aplicação dos conhecimentos alcançados para a tomada de decisões. Desta forma, o planejamento apresenta como um processo, ou seja, é elaborado em fases sucessivas: o resultado de uma é a base, ou os princípios, para o desenvolvimento da fase seguinte.

As fases do processo de planejamento referem-se ao conteúdo, podendo para isso, serem utilizadas várias técnicas e métodos. E para cada escala de trabalho adotada no planejamento as metodologias deverão ser adequadas e/ou adaptadas.

Neste contexto, no processo de análise integrada das condições do meio físico e das socioeconômicas, elaboração do diagnóstico e possível prognóstico de evolução espaço-temporal até a proposição de estratégias de adequação de uso e ocupação da terra sob uma ótica de desenvolvimento sustentável, é essencial a participação interativa de técnicos de visão e ação

interdisciplinar, de poder político-administrativo competente e transparente, além de lideranças comunitárias representativas dos interesses dos diferentes grupos e setores da população (SILVA e CAVALCANTI, 1997).

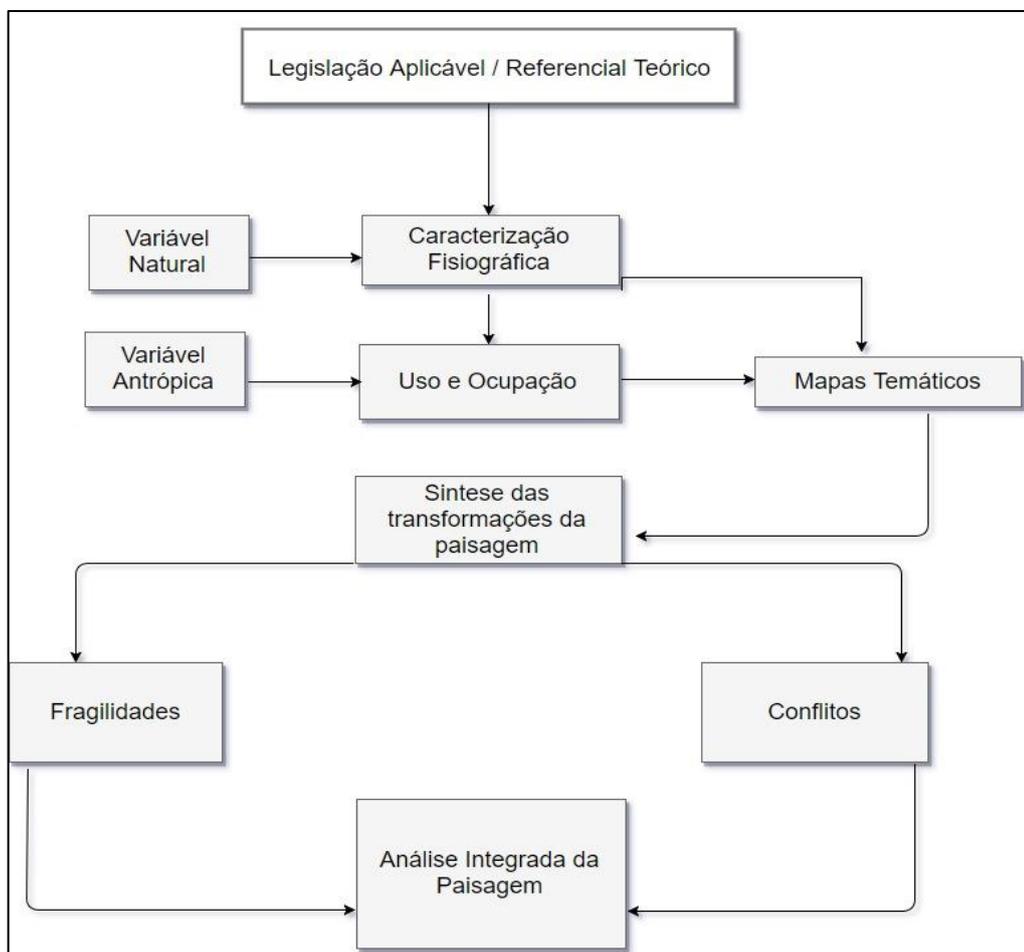
3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Silva et al (2004) expõem que o proceder metodológico representa a escolha do método dedutivo ou indutivo, bem como as tipologias de pesquisa como instrumento a ser utilizado.

Para a execução dos trabalhos foram desenvolvidos os procedimentos metodológicos contemplando a visão sistêmica que segundo Bertrand (1968) define a paisagem como uma entidade global, que possibilita a combinação dinâmica e instável dos elementos físicos, biológicos e antrópicos como conjunto único e indissociável em constante evolução. As referências utilizadas na pesquisa subsidiaram o levantamento das informações que consubstanciou o desenvolvimento do objetivo geral, assim, servindo de suporte para a abordagem teórica e conceitual que possibilitou materializar os objetivos específicos propostos.

Para a realização da pesquisa, organizou-se os procedimentos técnicos ilustrados na figura 04 que sintetizou os caminhos adotados para a execução dos trabalhos:

Figura 04 - Procedimentos metodológicos da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.1 Revisão Bibliográfica

No referencial teórico ou revisão da literatura deve constar a base científica para o desenvolvimento do trabalho de pesquisa. Devem ser extraídas citações diretas e indiretas de outros pesquisadores que abordaram o problema a ser investigado. Principalmente na área das ciências sociais aplicadas, sempre haverá algum conhecimento prévio sobre o tema em questão. Essa etapa do projeto de pesquisa é importante para o pesquisador formar uma linha de raciocínio consubstanciada no conhecimento de outros autores. Desse modo, ao concluir a pesquisa, poderá haver uma contribuição para o desenvolvimento do tema. O referencial teórico é o alicerce da pesquisa (SILVA et al, 2004. p. 101).

Conforme esclarece Boccato (2006, p. 266):

A pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação.

O levantamento bibliográfico da pesquisa objetivou o levantamento das informações da temática da dissertação em temas que nortearam o seu desenvolvimento da seguinte forma:

- a) Teoria dos sistemas, geossistemas e paisagem;
- b) Bacia hidrográfica e suas bases conceituais;
- c) Análise integrada da paisagem;
- d) Análise sistêmica em bacias hidrográficas e;
- e) Planejamento ambiental.

As principais informações foram obtidas em artigos, teses, dissertações, livros, artigos, leis considerando autores que norteiam os estudos integrados da paisagem em bacias hidrográficas a partir da abordagem sistêmica, tais como: Bertrand (1972), Sotchava (1977), Tricart (1977), Christofolletti (1979), Rodriguez (1994, 2007 e 2008), Ross (2000, 2006), sendo

priorizadas as propostas de Tricart (1977), Ross (2008 e 2009) e Leal (1995 e 2000). Foram abordados no levantamento bibliográfico² os eixos temáticos expostos na tabela 02:

Tabela 02 - Categorias de Análise usadas na pesquisa

Categoria de Investigação	Autor	Conceito
Paisagem	Bertrand (2004)	A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.
Geossistema	Sotchava (1977)	Os geossistemas são os sistemas naturais, de nível local, regional ou global, nos quais o substrato mineral, o solo, as comunidades de seres vivos, a água e as massas de ar, particulares às diversas subdivisões da superfície terrestre, são interconectados por fluxos de matéria e de energia, em um só conjunto.
Bacia Hidrográfica ³	Tucci (1997)	A bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água, sedimentos e matéria dissolvida que converge o escoamento oriundo da precipitação e materiais para um único ponto de saída.
Análise Integrada da Paisagem	Gorayeb (2008)	O entendimento da paisagem como uma formação espaço-temporal sistêmica, com feições diferenciadas e processos atuantes, permite a análise das condições atuais, bem como das transformações decorrentes da evolução natural e das intervenções humanas. A partir desse enfoque, é possível interpretar os níveis de estabilidade e a definição dos gradientes decorrentes das transformações ambientais.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

² Demais conceitos que fundamentaram a discussão teórico-metodológica estão citados no pressuposto teórico da pesquisa – Item 3.1.

³ O conceito proposto por Tucci (1997) é adotado no trabalho como embasamento teórico que possibilitou a discussão ao longo da pesquisa.

O levantamento das informações focou principalmente na análise integrada da paisagem em bacias hidrográficas no Brasil a partir dos estudos existentes. Desta forma, foram consultadas as principais bases de dados relativas aos órgãos oficiais que regulamentam a gestão das informações dos recursos hídricos no país. Isso posto, foram consultadas e utilizadas as bases de dados da Agência Nacional de Águas (ANA) como legislação, base cartográfica, distribuição dos recursos hídricos, publicações, do Núcleo Geoambiental (NUGEO), do Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC), a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA/MA). Foram utilizados os dados estatísticos por municípios dos Censos Demográficos do IBGE (2010), os dados geológicos Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Agência Nacional Mineração (ANM) e Banco de Dados do Sistema Único de Saúde – DATASUS.

Ressalta-se que a maior parte do banco dados encontra-se disponível nos sites destes órgãos.

3.2 Trabalho de gabinete

Essa etapa consistiu no planejamento e estruturação do projeto de mestrado que viabilizou o desenvolvimento da pesquisa. Foi realizado o levantamento de informações com intuito de consolidar a revisão bibliográfica para discussão dos pressupostos teóricos e dados preliminares da área de estudo. Foi realizado levantamento de dados referentes as bases cartográficas da área com a finalidade de obter informações referentes ao meio natural que subsidiassem os mapeamentos. Buscando sistematizar e consolidar tais informações, foi realizada a interpretação da situação atual da Sub-bacia do Rio Preto a partir dos dados físicos, bióticos, sociais e econômicos da área em questão.

3.3 Trabalho de campo

Para Marconi e Lakatos (1996) a pesquisa de campo é uma fase que é realizada após o estudo bibliográfico, para que o pesquisador tenha um bom conhecimento sobre o assunto, pois é nesta etapa que ele vai definir os objetivos da pesquisa, as hipóteses, definir qual é o meio de coleta de dados, tamanho da amostra e como os dados serão tabulados e analisados.

Os trabalhos de campo são fundamentais para reconhecer e atualizar as informações cartográficas já existentes da área. O primeiro trabalho de campo ocorreu de 29 e 30 de junho de 2018 e também no dia 01 de julho de 2018 e o segundo trabalho de campo foi realizado no

período de 14 a 16 de setembro de 2018 e objetivou o reconhecimento das áreas previamente identificadas nas imagens de satélite⁴ para fins de reconhecimento dos elementos da paisagem, processos e dinâmica do sistema da bacia para embasar a definição das classes de uso ocupação da terra.

Fizeram parte das visitas de campo os seguintes municípios:

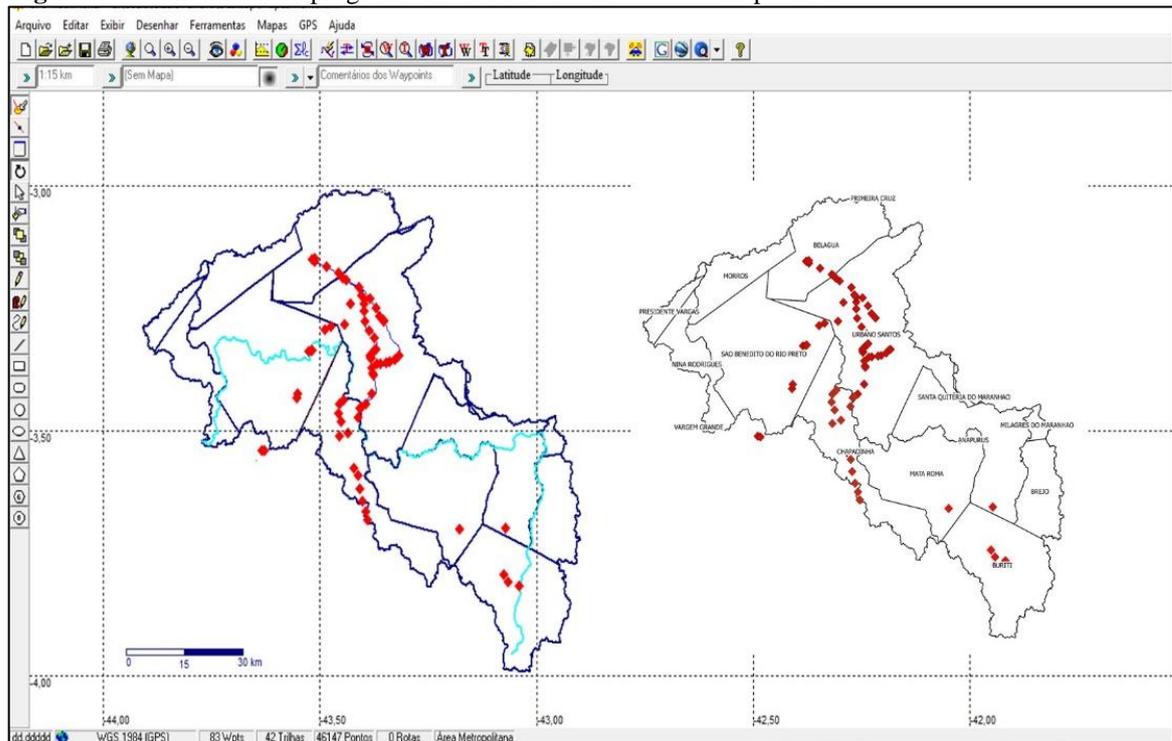
- a) Urbano Santos;
- b) São Benedito do Rio Preto;
- c) Belágua;
- d) Buriti;
- e) Mata Roma;
- f) Anapurus e;
- g) Chapadinha.

O critério para escolha dos municípios já pesquisados levou em consideração os municípios que apresentam áreas desprovidas de cobertura vegetal foram identificados, analisados e classificados na etapa de processamento das imagens e classificação do uso e ocupação da terra, considerando o campo como etapa de validação dos dados obtidos a partir da interpretação preliminar das imagens da região.

Os pontos de controle mapeados apresentam a seguinte espacialização:

⁴ As imagens de satélites trabalhadas na pesquisa correspondem aos anos de 1997, 2007 e 2018, respectivamente.

Figura 05 - Print screen do programa Track Maker com dados do mapeamento



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

3.4 Procedimentos para elaboração dos mapas

A organização dos procedimentos metodológicos possibilitou a produção dos mapas temáticos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, otimizando o tratamento dos dados e a execução das ferramentas de produção cartográfica em ambiente SIG. Representar a paisagem em mapas é o ponto de partida para obtenção de resultado das investigações ambientais (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2004). Atualmente, a região que abrange a bacia hidrográfica do Rio Preto é contemplada pelos principais serviços cartográficos nacionais (IBGE, Ministério do Exército-DSG, CPRM).

3.4.1 Definição da escala cartográfica

Frente a variedade de escalas cartográficas existente, foi adotada a escala de 1:250.000 para a caracterização física da bacia. A escolha da escala se deu devido a disponibilidade de arquivos vetoriais nessa escala disponibilizadas pelo IBGE. Entretanto, para os dados que não apresentar a referida escala, será adota a escala oficial mapeada pelo órgão gestor responsável.

3.4.2 Aquisição e processamento das imagens de satélite

A aquisição das imagens de satélite se deu a partir da disponibilização do banco de dados do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS) disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov> e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do catálogo de imagens disponível no endereço eletrônico <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>.

A tabela 03 consta os dados das imagens orbitais e dos respectivos satélites:

Tabela 03 - Dados das imagens

Imagem 1997	
Satélite	Landsat-5, sensor Thematic Mapper (TM)
Orbita / Ponto	Data
219/63	17-06-1997
220/62	10-07-1997
220/63	10-07-1997
Imagem 2007	
Satélite	Landsat-5, sensor Thematic Mapper (TM)
Orbita / Ponto	Data
219/63	17-09-2007
220/62	22-07-2007
220/63	07-08-2007
Imagem 2018	
Satélite	Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) e Sensor Infravermelho Térmico (TIRS)
Orbita / Ponto	Data
220/62	21-08-2018
220/63	21-08-2018

Fonte: INPE; USGS (2018).

Após a aquisição das bandas que compõem a imagem foi realizada a sintetização das mesmas utilizando o RGB, onde em ambiente SIG foram ordenadas e mosaicadas. A

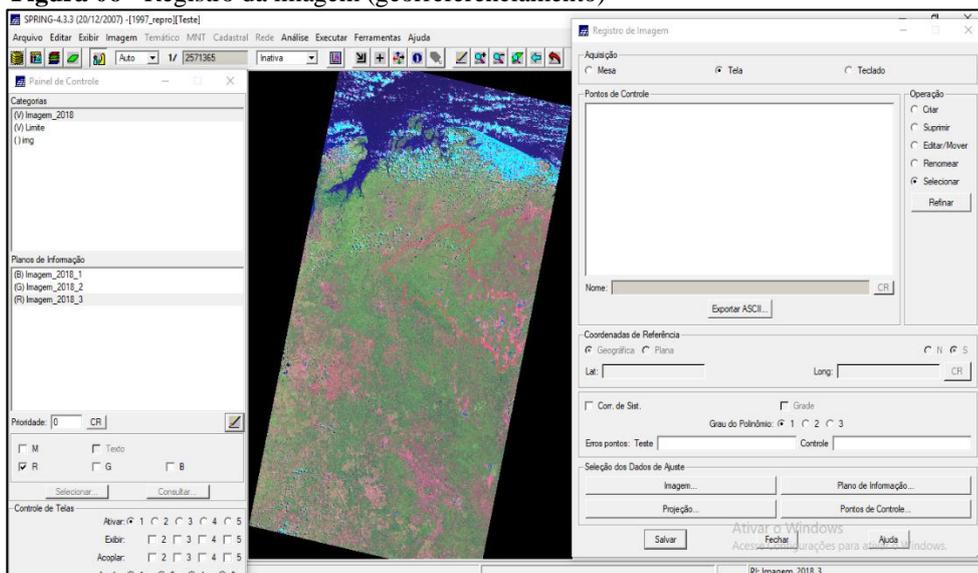
sintetização ou criação do mosaico, neste caso, é a ordenação das bandas para melhor visualização dos elementos que se pretende mapear. A ordem escolhida para o trabalho favorece o reconhecimento dos elementos da vegetação, ocupação (curto e longo prazo) e rios e lagos.

3.4.2.1 Registro das Imagens

As imagens orbitais não estavam georreferenciadas. Foi utilizado o módulo para georreferenciamento, também conhecido como Registro de Imagens, disponível nos softwares de Processamento de Imagens Orbitais, tais como o SPRING que possibilitou georreferenciar as imagens. Assim, com a imagem georreferenciada, poderia ser integrada a outros bancos de dados vetoriais.

O registro de uma imagem (Figura 06) corresponde a transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. Ao georreferenciar cada uma das imagens, cada um dos seus pontos (ou pixels), passa a estar atrelados a um par de coordenadas, de um sistema conhecido. O georreferenciamento da imagem sintetizada deu-se por meio de ambiente SIG, neste caso o software Spring 4.3.3 a partir de pontos de controle. Assim, com auxílio do SIG foram selecionados pontos de referência convergentes em ambas as imagens, onde quanto maior o número de pontos amostrados e sua distribuição uniforme, melhor o resultado da imagem, sem distorções e deslocamentos excessivos.

Figura 06 - Registro da imagem (georreferenciamento)



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Na sequência expõe os processamentos realizados no tratamento das imagens em suas respectivas ordens:

- a) Aquisição das imagens
- b) Composição RGB das bandas
- c) Mosaico das bandas mosaicadas
- d) Reprojecção
- e) Georreferenciamento
- f) Recorte

Para a elaboração da melhor composição colorida foi aplicada a seguinte composição RGB:

- a) **Imagens 1997:** RGB Bandas 5R/4G/3B
- b) **Imagens 2007:** RGB Bandas 5R/4G/3B
- c) **Imagens 2018:** RGB Bandas 6R/5G/4B

Após a composição foi realizada a equalização do histograma para manipular cada um dos 3 canais de falsa cor RGB, reduzindo automaticamente o contraste em áreas muito claras ou muito escuras para posteriormente facilitar a identificação dos alvos.

3.4.2.2 Processo de representações topológicas

A representação topológica no formato de vetores, é realizada com o objetivo de criar *layers* que representem as feições encontradas nas imagens. Quando as linhas definem polígonos, é necessário executar a poligonalização e o ajuste automático do polígono, para que as extremidades se conectem. Os polígonos auxiliam na delimitação da área de estudo, na identificação das classes temáticas para posterior classificação do uso e ocupação, na identificação da rede de drenagem e outros elementos facultativos de identificação por parte do pesquisador.

3.4.2.3 Processo de segmentação/vetorização de imagens

Para o processo de classificação das imagens, foi utilizado inicialmente a opção de segmentação de imagens, ferramenta disponibilizada no software SPRING. A segmentação

consiste na divisão da imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se por regiões um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade. A divisão em porções consiste basicamente em um processo de crescimento de regiões, de detecção de bordas ou de detecção de bacias. Para definir os critérios utilizados na segmentação das imagens, foram adotados parâmetros diferentes como similaridade. Na parte centro-sul da bacia, foi usado o padrão 20x30 [Similaridade x Área (Pixel)] e para a parte centro-norte foi utilizado padrão 10x30 [Similaridade x Área (Pixel)] para melhor detalhar as matas de galeria.

Após a segmentação da imagem, realizou-se a edição de dados vetoriais. A representação vetorial destes mapas é a maneira mais precisa de representar um objeto geográfico, utilizando-se das entidades básicas como pontos, linhas e áreas (ou polígonos), para definir as classes temáticas, objetos geográficos e amostras (isolinhas e pontos cotados) numéricas. No processo de edição de vetores no SPRING, utilizou-se a edição gráfica através da ferramenta de edição topológica para ajustes do nós e polinização dos polígonos.

Foi realizada a segmentação e vetorização na imagem de 1997, com isso, aplicamos o modelo de vetorização gerado para as imagens de 2007 e 2018, garantindo assim a maior precisão quanto as mudanças da paisagem pois ao identificar nas imagens de 2007 e 2018 as áreas que modificaram-se ao longo dos 30 anos a partir dos vetores de gerados da imagem de 1997, pode ser identificado, analisado e discutido com maior precisão, os processos de uso e ocupação da terra a partir do ano de referência que é 1997.

3.4.2.4 Classificação do Uso e Ocupação da Terra

Para realizar o mapeamento do uso e ocupação da terra, utilizou-se como referência o método proposto pelo IBGE no Manual de Uso e Ocupação da Terra. É importante realizar o mapeamento do uso da terra para identificar as atividades que provocam a modificação da paisagem. Para o levantamento e identificação dos pontos de Uso da Terra foram necessários alguns procedimentos pré e pós-processamento.

Inicialmente, utilizou-se o método de classificação do IBGE para identificação dos usos já existentes na área da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto. O IBGE recomenda representar, no mapa, as unidades de mapeamento antrópicas, levando em consideração a vegetação existente anteriormente em nível de região e, quando possível, em nível de formação.

Após a identificação das possíveis situações que a área de estudo poderia vir a apresentar, foram definidos pontos para a coleta das informações necessárias, tais como: a

identificação da área, registro de coordenadas geográficas, o uso da terra e o registro fotográfico. Tais pontos pré-definidos foram plotados em ambiente SIG, juntamente à imagem de satélite sintetizada e georreferenciada, juntamente com dados vetoriais digitais do estado e municípios relativos a área.

Com o uso do GPS em campo, foram localizados os pontos de controle anteriormente e consecutivamente foi realizado o seu registro em planilha estabelecida com as identificações citadas anteriormente. Assim, com todos os pontos coletados em campo, foram realizadas classificações dos usos identificados, ordenados e geocodificados em um banco de dados digitais georreferenciado.

A classificação foi realizada em ambiente SIG com uso do Software SPRING. Foram definidas as classes temáticas de acordo com a geomorfologia e vegetação existente na área como recomenda as normas de identificação contidas no manual de uso do IBGE, como demonstrado na tabela 04.

Tabela 04 - Descrição das classes de uso e cobertura da terra

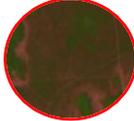
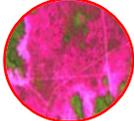
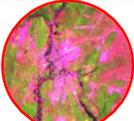
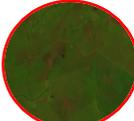
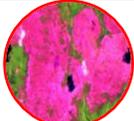
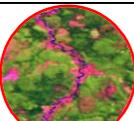
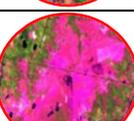
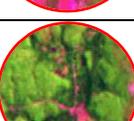
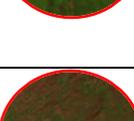
Categoria	Floresta Estacional Semidecidual Submontana / Vegetação Secundária
Sigla	Fs / Vs
Uso ou Característica	Vegetação / Capoeira
Descrição	São floresta ou matas resultantes de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas onde anteriormente houve corte raso da floresta primária. Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente usadas para agricultura ou pastagem, com uma grande perturbação do meio, seja com fogo, corte de madeira ou ventos, e a floresta renasce espontaneamente após o abandono destas atividades.
Categoria	Savana Arborizada
Sigla	As
Uso ou Característica	Vegetação com os aspectos de campo cerrado, cerrado ralo, cerrado típico ou denso
Descrição	Formação natural ou antropizada com predomínio de vegetação herbácea, principalmente gramíneas, e pequenas árvores e arbustos bastante espaçados entre si.
Categoria	Área de Influência Urbana
Sigla	Iu
Uso ou Característica	Áreas urbanizadas

Descrição	Constituídas por áreas compreendidas no perímetro urbano dos municípios com as maiores densidades populacionais em relação as áreas rurais.
Categoria	Silvicultura
Sigla	R
Uso ou Característica	Reflorestamento com Eucalipto
Descrição	São áreas associadas em diferentes níveis às frentes de consolidação/expansão e conversão das áreas naturais para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, industriais, florestais e minerárias.
Categoria	Savana Parque
Sigla	Sp
Uso ou Característica	Formação essencialmente constituída por um estrato graminóide.
Descrição	uma formação savânica caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis e outras com muito destaque
Categoria	Pastagem
Sigla	Ap
Uso ou Característica	Agropecuária
Descrição	São áreas associadas em diferentes níveis às frentes de consolidação/expansão e conversão das áreas naturais para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, industriais, florestais e minerárias.
Categoria	Agricultura
Sigla	Ac
Uso ou Característica	Roças
Descrição	Pequenas roças que margeiam o leito dos corpos hídricos.
Categoria	Culturas cíclicas
Sigla	Acc
Uso ou Característica	Predominância do cultivo de soja e/ou outras culturas
Descrição	Áreas direcionadas a monocultura de ciclo anual, com predominância do cultivo de soja.
Categoria	Áreas de formação pioneira / Vegetação com influência marinha
Sigla	Pm
Uso ou Característica	Restinga

Descrição	Áreas de influência costeira, com potencial social predominantemente baixo, envolvendo a baixada litorânea, áreas de restinga, áreas de dunas e áreas tabulares costeiras.
Categoria	Áreas de formações pioneiras / Vegetação com influência fluvial ou lacustre
Sigla	Pa
Uso ou Característica	Mata ciliar / Área de APP
Descrição	Áreas com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Áreas Institucionais, constituídas pelas áreas protegidas de uso restrito e controlado, previstas em Lei e instituídas pela União, Estado ou municípios. Uso e restrições definidas por legislação específica.

Fonte: Adaptado do Manual Técnico da vegetação brasileira - IBGE (2013).

Quadro 01 - Comportamento espacial do pixel como orientação para classificação do uso e ocupação

Classe	Ano de referência: 1997	Imagem Sintética
Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Vegetação Secundária		
Savana Arborizada		
Área de Influência Urbana		
Silvicultura		
Savana Parque		
Pastagem		
Agricultura (roças)		
Culturas cíclicas (> soja)		
Áreas de formações pioneiras Vegetação com influência fluvial ou lacustre		
Áreas de formação pioneira Vegetação com influência marinha		

Fonte: USGS (2018), amostras em composição colorida 6(R), 5(G), 4(B), Landsat-5. Organização: Elaborado pela autora.

Após identificar o comportamento espacial do pixel, foi possível otimizar a classificação das imagens anteriores a 2018 a partir do padrão existente obtidos com o levantamento dos pontos de controle em campo bem como a evolução dos processos que atuam

transformando a paisagem da Sub-bacia do Rio Preto a partir da análise do uso e ocupação de 1997.

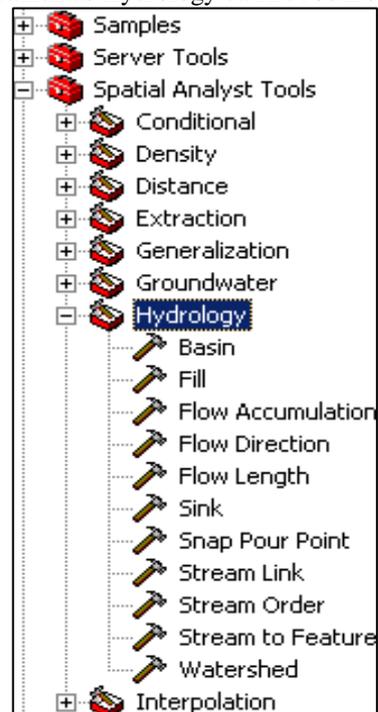
3.4.3 Aspectos físicos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

Os mapas dos elementos físicos foram confeccionados a partir das bases de dados existentes de acordo com a abordagem metodológica descrita a seguir:

Mapa da Hidrografia

Para a extração da rede de drenagem e delimitação da bacia, o mesmo, foi realizado no SIG ArcGis. Utilizou-se os dados de altimetria do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) reamostrados para 30 metros de resolução espacial. Para extração e delimitação da rede de drenagem e delimitação da bacia hidrográfica, foi utilizada a escala de trabalho de 1:250.000 e o programa ArcGis 10.2 licenciado no Laboratório do Grupo de pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP). Todos os processamentos realizados nessa etapa utilizaram as ferramentas que fazem parte do grupo Hydrology, da ArcToolBox Spatial Analyst Tool.

Figura 07 - Grupo de ferramentas Hydrology da ArcToolBox Spatial Analyst Tools



Fonte: ArcGis 10.2 (Licença – GEOMAP)

Para classificação da hierarquia fluvial proposta por Strahler (1952) denomina os menores canais, sem tributários como os de primeira ordem, desde sua nascente até a confluência. Os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem. Quando há o encontro entre dois canais de segunda ordem, surge um canal de terceira ordem, que pode receber tanto tributários de primeira como de segunda ordem. Ao encontrar-se com outro canal de terceira ordem, surge um canal de quarta ordem que poderá receber canais de ordem inferior, e assim sucessivamente. Assim, os canais foram vetorizados entre nós de cruzamento da drenagem. Para cada segmento foi dado um valor referente a ordem a qual o segmento pertence.

Geologia

A geologia é considerada por muitos estudiosos uma das principais responsáveis pela dinâmica que se observa na superfície terrestre concomitante com os processos endógenos que promove constantes mudanças nas características das paisagens.

Para identificar e caracterizar as unidades geológicas da SBHRP utilizou-se a base de dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2012). Esses dados vetoriais estão disponibilizados na escala de 1:750.000.

Mapa Geomorfológico

Elaborado a partir da base de dados do IBGE e Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico (ZEE/MA) na escala de 1:250.000.

Solos e Vegetação

Elaborado a partir da base de dados do IBGE e Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico (ZEE/MA) na escala de 1:250.000.

Dados climatológicos e hidrológicos

Foram obtidos para as três décadas a partir do O BDMEP que é um banco de dados direcionado para as atividades de ensino e pesquisa e outras aplicações em meteorologia, hidrologia, recursos hídricos, saúde pública, meio ambiente. O período utilizado para geração

e tratamento dos dados corresponde ao espaço de tempo compreendido entre os anos de 1997 a 2018.

Declividade

Para o mapeamento da declividade da SBHRP utilizou os dados de declividade disponibilizados no site do INPE através do projeto TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. O mapa de declividade foi elaborado no software Qgis 2.14 e tiveram como base um Modelo Digital de Elevação – MDE. O MDE é um plano de informação que descreve a altitude, ponto a ponto, de uma determinada área. Ele pode ser gerado a partir de diferentes fontes de dados: medidas de campo com GPS em modo diferencial, cartas topográficas ou sensoriamento remoto (Florenzano, 2008b)

O mapa de declividade, objetiva identificar e quantificar a inclinação ou declive do relevo. Essa informação tem sido muito utilizada nas últimas décadas em trabalhos relacionados às ciências da terra, planejamento regional, urbano e agrário, juntamente com outras representações gráficas (DE BIASI, 1992).

Para a construção do mapa de declividade, foi estabelecida as classes de declividade predominantes na área (tabela 05). As classes foram adaptadas da metodologia da Embrapa (1999), a metodologia utilizada divide a declividade em seis classes, que possuem entre si diferentes intervalos. Essas classes definidas possibilitaram qualificar o relevo de acordo com o aspecto que o mesmo exhibe em termos de inclinação em relação ao plano horizontal.

Tabela 05 - Classes de declividade da bacia

Classes	Intervalo de declividade (%)	Características do relevo	Fragilidade do relevo
A	0-3	Plano	Muito fraca
B	3-8	Suave ondulado	Fraca
C	8-20	Ondulado	Média
D	20-45	Forte ondulado	Forte
E	45-75	Montanhoso	Muito forte
F	> 75	Escarpado	Alta

Fonte: Embrapa (1999)

Hipsometria

Para o mapeamento hipsométrico da BHRP utilizou os dados de altitude disponibilizados no site do INPE através do projeto TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil.

3.4.4 Análise integrada da paisagem

A análise integrada da paisagem foi realizada considerando as componentes estudadas a partir de uma visão holística de todo o contexto da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, incluindo os aspectos naturais (geologia, declividade, solo, geomorfologia e uso e ocupação da terra), as ocupações humanas, os seus impactos no território e as interações que modificaram a paisagem.

O método utilizado foi o que se baseia no conceito de Ecodinâmica exposto por Tricart (1977) e adaptado por Crepani et al (1996) em que se analisa de forma integrada elementos como, rocha, relevo, solo, cobertura vegetal, usos do solo e pluviosidade, possibilitando um modelo empírico de vulnerabilidade ambiental. Essa vulnerabilidade é determinada em uma escala que vai de 1 a 3, em que os elementos mais estáveis equivalem a 1, os intermediários 2, e maior vulnerabilidade representam 3.

Nesta pesquisa os elementos analisados de forma integrada foram litologia, relevo, solos, uso e ocupação. O elemento que se sobressai é o solo, aonde por meio da vulnerabilidade aos processos erosivos é possível identificar áreas de vulnerabilidade ambiental.

Os princípios da Ecodinâmica de Tricart (1977) apresenta a escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas, a partir de sua caracterização morfodinâmica que estabelece as seguintes categorias:

Meios estáveis: caracterizados por cobertura vegetal densa, dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas;

Meios intermediários: caracterizados pelo balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas;

Meios fortemente instáveis: caracterizados por condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas; relevo com vigorosa dissecação; presença de solos rasos; inexistência de cobertura vegetal densa; planícies e fundos de vales sujeitos a inundações; e geodinâmica interna intensa.

Para uma melhor compreensão a tabela 06 expõe a relação do método de Tricart (1977) adaptada por Crepani et al (1996, 2001) e como estes serão analisados nesta pesquisa.

Tabela 06 - Adaptação da Ecodinâmica de Tricart e a escala de vulnerabilidade de Crepani

Unidades Ecodinâmicas	Relação pedogênese/morfogênese	Valor na escala de vulnerabilidade
Estáveis	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediários	Equilíbrio entre Pedogênese/Morfogênese	2,0
Instáveis	Prevalece a Morfogênese	3,0

Fonte: Tricart (1977) adaptada por Crepani (1996,2001), organizada pela autora (2019)

Na proposta de Crepani et al. (1996) a vulnerabilidade ambiental é o resultado de uma média ponderada. Essa proposta possui cinco atributos necessários para a obtenção das condições de vulnerabilidade ambiental. Nesta pesquisa foi utilizado somente quatro atributos como exposto anteriormente, e a média ponderada desta análise integrada resultará em um valor aqui chamado de Índice de Vulnerabilidade (IV).

$$IV = (\text{litologia} + \text{relevo} + \text{pedologia} + \text{uso e ocupação}) / 4$$

O quadro 02 apresenta as unidades geoambientais e o valor de cada componente da unidade utilizado.

Quadro 02 - Valores dos elementos das unidades geoambientais SBHRP com base no método de Crepani (1996)

Geologia	Peso
Depósitos Aluvionares - Q2a	3
Depósitos Eólicos Continentais Antigos - N34e	2
Grupo Barreiras - N12b	3
Grupo Itapecuru - K12it	2
Formação Codó - K1c	2
Geomorfologia	Peso
Planalto Dissecado do Itapecuru	3
Lençóis Maranhenses	2
Tabuleiros de Chapadinha	3
Solo	Peso

Argissolos Vermelho-Concrecionários	1
Latossolos Amarelos	1
Neossolos Quartzarênicos	3
Plintossolos Argilúvicos	2
Plintossolos Pétricos	2
Uso e Ocupação	Peso
Mosaico de savana arborizada e savana parque	1
Área de influência urbana	2
Silvicultura	3
Mosaico de pastagem, agricultura e agropecuária	3
Culturas cíclicas	3
Restinga	2
Vegetação secundária	2
Declividade	Peso
0 – 3 % (Plano)	1
3 - 8 % (Suave ondulado)	1
8 - 20 % (Ondulado)	2
20 – 45 % (Forte ondulado)	3

Fonte: Dados da pesquisa, 2019

O quadro acima identifica as unidades que receberam pesos de 1 a 3. A contribuição da Geologia para a análise integrada compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra e o grau de coesão das rochas, onde em rochas pouco coesas, devem prevalecer os processos erosivos, modificadores das formas de relevo (morfogênese), enquanto, em rochas bastante coesas, devem prevalecer os processos de intemperismo e formação de solos (pedogênese) (CREPANI et al., 2001).

O tema solo, segundo a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), considera o solo e seu grau de maturidade como produtos diretos do balanço entre a morfogênese e a pedogênese. Solos desenvolvidos, intemperizados e envelhecidos são encontrados em unidades da paisagem estáveis, onde os eventos naturais favorecem os processos de pedogênese. Solos jovens, pouco desenvolvidos são encontrados em unidades da paisagem vulneráveis, onde prevalecem os processos modificadores do relevo (morfogênese), com predomínio dos

processos de erosão em detrimento dos processos de formação e desenvolvimento do solo (CREPANI et al., 2001).

Os solos Neossolos Quartzarênicos são vulneráveis e receberam peso 3, apesar da aparente profundidade uma vez que a forte presença de areia além dos baixos teores de matéria orgânica e argila proporcionam a diminuição da capacidade de agregação entre as partículas deste tipo de solo. Em consequência disto, são facilmente erodidos por deflação (MEDEIROS; PEREIRA; ALMEIDA, 2012).

Os Latossolos Amarelos, normalmente associados são associados às unidades de paisagem natural estáveis, foram atribuídos valores iguais a 1,0 na escala de vulnerabilidade, conforme sugestão de Crepani et al. (2001). São solos pouco suscetíveis aos processos erosivos, bem desenvolvidos, profundos, bastante porosos e permeáveis, os quais apresentam horizonte B latossólico caracterizado por avançado estágio de intemperismo, formação de argila de baixa atividade, capacidade de troca catiônica baixa, boa agregação, estrutura comumente granular e com pouca ou nenhuma acumulação de argila iluvial (GUERRA; BOTELHO, 1998).

Os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à relação textural presente nestes solos, que implica em diferenças de infiltração dos horizontes superficiais e subsuperficiais. No entanto, os de texturas mais leves ou textura média e de menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, sendo, portanto, menos suscetíveis à erosão e recebeu peso 1 (EMBRAPA, 2006).

A avaliação da vulnerabilidade relacionada ao tema Geomorfologia consistiu na atribuição relativa e empírica de valores de 1,0 a 3,0 aos padrões de relevo. Os valores atribuídos foram baseados nas características dos padrões de relevo. Conforme Crepani et al. (2001), os valores foram atribuídos considerando as planícies e os terraços de origem fluvial, marinha ou lacustre, receberam valores 2 quando em áreas de relevo plano e estável. Já planícies e áreas sujeitas a inundação e de intensa morfodinâmica, nas quais os processos de morfogênese predominam sobre a pedogênese, receberam o valor 3, por serem instáveis, apesar do relevo plano. Para a declividade foi atribuído valor de 1 a 3 considerando que a velocidade da erosão é proporcional ao declive do terreno.

Assim, para além do estudo de elementos físicos presente na análise foi considerado outros aspectos como demografia, estrutura socioeconômica que possibilitaram discutir o sentido integrado objetivo do trabalho.

3.5 Materiais, Equipamentos e Softwares utilizados

Foram utilizados os seguintes softwares para processamento das informações, dados cartográficos e imagens:

- a) **GPS Track Maker versão 13.9:** para tratamento dos dados obtidos pelo GPS.
- b) **GPSMAP Garmin 62S:** geolocalização, coleta de pontos de controle e mapeamento de percurso através de trilhas e rotas.
- c) **SPRING versões 4.3.3 e 5.3:** Registro de imagens, vetorização e classificação das imagens.
- d) **Quantum Gis (Qgis) versão 2.14.11-Essen e 3.0 Girona:** Processamento das imagens e elaboração dos mapas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se neste item os resultados alcançados na pesquisa. Desta forma, realiza-se a caracterização fisiográfica da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto a partir dos trabalhos de campo associado aos trabalhos realizados durante o planejamento da pesquisa, levantamento bibliográfico e levantamento cartográfico.

4.1 Caracterização dos aspectos físicos na SBHRP

Em qualquer estudo ambiental integrado e sistêmico a compreensão do meio físico constitui-se no fundamento para o entendimento dos demais meios, visto que a utilização dos recursos naturais do meio físico é a base primária que reúne condições que possibilitam a sustentação do meio biótico e social, isto é, o meio físico é o principal, o qual pode existir sem o meio biótico e ou social, entretanto o inverso é impossível.

Para gerenciar bacias hidrográficas é necessário ter como condição básica o conhecimento de suas características físicas. Tal conhecimento é de grande utilidade prática, pois, segundo Villela e Matos (1975), permitem conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico. Os dados físicos são todos aqueles que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas, base de dados e imagens de satélite Tucci (2004) e são caracterizadas pelas suas características fisiográficas como tipo de solo, geomorfologia, geologia, clima, tipologias de uso e ocupação, cobertura vegetal, regime fluviométrico e pluviométrico, fatores que contribuem para a disponibilidade hídrica numa bacia, que é o principal aspecto de uma bacia hidrográfica (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2017).

A caracterização física da bacia foi realizada a partir da análise dos elementos como geologia, geomorfologia, pedologia, uso e cobertura, declividade, hipsometria, detalhadas nos subcapítulos a seguir.

4.1.1 Hidrologia

Conhecer a dinâmica da drenagem das bacias hidrográficas é fundamental para entender o funcionamento dos sistemas que estas estão inseridas. Para um eficiente gerenciamento e gestão desses recursos, é necessário que os estudos ambientais em bacias hidrográficas forneçam dados capazes de subsidiar o planejamento ambiental.

A rede de drenagem pode ser analisada a partir de diversos critérios, tais como: as nascentes, cursos d'água, planícies de inundação, textura da drenagem, tipo de drenagem, hierarquia fluvial, entre outros. Neste item, realizou-se análise a partir do método de Strahler (1952). A identificação se inicia com os rios de 1ª ordem, que são aqueles que não recebem nenhum afluente. Dois rios de primeira ordem já bastam para que a partir de sua confluência, seja formado um rio de segunda ordem. A confluência de dois rios de segunda ordem define um de terceira e assim por diante. Quando dois rios de ordens hierárquicas diferentes se juntam, prevalece a maior ordem, para tanto, utilizou-se o software SPRING para obtenção dos dados relativos à drenagem da bacia.

A área Sub-bacia do Rio Preto corresponde a todo o espaço territorial drenado pelo sistema fluvial localizada sob os domínios geomorfológicos dos Tabuleiros de Chapadinha, Lençóis Maranhenses e Planalto Dissecado do Itapecuru, apresenta uma hierarquia fluvial de 8ª ordem, considerando a escala 1:250.000. O comprimento total dos canais é de 8.448,06 km, distribuídos por 15.929 cursos d'água. Destes, 7.962 canais são de 1º ordem, correspondendo a 49,98% do comprimento dos canais da bacia. Os dados encontram-se sintetizados na tabela 07 que segue:

Tabela 07 - Hierarquia dos canais fluviais sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.

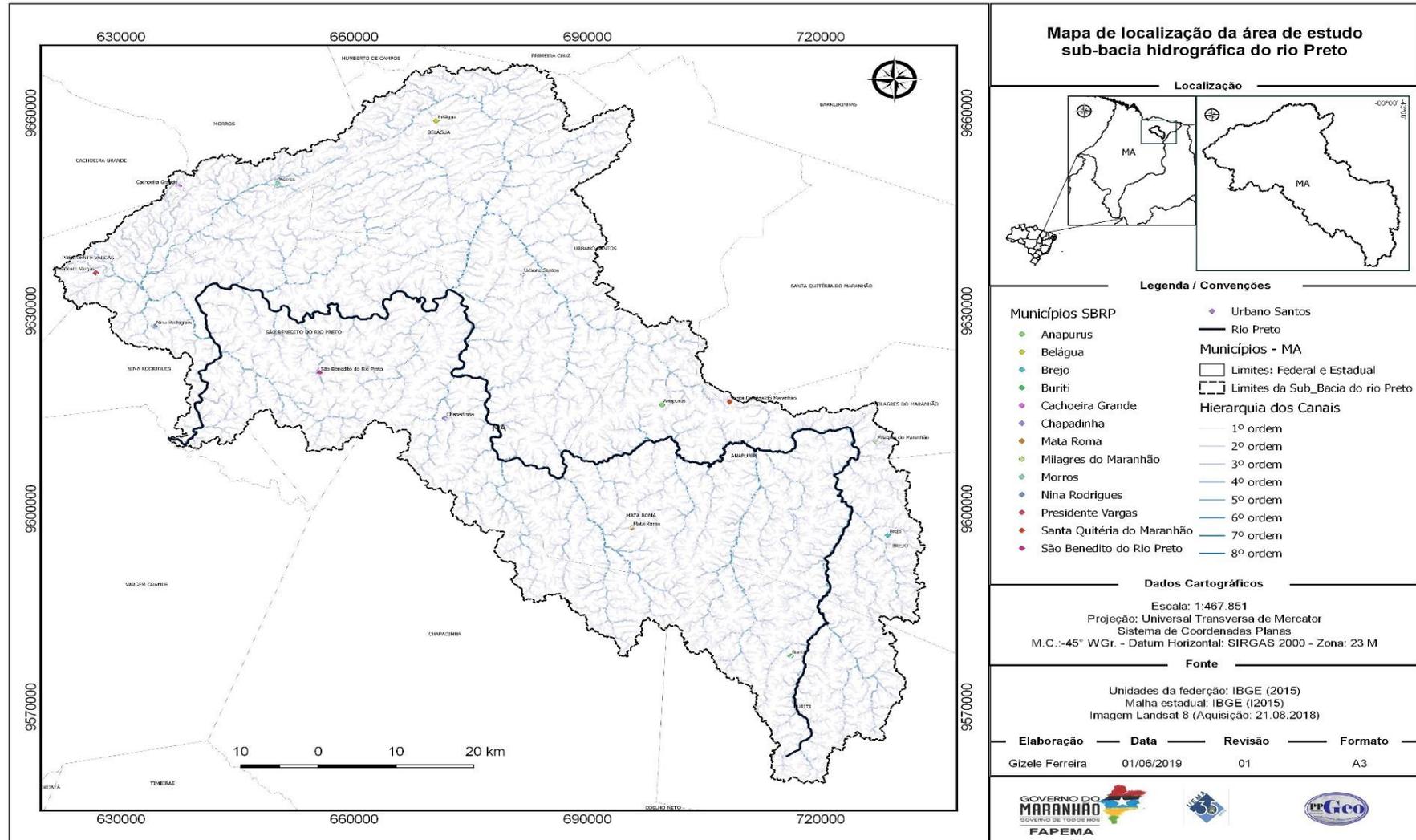
Hierarquia dos canais	Comprimento (km)	Segmento dos Canais	% de cada ordem
1º Ordem	4.334,44	7.962	49,98
2º Ordem	2.053,41	3.670	23,04
3º Ordem	1.005,28	1920	12,05
4º Ordem	471,51	986	6,19
5º Ordem	238,43	579	3,63
6º Ordem	147,43	371	2,33
7º Ordem	109,35	262	1,64
8º Ordem	88,22	179	1,12
Total	8.448,06	15.929	100

Fonte: Dados obtidos pelo software SPRING. Organização: Elaborado pela autora.

O levantamento das características de uma bacia hidrográfica é essencial para análises hidrológicas ou ambientais e objetiva compreender o funcionamento da dinâmica ambiental da bacia em questão. Além da hierarquia fluvial ser um dos principais parâmetros morfométricos pois estabelece ordem e grau de diversos cursos d'água dentro da bacia gerar uma série de informações a partir dos principais dados que os cursos hídricos podem oferecer. É importante destacar que, deve-se considerar a própria morfologia da região, seus aspectos

geológicos, pedológicos, bem como o uso da terra. Entender essa dinâmica como um sistema, é possível estabelecer a relação dessas variáveis e a disponibilidade hídrica, podendo esta ser modificada para mais ou para menos, estando sempre condicionada aos processos atuantes no contexto da região. A figura 08 detalhe a distribuição espacial dos corpos hídricos por sua ordem hierárquica:

Figura 08 - Mapa da rede fluvial da bacia hidrográfica do Rio Preto - MA.



Fonte: SRTM (2018).

As análises geomorfométricas realizadas foram baseadas nos conceitos referentes a cada variável, no que nos fornece a literatura sobre geomorfometria e na identificação das informações geoambientais passíveis de serem adquiridas a partir de cada uma delas. Assim, foram obtidos resultados relativos à área da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.

Para obtenção dos dados geomorfométricos, durante o desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes parâmetros:

Área da Bacia: 5.235,61 km²

Perímetro da Bacia: 786 km.

Considerando a área e o perímetro da bacia como variáveis básicas para análise, combinada com outras variáveis, serviu para demonstrar que quanto maior a área e perímetro da bacia, maior será o investimento para monitoramento considerando a existência de uma grande diversidade de ecossistemas na bacia. A extensão do rio principal (Figura 09), 266 km, permitiu verificar a ocorrência de áreas de nascente que deveriam ser preservados, pois constitui-se de proteção permanente e são prioritárias para a conservação e melhor planejamento e gestão da bacia estudada.

Figura 09 - Rio Preto nas proximidades do povoado Bueno Aires – Urbano Santos – MA.



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Segundo estudo realizado em 2006 pela CEPEMAR (apud SILVA JÚNIOR, LUZ e BEZERRA, 2012, p. 89) afirma que:

As principais fontes de degradação encontradas na Bacia do Munin são: desmatamento das matas ciliares causando assoreamento, lançamento de esgotos domésticos “in natura”, e de esgotos sanitários, despejos industriais, exploração irregular de areia, criação extensiva de animais, inexistência de infraestrutura, falta de saneamento básico nos municípios, ocupação urbana desordenada, erosão do solo e lançamento de resíduos sólidos nos cursos d’água, causando elevado índice de ocorrência de doenças por veiculação hídrica.

Diante disso, constatou-se também que:

A Bacia hidrográfica do rio Munin tem vivenciado um forte crescimento econômico como resultado da exploração dos seus recursos naturais. Esse crescimento tem proporcionado grande impacto na flora e na fauna, sendo também causa de profundas mudanças nos padrões socioculturais da região. Além das alterações diretas das mudanças na cobertura vegetal, o modelo agrícola utilizado, com tecnologias que agregam grandes quantidades de agroquímicos, representa um conjunto de fatores que conduzem às principais causas de impactos negativos decorrente da ocupação dessas áreas. (CEPEMAR, 2006 apud SILVA JÚNIOR, LUZ e BEZERRA, 2012, p. 89)

Identifica-se na área de estudo a expansão do eucalipto e da soja bem como conflitos pelo uso da terra. As transformações ocorridas na área de estudo têm trazido para a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, alterações que tem comprometido os sistemas ambientais que compõe esse sistema.

Ordenamento dos Canais (Sistema de Strahler): A bacia estudada apresentou ordenamento dos canais até 8º ordem (Tabela 08). **Segmento de Canais:** 15.929. Já a hierarquia fluvial ou ordenamento dos canais caracteriza-se por estabelecer a classificação dos cursos d’água da área drenada que fazem parte na totalidade de composição da bacia. (Christofolletti 1980). O estudo da hierarquia hidrográfica possibilita fazer uma análise de reconhecimento completa, inclusive demonstrando que quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior é a fragilidade da paisagem, pois os mesmos indicam maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos.

Tabela 08 - Hierarquia dos canais fluviais e % de ocupação

Hierarquia dos canais	% de cada ordem
1º Ordem	49,98
2º Ordem	23,04
3º Ordem	12,05
4º Ordem	6,19
5º Ordem	3,63

6° Ordem	2,33
7° Ordem	1,64
8° Ordem	1,12
Total	100,00

Fonte: Dados obtidos pelo software SPRING. Organizado pela autora (2018)

Extensão do rio principal: \cong 266 km da sua nascente até a foz. **Distância vetorial da nascente à foz do rio principal:** 90 km, traçando uma linha reta, da nascente até a foz.

Densidade Hidrográfica: Foi obtida pela relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e área da bacia hidrográfica, expressa pela fórmula: $Dh = \frac{N}{A}$ em que, Dh = Densidade hidrográfica; N = Número de rios ou canais; A = Área da bacia em km², o resultado encontrado foi de **3,04 rios/km**. Esse parâmetro possibilita identificar as propriedades hidrográficas do substrato rochoso e das formações superficiais no que se refere à permeabilidade do terreno. Baixas densidades mostram que o substrato é rochoso, enquanto altas densidades mostram um substrato mais permeável. Christofletti (1969) indica a utilização de (N) como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1952), com a justificativa de que isso produz resultados mais precisos sobre o comportamento hidrológico da bacia. Lollo (1995) aponta uma classificação da densidade hidrográfica em faixas de valores apresentados na tabela 09.

Tabela 09 - Classificação da densidade hidrográfica (Dh) de bacias

Dh (*N1/km²)	Denominação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito Alta

***N1 = Comprimento dos rios de primeira ordem conforme Strahler (1952).**

Fonte: Lollo (1995).

A densidade hidrográfica obtida foi 3,04 rios/km², ou seja, em uma área de 1 km² tem-se 3,04 km de comprimento de canais. Os dados indicam, portanto, que a bacia pesquisada apresenta uma densidade hidrográfica média. A densidade hidrográfica auxilia no comportamento hidrológico da área pesquisada pois determinou a capacidade média da bacia em gerar novos cursos d'água.

Densidade de Drenagem: obtida a partir do comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica dada pela fórmula $Dd = \frac{L}{A}$. Para Christofolletti (1969), os parâmetros de interpretação são demonstrados conforme tabela 10.

Tabela 10 - Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem.

Classes de valores (km (km ²) ⁻¹)	Interpretação
< 7	Baixa densidade de drenagem
Entre 7,5 e 10,0	Média densidade de drenagem
> 10	Alta densidade de drenagem

Fonte: Christofolletti (1969)

A Densidade de Drenagem (Dd) é um parâmetro essencial para determinar o grau de dissecação topográfica das paisagens criadas a partir da atuação fluvial ou a quantidade de canais disponíveis para o escoamento. A permeabilidade do terreno é maior quanto menor for o valor encontrado para a Dd e é menor quanto maior for o valor da Dd. Nas rochas e regolitos, onde a infiltração é menor o escoamento superficial é mais destacado, o que gera maior possibilidade de formação/abertura de canais superficiais, o que eleva o valor da Dd (MACHADO e SOUZA, 2005). Verifica-se que a Dd apresenta relação direta com outros elementos da área da bacia, como por exemplo, a cobertura vegetal, a rugosidade superficial (amplitude altimétrica) e o índice de escoamento. Villela e Mattos (1975), indica que esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km², ou mais, em bacias bem drenadas. Diante disso, o cálculo da densidade de drenagem foi importante para analisar a área da bacia pois apresentou o valor de 1,61 rios/km² caracterizando um baixo potencial de drenagem. Ou seja, quanto maior for o índice de densidade drenagem, o escoamento superficial se dará mais rápido.

De acordo com Christofolletti (1981), áreas com intensa densidade hidrográfica e de drenagem são favoráveis a ter processos erosivos mais intensos e necessitam de maiores cuidados para conservação das matas ciliares.

Amplitude Altimétrica e declividade: foi analisada a partir da altura representada pelo desnível entre o ponto mais baixo da bacia (fóz) e o ponto de maior altitude, expressa em metros. (STRAHLER, 1952). Um valor aproximado da declividade de um curso de água pode ser obtido pelo quociente entre a diferença de suas cotas extremas e sua extensão horizontal.

Na amplitude altimétrica, a declividade é a principal variável que determina a velocidade do escoamento superficial dos cursos d'água. Segundo Villela e Mattos (1975 apud TEODORO, et al., 2006), a declividade afeta o tempo de concentração d'água da chuva nos leitos dos cursos d'água sendo que os episódios de enchentes, infiltração e susceptibilidade para a erosão dos solos dependem da velocidade o escoamento da bacia. A amplitude altimétrica encontrada para a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto foi de 98 m e apresentou declividade de até 34.06%.

Índice de rugosidade topográfica: obtido a partir da relação entre a amplitude altimétrica e a densidade da drenagem, $Rt = H * Dd$. O índice de rugosidade topográfica serve para mostrar os riscos de erosão além de contribuir para o plano de manejo e de uso correto dos solos. A SBH do Rio Preto apresenta rugosidade de 40, considerado fraco por Sousa e Rodrigues (2012), que estabelecem valores de Ir inferiores a 150 m, com sendo fraco e com declividade média em torno de 3%. Portanto a bacia apresenta de maneira geral baixa suscetibilidade erosiva devido a escoamentos superficiais moderados.

Coefficiente de Compacidade (Kc): dado pela relação entre o perímetro da bacia e o círculo da área igual à da bacia. Este coeficiente é um número que varia, conforme a forma da bacia, sem depender de seu tamanho. Portanto, quanto mais irregular a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. A equação utilizada na obtenção do Coeficiente de Compacidade é de Villela e Mattos (1975 apud TEODORO et al., 2006): $Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$. Quanto mais próximo da unidade (K=1) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo, podendo ser resumido da seguinte forma: De 1,00 a 1,25 - bacia com alta propensão a grandes enchentes; de 1,25 a 1,50 - bacia com tendência mediana a grandes enchentes e; maior que 1,50 - bacia não sujeita a grandes enchentes. A partir dos resultados encontrados, foi possível verificar que a Sub-bacia do Rio Preto é pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, uma vez que apresenta coeficiente de compacidade de 3,04 não apresentando potencial para tais ocorrências.

O Coeficiente de Manutenção (Cm): é o inverso da densidade de drenagem. Calcula-se esse coeficiente para se obter a área necessária para se manter 1 metro de canal de escoamento fluvial. O parâmetro coeficiente de manutenção fornece uma estimativa da área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente. Ele é calculado através da densidade de drenagem, ou seja, $Cm = 1 \div Dd \times 1000$, o resultado é dado em m²/m. Obtêm-se o valor em metros quadrados para cada metro linear de curso fluvial.

O interesse em produzir esse dado, assim como o próprio dado de densidade de drenagem é a possibilidade de se comparar bacias hidrográficas, em que atributos de formações superficiais, solos e rochas, podem ser apreciados quanto às suas determinações morfométricas e hidrológicas em bacias hidrográficas. A influência da espessura, permeabilidade e porosidade desses materiais, dentre outros dados, podem ser avaliadas e comparadas por meio desse parâmetro, que é o inverso da Densidade de drenagem. O coeficiente de manutenção também pode auxiliar, em alguns casos, na interpretação de degradação de áreas, quando levantado evolutivamente, em detalhe e em áreas próximas a nascentes. Assim, o coeficiente de manutenção da sub-bacia do Rio Preto é de 621,11 m²/m.

É importante destacar que todas as características geomorfológicas, geológicas, composição do solo, o uso e ocupação da terra, são os fatores que influenciam diretamente na manutenção desses canais de escoamento. À medida que as configurações originais desses sistemas ambientais são modificadas pela ação do homem assim como as transformações naturais da sub-bacia, a capacidade de armazenamento da água pluvial é modificada para mais ou para menos, pois, as características originais de permeabilidade são alteradas dentro desse sistema.

A tabela 11 detalha os parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.

Tabela 11 – Parâmetros morfométricos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS VARIAÇÕES	
Hierarquia da sub-bacia	8º Ordem
Densidade de Drenagem (Dd)	1,61 rios/km ²
Densidade hidrográfica (Dh)	3,04 rios/km
Coeficiente de Manutenção (Cm)	621,11 m ² /m
Índice de Sinuosidade (Is)	2,95
Coeficiente de compacidade (Kc)	3,04
Fator de forma (Kf)	0,64
Índice de circularidade (IC)	0,1
Gradiente do canal principal	42,48%
Índice de Rugosidade (Ir)	40
Altitude Mínima (m)	15 m
Altitude Média (m)	113 m

Altitude Máxima (m)	64 m
Amplitude Altimétrica	98 m
Relação de Relevo (Rr)	0,66 m/km
Comprimento do rio Principal (Lp)	266 km
Comprimento total da rede de drenagem (Lt)	8.448,06 km
Área total (A)	5.235,61 km ²
Perímetro total (km)	786 km
Declividade (%)	34,06%

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Índice de sinuosidade: É a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (ALVES; CASTRO, 2003). A expressão para o cálculo do Índice de sinuosidade é dada por $I_s = L/D_v$, onde o resultado é dado pela divisão do comprimento do canal principal pela distância vetorial do canal principal. O Índice de sinuosidade próximo a 1 indicam que os canais tendem a serem retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares, dessa forma, o Rio Preto possui um canal tortuoso com $I_s=2,95$, esse tipo de canal não favorece um maior transporte de sedimento

Fator de forma (Kf): Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia, podendo ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia. Podem atuar também sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia. O fator de forma pode ser descrito pela seguinte equação (VILLELA; MATTOS 1975): $K_f=A/L^2$, em que Kf é o fator de forma, A é a área da bacia em km² e L é o comprimento axial da bacia em km. Uma bacia com fator de forma baixo indica que ela é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (Villela & Mattos, 1975).

Tabela 12 - Classes de interpretação para os valores do Fator de forma (Kf)

Classes de valores (Kf)	Interpretação
1,00 – 0,75	Bacia com alta propensão a enchentes
0,75 – 0,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
< 0,50	Bacia não sujeita a enchentes

Fonte: Villela & Mattos, 1975

A SBHRP possui Kf de 0,64, indicando uma sub-bacia com tendências medianas a enchentes.

Índice de circularidade (IC): Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade à medida que a bacia se aproxima a forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada, segundo a equação (CARDOSO et al., 2006): $IC = 12,57 * (A/P^2)$, onde, A corresponde a área de drenagem e P o perímetro. O IC da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto foi de 0,1, indicando que a sub-bacia apresenta uma forma de proporções alongadas.

O gradiente de canais (Gc): é dado pela relação entre a altitude máxima da bacia e o comprimento do canal principal. Este índice tem por finalidade indicar a declividade dos cursos d'água da bacia (Horton, 1945; Freitas, 1952), cujo valor encontrado para o gradiente da área estudada foi 42,48% de declividade.

A relação de relevo (Rr): é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal. Segundo Schumm (1956), quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, consequentemente maior será a declividade média da bacia. O índice encontrado foi de 0,66 m/km, ou seja, um desnível e declividade média baixa.

Os corpos de água da sub-bacia do Rio Preto obedecem ao regime pluviométrico da região e dependem do volume das chuvas para sua maior ou menor vazão.

Figura 10 - Rio Preto no município de Urbano Santos – MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

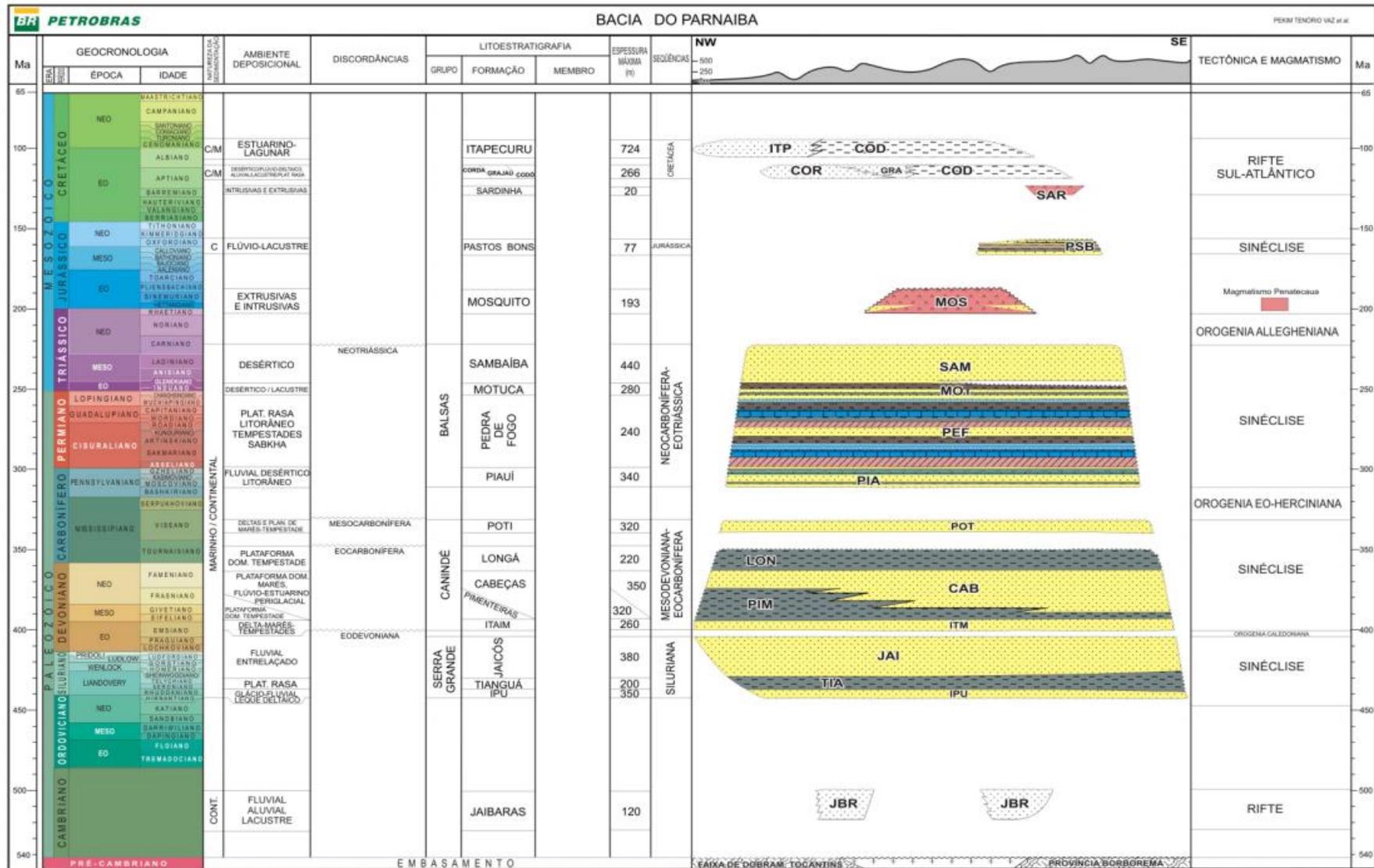
4.1.2 Contexto Geológico

A Bacia do Parnaíba abrange uma área de aproximadamente 600 mil km² da porção noroeste do Nordeste do Brasil. Compreende uma área sedimentar que engloba os estados do Maranhão, Piauí, Tocantins, Pará Ceará e Bahia, Cruz (2016), com esboço estratigráfico proposto por Vaz et al. (2007) .

A Sub-bacia do Rio Preto está situada sobre as unidades litoestratigráficas representadas na figura 11. A escala utilizada foi a de 1:750.000 a partir da compilação do mapa geológico apresentado pela CPRM (2012). São elas:

- a) Depósitos Aluvionares - Q2a
- b) Depósitos Eólicos Continentais Antigos - N34e
- c) Grupo Barreiras - N12b
- d) Grupo Itapecuru - K12it
- e) Formação Codó - K1c

Figura 11 - Diagrama estratigráfico da Bacia do Parnaíba



Fonte: (Vaz et al., 2007).

Depósitos Aluvionares - Q2a

Segundo CPRM (2013), os Depósitos Aluvionares datados do Cenozoico são constituídos por areias e argilas que estão sendo transportadas e depositadas pelos rios e igarapés desde os últimos 10 mil anos. Os Depósitos Aluvionares que constituem os sedimentos clásticos inconsolidados, relacionados às planícies aluvionares atuais dos principais cursos d'água são, basicamente, depósitos de planícies de inundação. Destacam-se por sua , associadas ao sistema fluvial e são, de modo geral, constituídos por sedimentos arenosos e argilosos, com níveis de cascalho e matéria orgânica, inconsolidados e semiconsolidados (CPRM, 2011). Estão inseridos nesse contexto geológico os municípios de Anapurus, Nina Rodrigues, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Morros, Chapadinha, Mata Roma, Buriti, Milagres do Maranhão e Brejo.

Depósitos Eólicos Continentais Antigos - N34e

Os Depósitos Eólicos Continentais Antigos (figura 12), localizados na região nordeste do Maranhão, são caracterizados por campos de dunas fixas constituídos por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas e maduras. Desde o Pleistoceno Médio, há cerca de 120 mil anos (máximo da última transgressão marinha) até os dias de hoje, houve a formação dos Depósitos Eólicos Continentais Antigos, na região nordeste do estado do Maranhão, os quais são caracterizados por campos de dunas fixas constituídos por areias esbranquiçadas, de granulometria fina a média, bem selecionadas e maduras (SANTOS; SILVA, 2009; VEIGA JÚNIOR, 2000).

Figura 12 - Depósitos Eólicos Continentais Antigos



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Esse domínio geológico se apresenta nas regiões da bacia que compreendem os

municípios de Belágua, Morros, Cachoeira Grande, Presidente Vargas, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos, Anapurus, Santa Quitéria do Maranhão e Milagres do Maranhão.

Grupo Barreiras - N12b

A Formação Barreiras surge no nordeste do Estado formando tabuleiros isolados nas bacias do Gurupi e Pindaré. São arenitos pouco consolidados, vermelhos, algumas vezes sílticos com intercalação de caulim, constitui uma cobertura sedimentar terrígena continental e marinha (ARAI, 2006), de idade miocênica a pleistocênica inferior (SUGUIO; NOGUEIRA, 1999; VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001).

O Grupo Barreiras é composto por uma sequência de sedimentos detríticos, siliciclásticos, de origem fluvial e marinha (ARAI, 2006), pouco ou não consolidados, mal selecionados, de cores variadas (VILAS BOAS, 1996; VILAS BOAS; SAMPAIO; PEREIRA, 2001), variando de areias finas a grossas, predominando grãos angulosos, argilas cinza-avermelhadas, com matriz caulínica e ocorrência escassa de estruturas sedimentares (MABESSONE et al., 1972; BIGARELLA, 1975; LIMA, 2002).

Nunes; Silva. (2011), discute o que segue:

O Grupo Barreiras, por ter se depositado praticamente ao longo de toda costa brasileira devido a forças tectônicas continentais e a pulsos climáticos terciários e quaternários, possui a contribuição de materiais-fonte variados, foi depositado em diversas condições de relevo e em plataformas continentais com extensões distintas, o que oportunizou a formação de diferentes rochas sedimentares e com maturidades mineralógicas e texturais díspares. (NUNES; SILVA, 2011, p.28).

Os municípios que fazem parte dessa formação geológica estão espacializados nas regiões da bacia que compreendem os municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Brejo, Milagres do Maranhão, Nina Rodrigues e Buriti.

Grupo Itapecuru - K12it

A formação Itapecuru (Figura 13) é datada do Cretáceo superior é constituída de arenitos finos, sílticos, amarelo-acinzentados, argilosos, calcíferos, com restos de plantas; intercalam-se; folhelhos sílticos, chocolates, calcíferos; arenito médio, branco amarelado, friável; arenito argiloso fino a grosseiro, com estratificação cruzada côncava; superiormente arenito fino, rosa claro, com estratificação cruzada e pontos dispersos de matéria orgânica. O

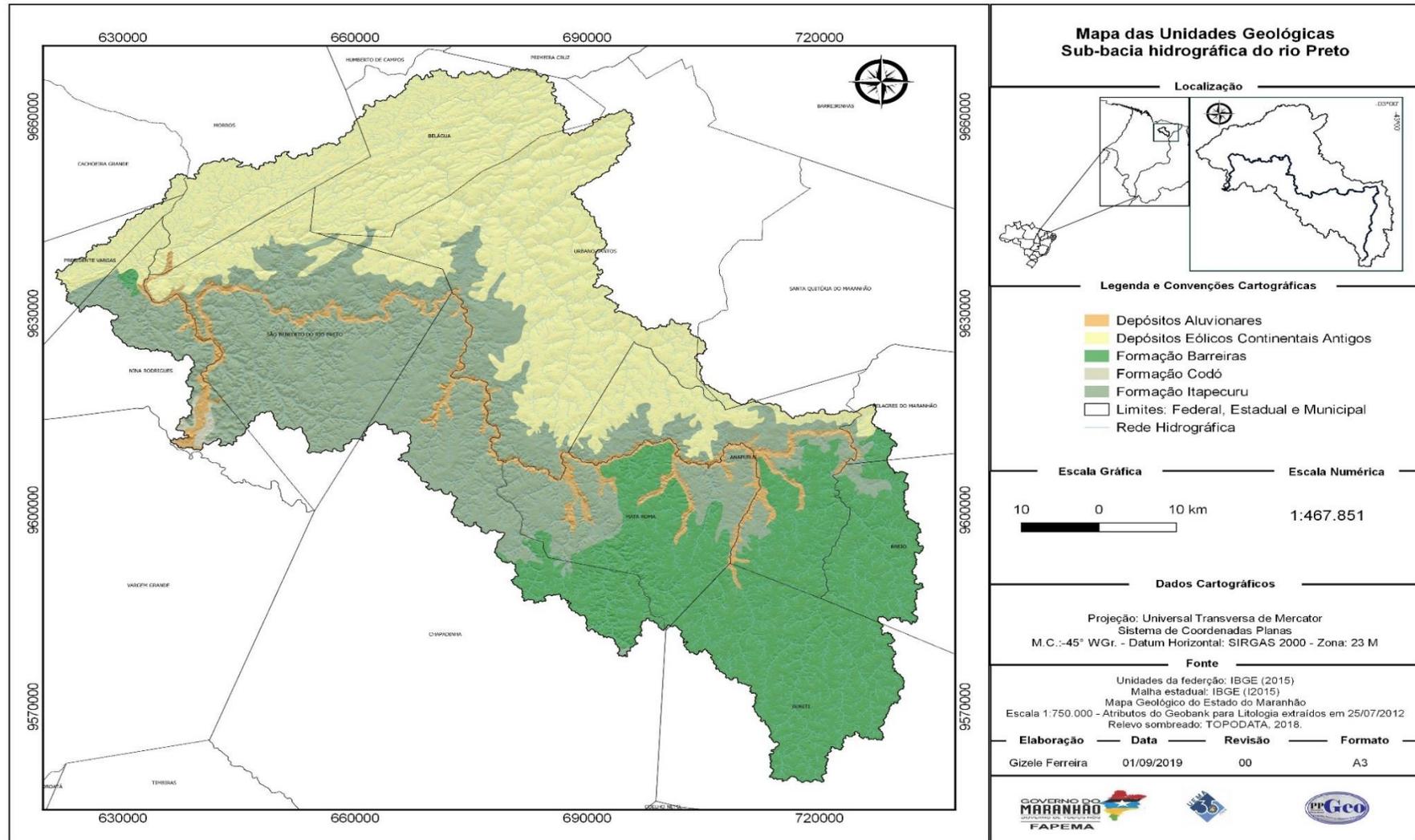
termo Itapecuru foi inicialmente utilizado por Lisboa (1914) que denominou de Camadas Itapecuru os sedimentos aflorantes nos vales dos rios Itapecuru e Alpercatas, ao norte da cidade de Pastos Bons, posicionando-os, com dúvidas, no Permiano. Para a área de estudo os seguintes municípios estão inseridos nessa formação geológica: Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Brejo, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Nina Rodrigues e Presidente Vargas. A distribuição espacial pode ser verificada na tabela 13.

Figura 13 - Formação Itapecuru na bacia hidrográfica do Rio Preto – São benedito do Rio Preto - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 14 - Mapa de unidades geológicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto - MA



Fonte: CPRM (2012)

Formação Codó - K1c

O termo Formação Codó foi utilizado inicialmente por Campbell, Almeida e Silva (1949) para denominar a unidade estratigráfica constituída de folhelhos betuminosos, calcários, lentes e concreções de gipsita, que ocorrem acima da Formação Corda e sob a Formação Itapecuru, ela aparece no vale dos rios Itapecuru, Mearim e afluentes. Constituem-se de conglomerados, folhelhos, calcários, gipsita, arenitos e siltitos.

Segundo LIMA (1982):

A Formação Codó, unidade estratigráfica de idade cretácea que ocorre na Bacia do Maranhão, tem sido objeto de interesse quase que permanente por parte dos pesquisadores. Várias razões explicam a atenção despertada. Em primeiro lugar, salienta-se a sequência sedimentar característica, considerada como potencialmente importante no processo de geração de hidrocarbonetos. A ocorrência de grandes depósitos de gipsita e calcário constitui sem dúvida, outra razão de interesse permanente. Sob o ponto de vista científico, a formação é também importante, chegando mesmo a representar a unidade mais fossilífera da sequência mesozoica da bacia. A Formação Codó compreende uma sequência de folhelhos, calcários e evaporitos intercalados, que cobre uma área de cerca de 170.000 km² no norte do Estado do Maranhão. Sobrepõe-se em discordância erosiva à Formação Grajaú, sendo por sua vez, recoberta pelos arenitos da Formação Itapecuru. Seus sedimentos encontram-se em atitude horizontal a sub-horizontal. Sua espessura máxima é da ordem de 180 m. (LIMA, 1982. p. 116)

Estruturalmente a Formação Codó foi pouco afetada por movimentos tectônicos. Seus sedimentos são praticamente horizontais em observações de caráter local e regionalmente observa-se mergulhos suaves em direção à região centro-oeste da bacia que essa formação está inserida (LIMA, 1982). Na área de estudo a Formação Codó está localizada na região Oeste, mais especificamente na região da bacia que compreende o município de Nina Rodrigues.

Tabela 13 - Formação Geológica da Sub-bacia do Rio Preto e sua distribuição espacial

Unidades litoestratigráficas	Sigla	Área em (km²)	Área em (%)
Depósitos Aluvionares	Q2a	252,26	4,82%
Depósitos Eólicos Continentais Antigos	N34e	1944,86	37,15%
Grupo Barreiras	N12b	1381,93	26,39%
Grupo Itapecuru	K12it	1644,51	31,41%
Formação Codó	K1c	12,05	0,23%
Total		5.235,61	100,00%

Fonte: CPRM (2012). **Organização:** A autora (2018).

4.1.3 Contexto Geomorfológico

A geomorfologia possui um importante papel no estudo integrado da paisagem, podendo, através de metodologias adequadas como o mapeamento geomorfológico, contribuir de maneira sistemática para os estudos do planejamento ambiental (GUERRA; MARÇAL, 2010). Segundo Casseti (1991), a Geomorfologia constitui elemento integrante da análise geográfica e responsável pela compreensão do comportamento do relevo. Quanto ao papel do homem como agente geomorfológico, há que se denunciar o seu alto poder de destruição das formas naturais, por iniciativas do caráter econômico e social, muitas vezes de caráter especulativo.

Os estudos em bacias hidrográficas têm como base os conhecimentos geomorfológicos devido a dinâmica dos canais fluviais. Os rios são importantes agentes geomorfológicos que atuam no modelado do relevo através do transporte e deposição de sedimentos. Com isso, a análise do relevo permite sintetizar a história das interações dinâmicas que ocorrem entre o substrato litólico, a tectônica de placas e as variações climáticas. O estudo da conformação do relevo permite deduzir a tipologia e intensidade dos processos erosivos e deposicionais, a distribuição, textura e composição dos solos, bem como a capacidade potencial de uso (SANTOS, 2004).

Para fins de identificação da geomorfologia da área de estudo, foram considerados os dados disponibilizados pelo IBGE (2015). A área da sub-bacia do Rio Preto está localizada sob os domínios geomorfológicos identificados na tabela 14.

Tabela 14 - Unidades geomorfológicas da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

Unidades geomorfológicas	Área em (km²)	Área em (%)
Planalto Dissecado do Itapecuru	1466,89	28,02
Lençóis Maranhenses	1129,66	21,58
Tabuleiros de Chapadinha	2639,06	50,41
Total	5.235,61	100,00%

Fonte: IBGE (2018). Organização: A autora (2018).

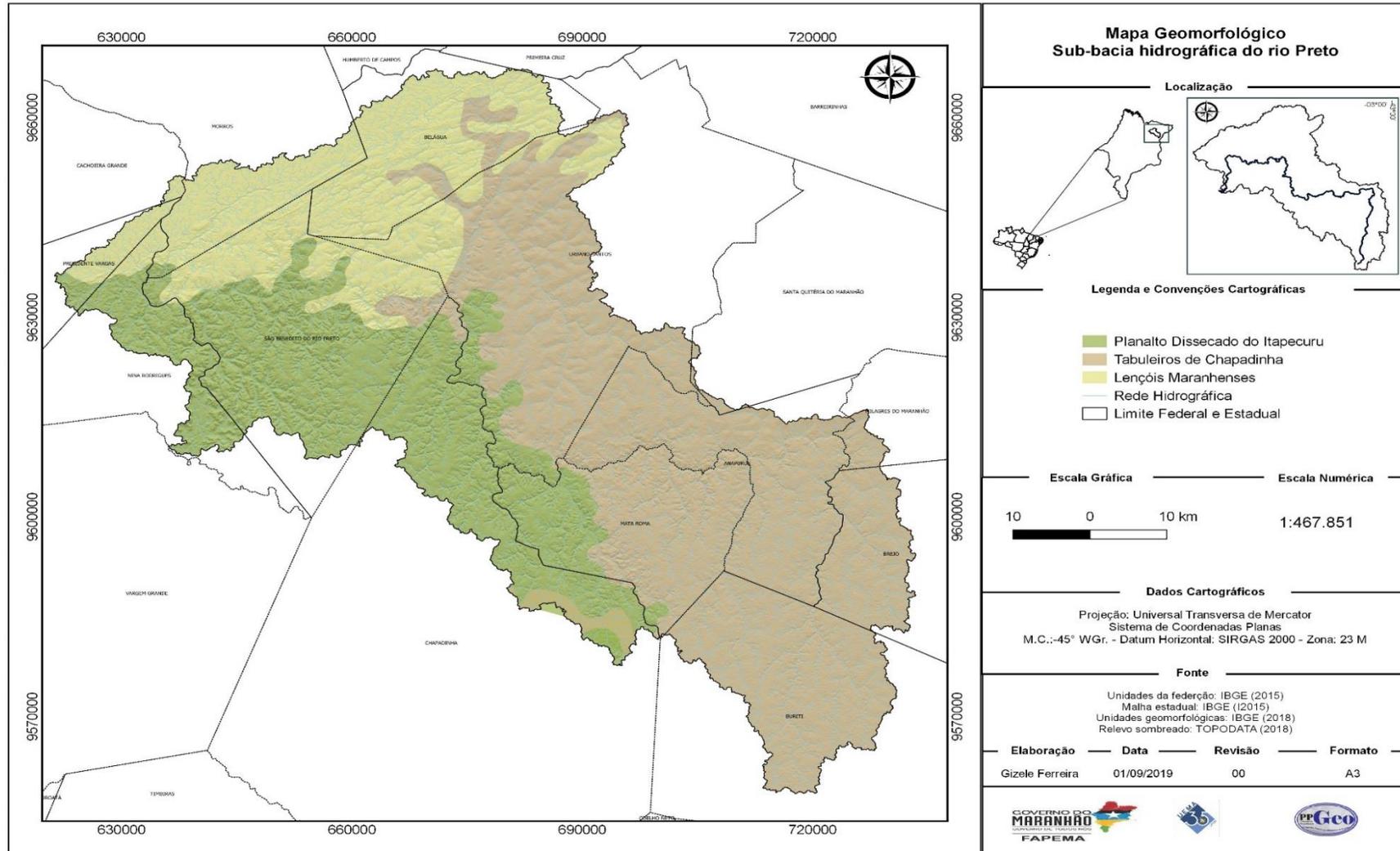
As unidades geomorfológicas identificadas na área de estudo são: Lençóis Maranhenses, Planalto Dissecado do Itapecuru e Tabuleiros de Chapadinha. A figura 15 expõe espacialmente as feições geomorfológicas identificadas na área da SBHRP.

Planalto Dissecado do Itapecuru

O Planalto Dissecado do Itapecuru, com altitude entre 140 a 200 metros, apresenta um relevo de colinas e morros com vales pedimentados. São características da unidade: relevos residuais de topo plano e colinas, e, no trecho cortado pelo rio Itapecuru, tem-se um relevo plano que corresponde a um antigo nível de terraço desse rio. Conjunto de formas de relevo de topos tabulares, conformando feições de rampas suavemente inclinadas e lombas esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas, denotando eventual controle estrutural. Resultam da instauração de processos de dissecação atuando sobre uma superfície aplainada. Os dissecados de dissecação homogênea não obedecem a controle estrutural nítido sendo definidos pelas variáveis densidade e aprofundamento da drenagem.

Segundo IBGE (2016) a dissecação diferencial é marcada por controle estrutural evidente, sendo definida somente pelo variável aprofundamento das incisões, já que o padrão de drenagem e a sua densidade são controlados pela tectônica e pela litologia. A densidade de drenagem e o aprofundamento das incisões são representados por dois dígitos, no caso da dissecação homogênea, e o aprofundamento das incisões por um dígito, no caso da dissecação diferencial.

Figura 15 - Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Preto



Fonte: IBGE, ZEE-MA (2018)

Fazem parte da unidade geomorfológica do Planalto Dissecado do Itapecuru os municípios de Chapadinha, Urbano Santos, Mata Roma, São Benedito do Rio Preto, Nina Rodrigues, Presidente Vargas e Morros.

Lençóis Maranhenses

Segundo o Levantamento da Geodiversidade do Estado do Maranhão – CPRM (2013), os Lençóis Maranhenses abrangem a porção centro-leste da Planície Costeira Maranhense, posicionada entre as baías de São Luís e do Tubarão, a oeste; e o Delta do Parnaíba, a leste. Essa unidade situa-se entre a linha de costa e a planície fluvial do rio Munim e os Tabuleiros Costeiros da região de Chapadinha, sendo que estes são, em grande parte, sustentados por rochas sedimentares pouco litificadas do Grupo Barreiras.

Esse domínio abrange diversificado conjunto de padrões de relevo deposicionais de origem eólica e representa a mais extensa área de sedimentação eólica de idade quaternária no Brasil, apresentando grande diversidade de dunas, tais como barcanas e parabólicas, dentre as principais (GONÇALVES et al., 2003). Predominam solos essencialmente quartzosos, muito profundos, com pequena adesão e coesão entre suas partículas, com baixa capacidade de retenção de umidade e de nutrientes, correspondendo a Neossolos Quartzarênicos.

Nos estudos levantados pela CPRM (2013) aponta:

A compartimentação geotectônica da costa leste do estado do Maranhão permite também proceder a uma divisão distinta dos Lençóis Maranhenses, sendo delimitada por nítido lineamento SW-NE entre as localidades de Presidente Vargas, Belágua e Barreirinhas, condicionado pelo arco tectônico Ferrer-Urbano Santos, originado durante a abertura do oceano Atlântico (BARBOSA; NOVAES PINTO, 1973; GASTÃO; MAIA, 2010; GÓES; ROSSETTI, 2001). Registra-se, a noroeste de Urbano Santos, sobre terrenos abatidos da Bacia Sedimentar Barreirinhas, extensa superfície plana recoberta por dunas fixas, posicionadas em cotas entre 20 e 80 m, progressivamente crescentes em direção ao interior. A sudeste de Urbano Santos ressaltam-se terrenos sobrelevados do alto estrutural homônimo, sendo este possivelmente reativado por neotectônica. Ab'Saber advoga a ocorrência de processos epirogenéticos que soergueram a Faixa Costeira do Maranhão durante o Pliopleistoceno. A configuração resultante é a de uma superfície ondulada de tabuleiros pouco dissecados, embasada por arenitos pouco litificados de idade neógena do Grupo Barreiras e revestidos por dunas fixas. Tais tabuleiros, por sua vez, estão alçados em cotas entre 60 e 120 m. Gastão e Maia (2010) ressaltam a ocorrência de um padrão de drenagem paralelo a retangular sobre esses terrenos soerguidos dos Lençóis Maranhenses, o que reforça o controle estrutural sobre a porção leste-sudeste dessa unidade geomorfológica. (CPRM, 2013, p. 40)

Tabuleiros de Chapadinha

Segundo o IBGE (2011c) os Tabuleiros de Chapadinha, denominados Tabuleiros Sublitorâneos, ocupam extensa superfície tabular não dissecada a sul dos vastos campos de dunas fixas dos Lençóis Maranhenses. Esses tabuleiros são sustentados por sedimentos do Grupo Barreiras, sendo, frequentemente, capeados por coberturas detrito-lateríticas bem elaboradas. (IBGE, 2011b). De acordo com a CPRM (2013) esses tabuleiros são representados por extensa superfície planáltica conservada e demarcada por curtos rebordos erosivos, com caimento muito suave de sul para norte, apresentando baixíssima densidade de drenagem, todavia, ligeiramente mais elevada que as superfícies dissecadas circunjacentes. Essa vasta superfície tabular registra, portanto, cotas baixas, que variam entre 80 e 120 m.

Os municípios que fazem parte dessa unidade geomorfológica são: Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo e Santa Quitéria do Maranhão.

4.1.3.1 Declividade

Bezerra (2011) discute que a declividade pode ser entendida como estrutura da paisagem pois é perceptível, é sensível. Sua importância também reside nas significativas determinações impostas pela declividade, como por exemplo, sobre o ciclo das águas, influenciando na velocidade do escoamento superficial, na infiltração da água no solo e também nas atividades antrópicas.

A determinação do mapa de declividade são formas de representação do relevo, pois conforme Queiroz (2010) indicam a inclinação das vertentes e aspectos relativos à dissecação do relevo. Através destas variáveis é possível analisar o uso que lhe é atribuído e até mesmo planejar sua ocupação. Segundo Santos (2004):

A declividade é avaliada em planejamento com o objetivo de observar as inclinações de um terreno em relação a um eixo horizontal. Esse tema permite inferir informações como formas de paisagem, erosão, potencialidades para uso agrícola, restrições para ocupação urbana, manejos e práticas conservacionistas. (SANTOS, 2004. p.83).

Para a construção do mapa de declividade, foi preciso estabelecer as classes de declividade predominantes na área. As classes foram adaptadas da metodologia da Embrapa (1999), conforme mostra a tabela 15:

Tabela 15 - Classes de declividade da bacia

Classes	Intervalo de declividade (%)	Características do relevo	Fragilidade do relevo
A	0-3	Plano	Muito fraca
B	3-8	Suave ondulado	Fraca
C	8-20	Ondulado	Média
D	20-45	Forte ondulado	Forte

Fonte: Adaptado da Embrapa (1999)

Após aplicação da metodologia utilizada para obtenção da declividade bem como o uso das cartas SRTM, foram identificadas as seguintes declividades para área de estudo.

Considerando as feições geomorfológicas da área de estudo e declividade como elemento de associação a processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), a área da bacia apresenta na região do Planalto Dissecado do Itapecuru um relevo com características pediplano e topo convexo. Na região dos Lençóis Maranhenses, identifica-se dunas e planície de acumulação e nos Tabuleiros de Chapadinha relevo com aplanamento e dissecado.

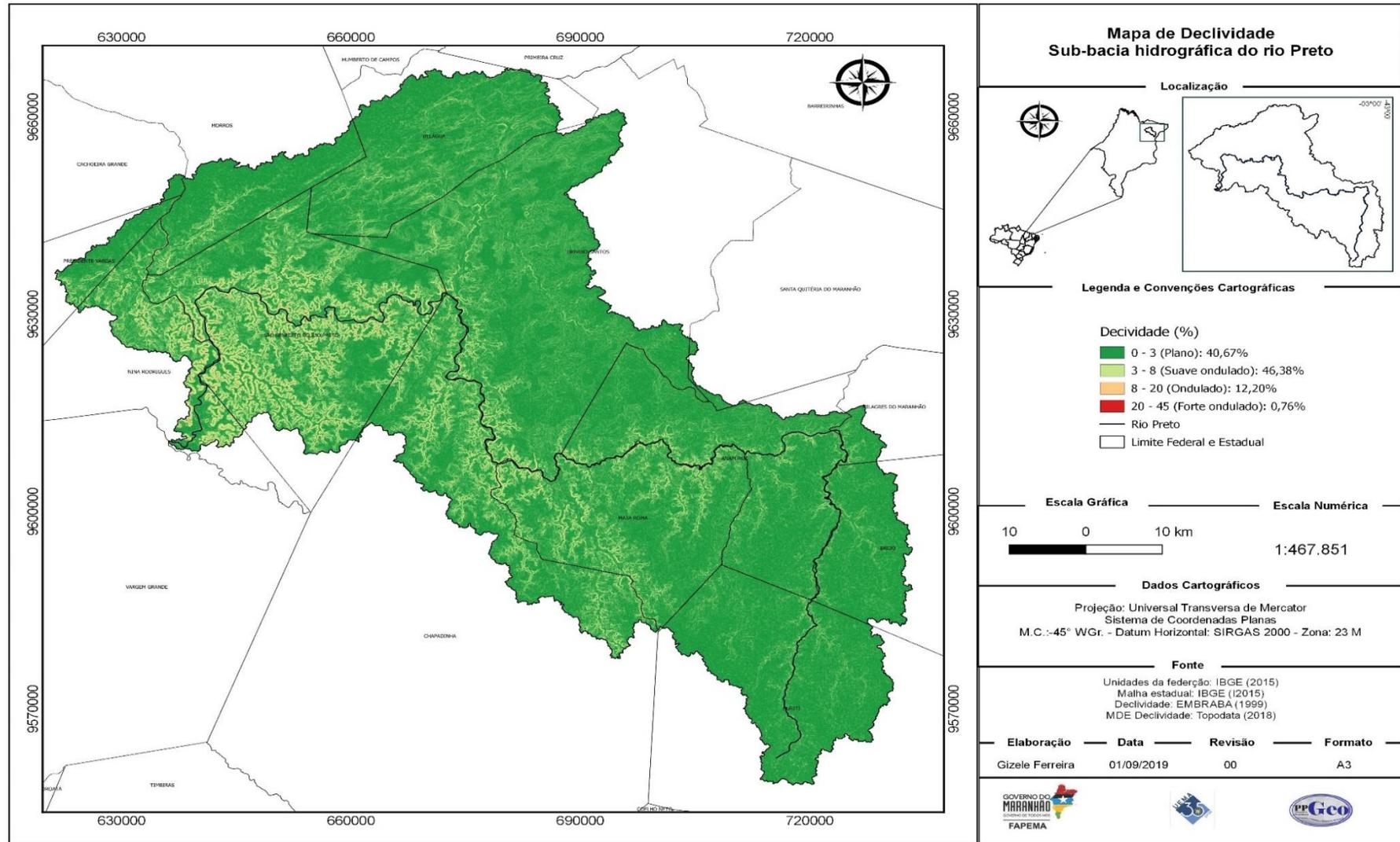
Abaixo, apresentamos a tabela 16 com os percentuais de declividade em função da área total da bacia.

Tabela 16 - Distribuição espacial da declividade em função da área de ocupação na sub-bacia.

Intervalo de declividade (%)	Área Km²	Características do relevo	Fragilidade do relevo	% de ocupação
0-3	2.129,18	Plano	Muito fraca	40,67
3-8	2.427,95	Suave ondulado	Fraca	46,38
8-20	638,45	Ondulado	Média	12,20
20-45	39,66	Forte ondulado	Forte	0,76
TOTAL	5.235,61			100%

Fonte: Embrapa (1999). Organizado pela autora (2018).

Figura 16 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Preto - MA



Fonte: EMBRAPA (1999), TOPODATA (2018).

De acordo com os dados obtidos, verifica-se que a maior parte do relevo está consolidado como plano a suave a ondulado compatibilizando com a geomorfologia da área.

4.1.3.2 Hipsometria e Perfil longitudinal do Rio Preto e 3D

Sendo a hipsometria a técnica de representar a elevação de um terreno através de cores. O conhecimento da altimetria de uma região auxilia no entendimento e caracterização do meio físico da bacia. Através dela é possível identificar as características do relevo e localizar áreas de maior ou menor altitude na bacia. A identificação e análise hipsométrica da bacia hidrográfica do Rio Preto (Figura 17) possibilitaram a observação e constatação da variação altimétrica terreno, fator importante na análise de processos geomorfológicos e dinâmica de uso e cobertura da terra.

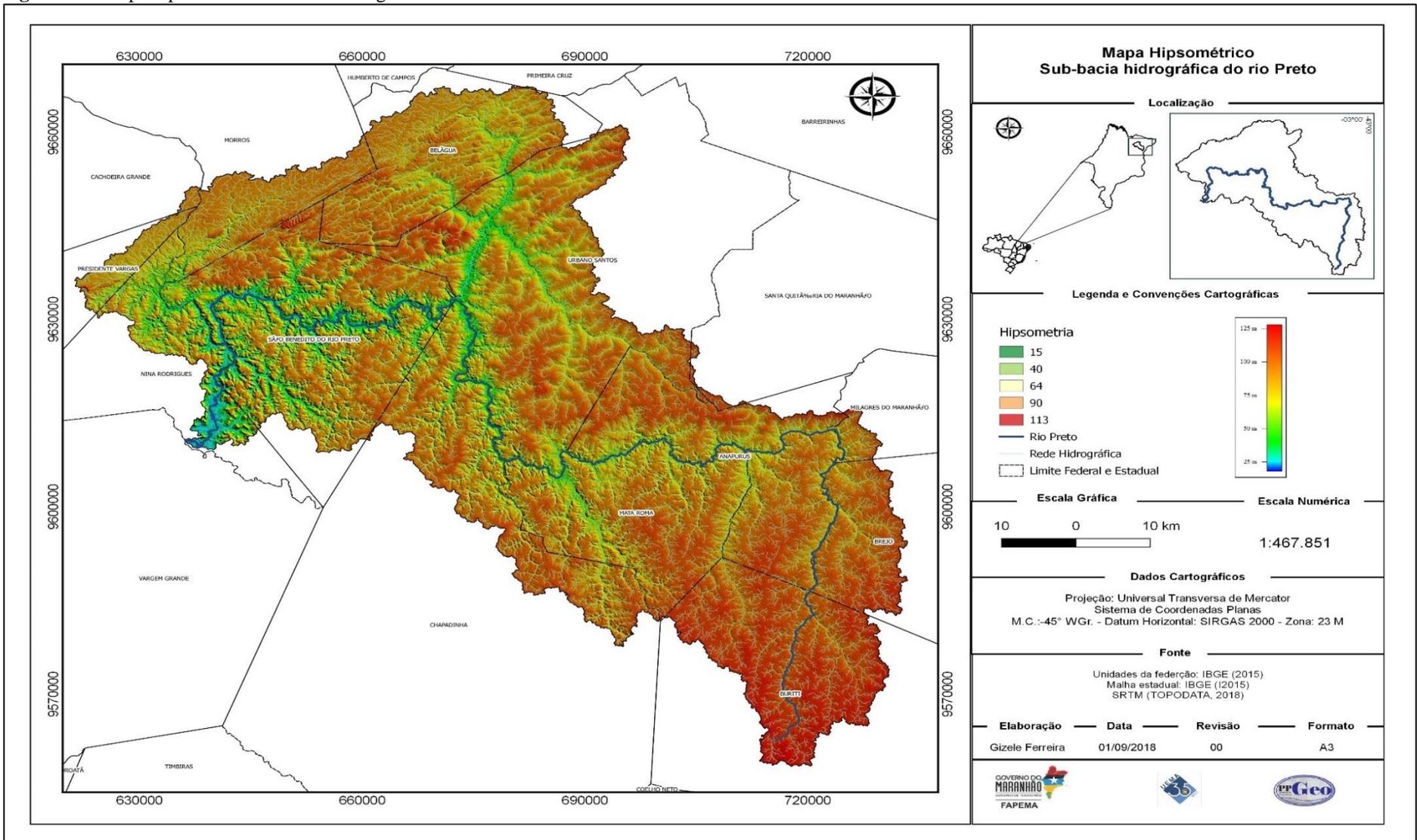
A carta hipsométrica da bacia apresenta cotas altimétricas que variam de 15 m a 113 como já observado na carta hipsométrica. Na tabela 17 que segue, temos os percentuais de ocupação por elevação. A classe altimétrica que varia até 113 m é predominante na bacia, ocupando 54,69% da área total, em seguida a classe 64 a 90 com 31,85% da área total da bacia. A classe até 15 metros possui valor não computado. Já a classe até 64 m corresponde a 10,61% do total e em menor proporção com 2,85% de áreas com altimetrias até 40 metros. Os valores altimétricos mais baixos são poucos representativos para a área em questão.

Tabela 17 - Distribuição espacial da hipsometria em função da área de ocupação na sub-bacia

Intervalo Hipsométrico (m)	Área km²	% de Ocupação
<15	0,20	0,00
16 – 40	149,28	2,85
40 -64	555,51	10,61
64 – 90	1.667,45	31,85
90 – 113	2.863,18	54,69
TOTAL	5.235,61	100%

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

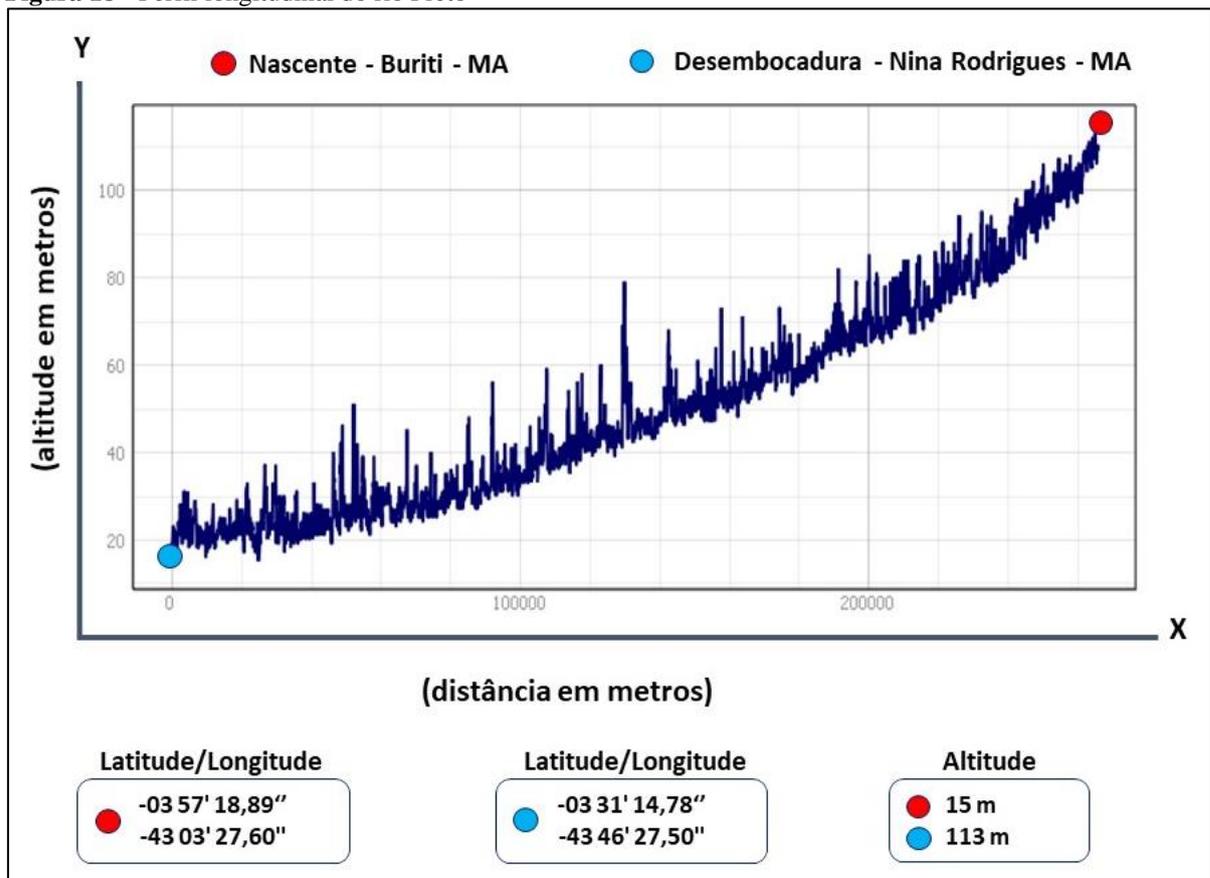
Figura 17 - Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Rio Preto - MA.



Fonte: TOPODATA (2018)

No que diz respeito a análise da altitude a partir do perfil longitudinal do curso d'água, uma das representações mais frequentes dos cursos d'água refere-se aos seus perfis longitudinais, plotados em gráficos de coordenadas cartesianas, onde a altitude é lançada no eixo das ordenadas e a extensão da drenagem – ou de seu vale – ocupa o eixo das abscissas, formando a variável independente (GUEDES, et al., 2006. p.79). Os gráficos exibem uma conformação logarítmica, com concavidade para cima e assíntotas longas, como pode ser visto na Figura 18, que ilustra o perfil longitudinal do rio Preto. Quanto mais equilibrado for o curso d'água mais ajustado à função logarítmica estará seu perfil longitudinal, destaca-se que só é possível o equilíbrio se houver estabilidade do comportamento hidráulico da corrente. Chistofolletti (1981) afirma que o perfil longitudinal de um rio mostra a sua declividade, ou gradiente, sendo a representação visual da relação entre a altimetria e o comprimento de determinado curso d'água.

Figura 18 - Perfil longitudinal do rio Preto

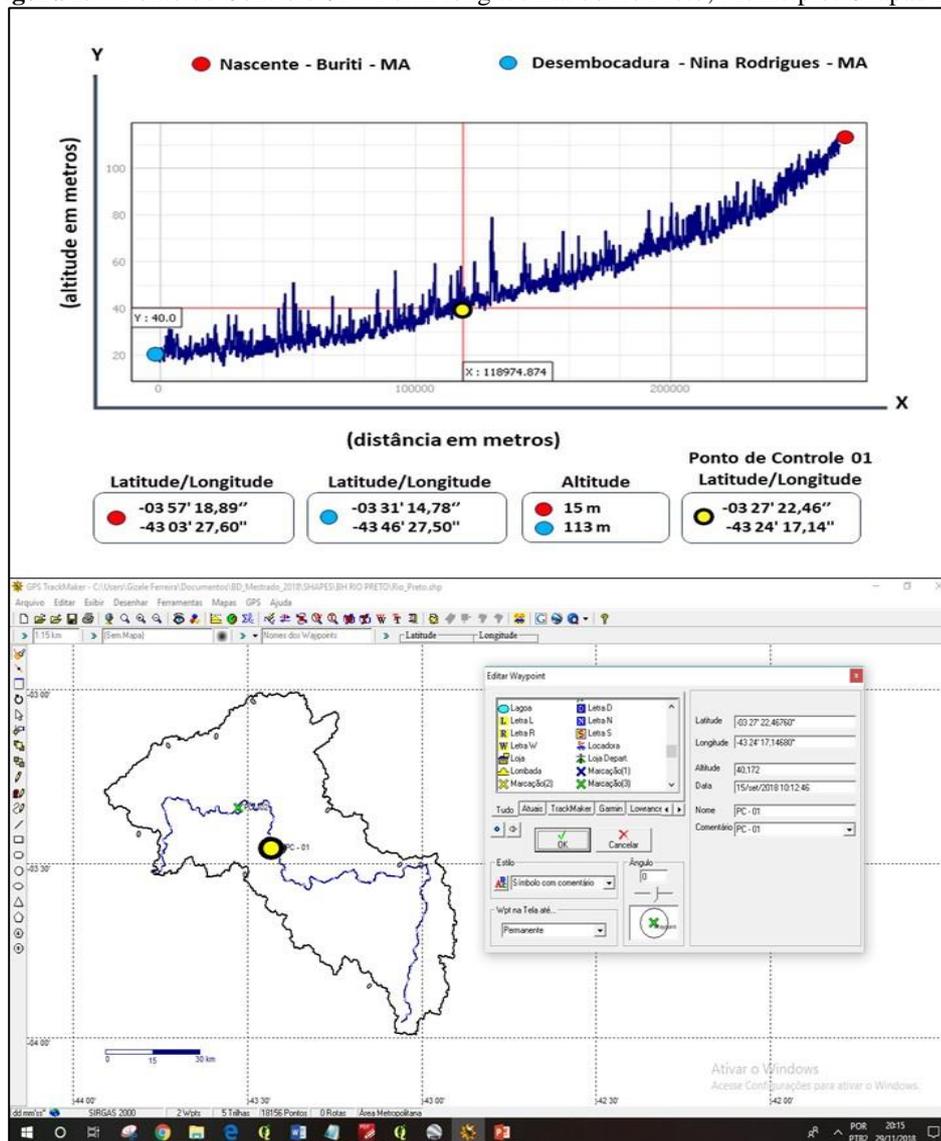


Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Por meio deste perfil aplicado a um curso d'água pode-se inferir também o comportamento deste gradiente ao longo do canal fluvial juntamente com a declividade da bacia da cabeceira a foz (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Sabendo que o perfil longitudinal está diretamente ligado ao relevo visto que está relacionado a diferença de altitude da nascente até a foz e se trata de uma relação entre a altitude e o comprimento de um determinado curso d'água., abaixo apresentamos duas seções amostradas durante o trabalho de campo no qual foi obtido o valor da altitude nos pontos de controle para fins de validação dos dados no momento do processamento das informações extraídas a partir da SRTM. As figuras (19 e 20) a seguir apresentam a dinâmica da bacia hidrográfica do Rio Preto no que tange a variação altimétrica desse curso d'água.

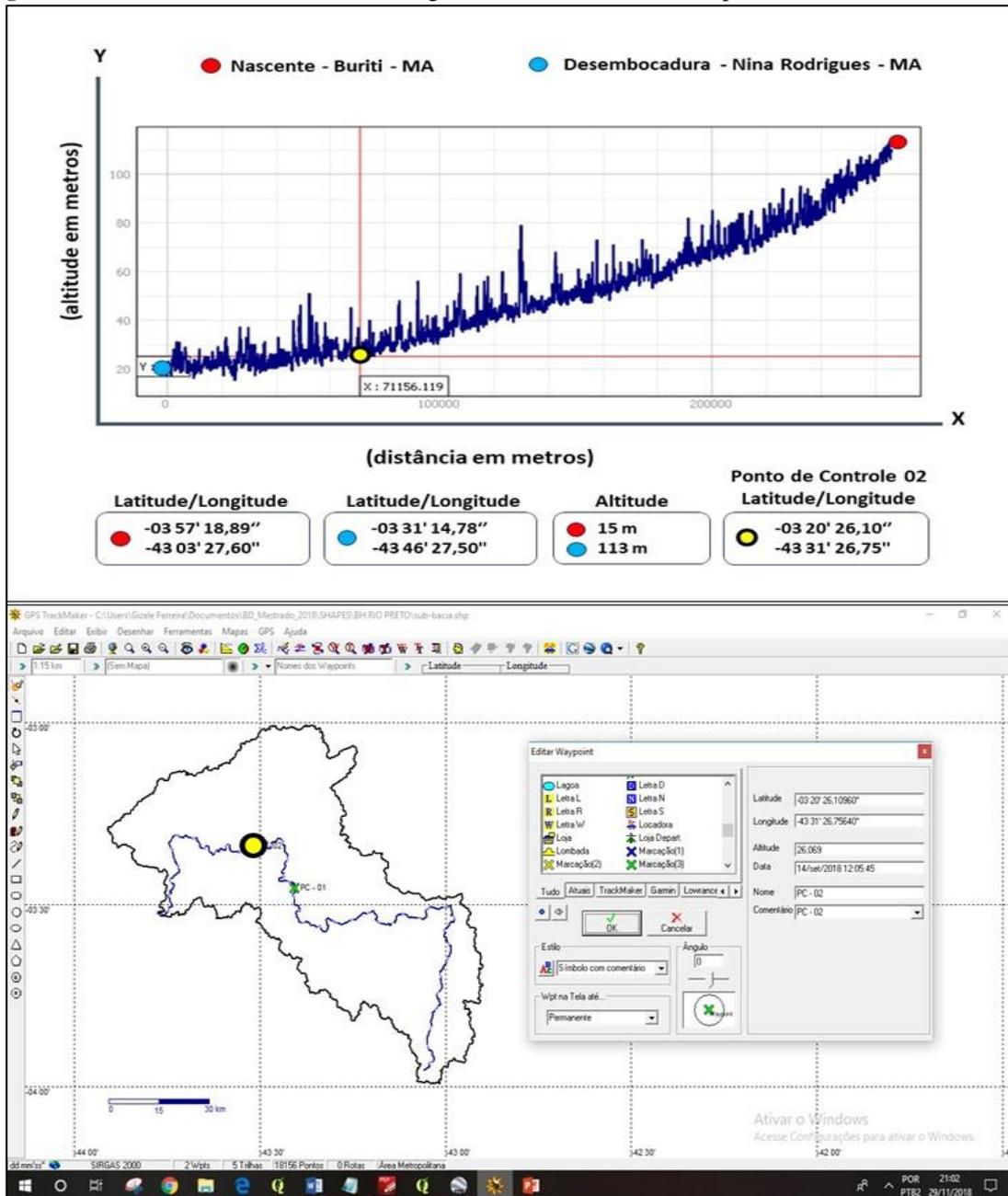
Figura 19 - Ponto de Controle 01 – Perfil longitudinal do rio Preto; Município: Chapadinha.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A capacidade de uma corrente de água erodir e transportar sedimentos depende da sua velocidade que por sua vez depende da declividade do relevo da área. As variações de velocidade podem implicar em significativas alterações na capacidade de transporte da água. A sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, apresenta em seu curso d'água principal, o Rio Preto, variações que vão desde 15 metros a 113 metros de altura em relação ao nível do mar.

Figura 20: Ponto de Controle 02 – Perfil longitudinal do rio Preto; Município: São Benedito do Rio Preto

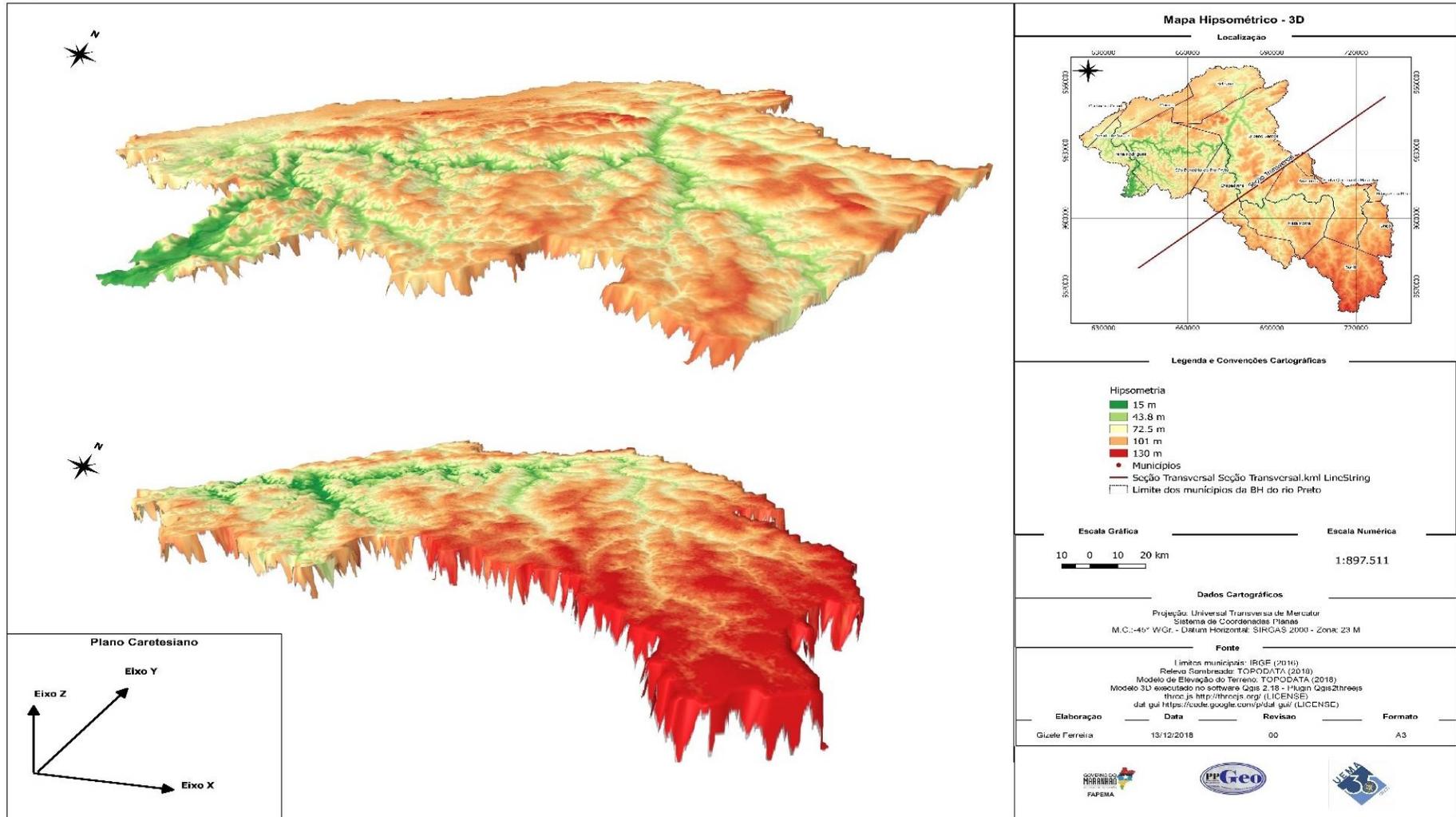


Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Por fim, para melhor visualização da variação altimétrica da bacia, apresentamos o modelo 3D, destacando as áreas de acordo com a geomorfologia. A aplicação de mapas com

perspectiva 3D favorece a interpretação de bacias hidrográficas e seus componentes podendo inclusive subsidiar estudos que envolvem impactos ambientais visto que possibilita uma melhor interpretação do espaço geográfico.

Figura 21 - Modelo de elevação de terreno – 3D



Fonte: TOPODATA (2018)

4.1.3.3 Cobertura Pedológica

Para a caracterização pedológica desta pesquisa foram utilizados os dados disponibilizados pelo IBGE na escala de 1:250.000. A bacia hidrográfica do Rio Preto possui um complexo pedológico condicionado ao relevo existente, o substrato e ao uso e ocupação do mesmo. A EMBRAPA expõe:

O solo que classificamos é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas. (EMBRAPA, 2018. p. 33)

A pesquisa procurou-se classificar segundo a EMBRAPA (2018), os tipos de solos existentes na bacia considerando suas principais características e limitações ao uso agrícola. Os solos identificados na bacia estudada, segundo o mapa pedológico utilizado estão identificados na tabela abaixo:

Tabela 18 - Classes de solos da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto e suas respectivas concentrações

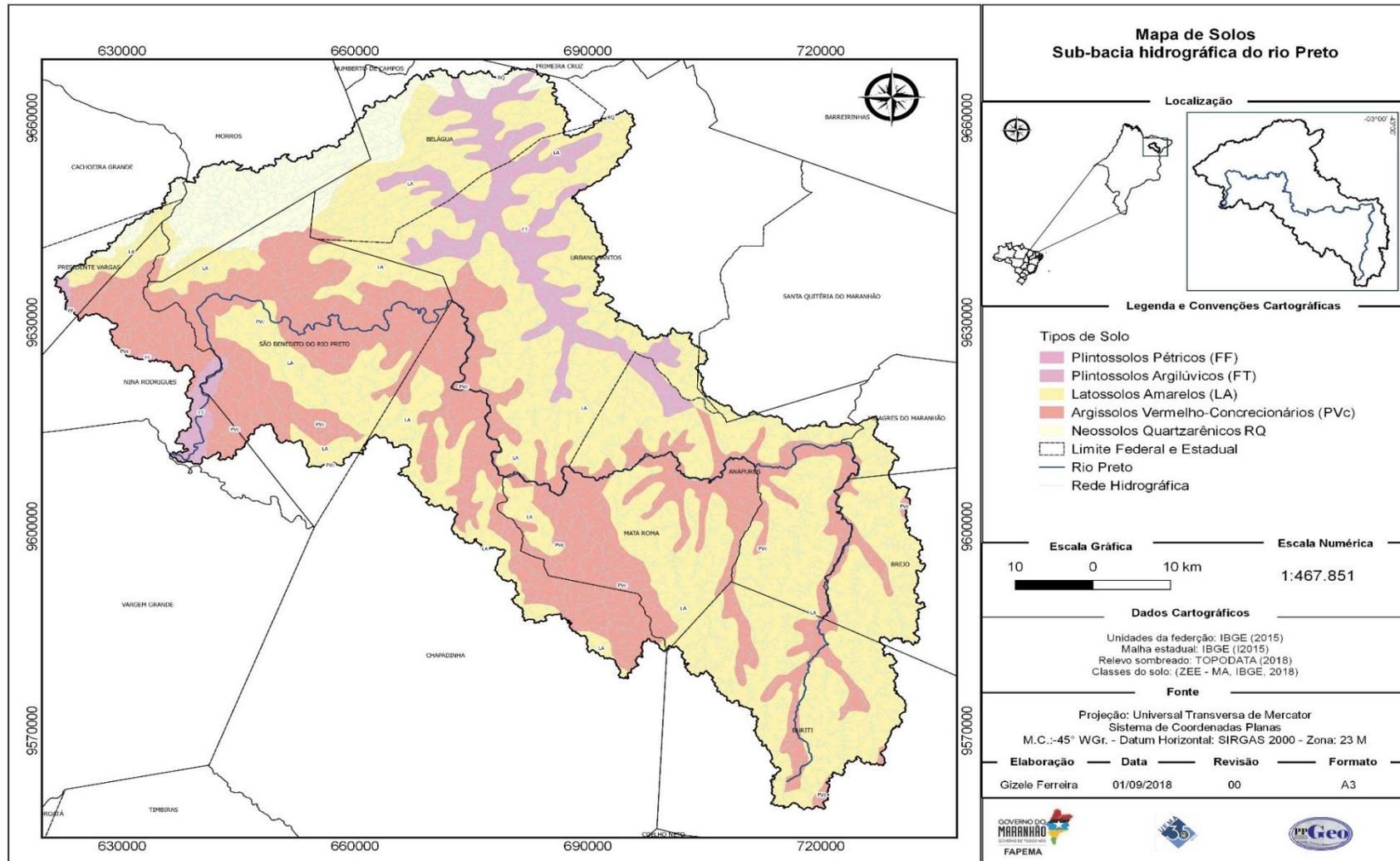
Classes de solos	Sigla	Área (km²)	Área em (%)
Argissolos Vermelho-Concrecionários	PVc	1673,11	31,96%
Latossolos Amarelos	LA	2755,06	52,62%
Neossolos Quartzarênicos	RQ	362,53	6,92%
Plintossolos Argilúvicos	FT	441,12	8,43%
Plintossolos Pétricos	FF	3,79	0,07%
Total		5235,61	100,00%

Fonte: ZEE-MA (2018). **Organização:** Elaborado pela autora.

Os solos ocupam uma posição de destaque porque é o resultado da ação conjunta de vários fatores ambientais como a geologia, o clima, relevo. A influência da geologia (material de origem) nos solos é importante ao oferecer condições de se predizer características e propriedades dos solos formados, considerando os fatores de formação que atuam no processo pedogenético (SANTOS, 2004).

A distribuição espacial das classes de solo identificadas ao longo da bacia pode ser verificada na figura 22.

Figura 22 - Mapa de solos da bacia hidrográfica do Rio Preto - MA



Fonte: ZEE-MA (2018), IBGE (2018).

Para um melhor entendimento de cada classe de solo destacamos as principais informações sobre as características desses solos.

Argissolos Vermelho-Concrecionários (Pvc)

Os Argissolos Vermelho-Concrecionários anteriormente identificados pela EMBRAPA (1986) como Podzólico Vermelho-Amarelo Concrecionário. São solos minerais, não hidromórficos, com horizonte **A** ou **E** seguidos de horizonte **B** textural não plântico, argila de atividade alta ou baixa, cores de vermelhas a amarelas e teores de Fe_2O_3 (óxido de ferro) menor que 11%. Os horizontes são bem diferenciados, com transições claras ou graduais, por vezes abruptas do **A** para o **E**. (EMBRAPA, 2013. p. 72)

Nesses solos, constata-se grande diversidade nas propriedades de interesse para a fertilidade e uso agrícola (teor variável de nutrientes, textura, profundidade, presença ou ausência de cascalhos, pedras as concreções, ocorrência em diferentes posições na paisagem, entre outras). Dessa forma, torna-se difícil generalizar suas qualidades. Problemas sérios de erosão são verificados naqueles solos em que há grande diferença de textura entre os horizontes **A** e **B**, sendo tanto maior o problema quanto maior for a declividade do terreno.

No Maranhão, foram encontrados tanto PVs álicos e distróficos quanto PVs eutróficos. Ocorrem em grandes extensões no estado, situando-se principalmente em encostas de colinas ou outeiros, ocupando também áreas de encostas e de topos de chapadas com relevo que varia de plano até forte ondulado. São originados de materiais de várias formações geológicas, principalmente de sedimentos da Formação Itapecuru, mas também podem ter origem em materiais da Formação Pedra de Fogo, sedimentos do Grupo Barreira ou de coberturas argilo-arenosas sobre outras formações geológicas. (EMBRAPA, 2013. p. 73).

Esses solos estão presentes na região da bacia em áreas que compreendem os municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo, Presidente Vargas e Nina Rodrigues.

Latossolos Amarelos (LA)

São formados pelo processo denominado latolização a partir da remoção da sílica e das bases do perfil, após transformação dos minerais primários constituintes. São solos minerais, não-hidromórficos, profundos, horizontes **B** muito espesso com sequência de horizontes **A**, **B** e **C** pouco diferenciados; as cores variam de vermelhas muito escuras a

amareladas e apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos. (EMBRAPA, 2013. p. 69). De acordo com os apontamentos da EMBRAPA (2013):

São solos profundos, bem acentuadamente drenados, com horizontes de coloração amarelada, de textura média e argilosa, sendo predominantemente distróficos, ocorrendo também álicos, com elevada saturação de alumínio e teores de nutrientes muito baixos. São encontradas em áreas de topos de chapadas, ora baixas e dissecadas, ora altas e com extensões consideráveis, apresentando relevo plano com pequenas e suaves ondulações, tendo como material de origem mais comum, as coberturas arenos-argilosas e argilosas, derivadas ou sobrepostas às formações sedimentares. Mesmo com baixa fertilidade natural e em decorrência do relevo plano e suavemente ondulado, esse solo tem ótimo potencial para agricultura e pecuária. Devido sua baixa fertilidade e acidez elevada, esses solos são exigentes em corretivos e adubos químico se orgânicos (EMBRAPA, 2013. p. 69).

Os latossolos são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos, ácidos e com teores de fósforo disponível extremamente baixos. Em geral, são solos com grandes problemas de fertilidade. (EMBRAPA, 2013. p. 70).

É possível encontrar esse solo nos municípios de Anapurus, Chapadinha, Mata Roma, Urbano Santos, Belágua, São Benedito do Rio Preto, Milagres do Maranhão, Morros, Buriti, Brejo, Santa Quitéria do Maranhão, Cachoeira Grande, Presidente Vargas e Nina Rodrigues.

Neossolos Quartzarênicos (RQ)

Em geral, são solos originados de depósitos arenosos, apresentando textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m de profundidade. São constituídos essencialmente de grãos de quartzo e praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo. (EMBRAPA, 2013. p. 76).

Assim,

Compreendem solos minerais, casualmente orgânicos na superfície, hidromórficos ou não, geralmente profundos, essencialmente quartzosos, com textura de areia ou areia franca até, no mínimo, a profundidade de 2 m da superfície. As frações areia grossa e areia fina desses solos são constituídas essencialmente de quartzo e, por conseguinte, virtualmente ausentes de minerais primários facilmente intemperizáveis (ADÁMOLI *et al.*, 1985) *apud* (EMBRAPA, 2013, p.76-77).

Estão presentes nos municípios de Belágua, São Benedito do Rio Preto, Morros,

Cachoeira Grande e Presidente Vargas.

Plintossolos Argilúvicos (FT)

Segundo o Manual Técnico de Pedologia, do IBGE (2015), Os Plintossolos Argilúvicos e Háplicos que apresentam drenagem restrita têm como característica diagnóstica a presença do horizonte plíntico, que é identificado principalmente por cores mosqueadas ou variegadas, compostas de tons desde vermelhos a acinzentados. Sobre sua ocorrência, aponta o que segue:

Têm ocorrência constatada nas Regiões Norte, Nordeste (Piauí e Maranhão) e Centro-Oeste, mais especificamente, Ilha de Marajó, Baixada Maranhense, sul do Piauí, médio Amazonas, Vale do Paranã (GO/TO), Pantanal Mato-grossense e Planícies do Araguaia e Guaporé. Têm manejo agrícola bastante delicado, que necessita bom controle de sua dinâmica hídrica interna, já que pode ter como consequência o endurecimento da plintita. Entretanto, na Região Centro-Oeste, imensos projetos de cultivo de grãos (principalmente arroz) estão instalados sobre os mesmos, com uso de irrigação/drenagem. (IBGE, 2015.p. 313)

Sua ocorrência acontece nos seguintes municípios: Belágua, Urbano Santos, Anapurus, Presidente Vargas, São Benedito do Rio Preto e Nina Rodrigues.

Plintossolos Pétricos (FF)

Os Plintossolos Pétricos geralmente de melhor drenagem, caracterizam-se pela presença no perfil dos horizontes diagnósticos concrecionário e/ou litoplíntico. Têm ocorrência mais restrita aos planaltos das regiões Centro-Oeste e Norte (TO, GO e MT) e alguns platôs da Amazônia. São usados apenas para pastoreio extensivo quando sob vegetação campestre ou de Campo Cerrado, ou com pasto plantado com espécies forrageiras rústicas. (IBGE, 2015. p. 313).

O levantamento da EMBRAPA (2013):

Os Plintossolos ocupam enormes extensões no Maranhão, sobretudo na Baixada Maranhense. Ocupam áreas de relevo predominantemente plano ou suave ondulado e poucas vezes ondulado. São originados de materiais de diversas formações geológicas, destacando-se os sedimentos da Formação Itapecuru do Cretáceo. São originados também de materiais das Formações Sambaíba do Triássico e Pedra de Fogo do Permiano, ou mesmo de sedimentos do Grupo Barreiras e de sedimentos do Holoceno. A vegetação sobre esses solos é também bastante variada e ocorre nas áreas de florestas que os babaçuais ocorrem com maior frequência (JACOMINE et al., 1986) *apud* (EMBRAPA, 2013, p.75-76).

Esse solo é encontrado em uma pequena parte do município de Nina Rodrigues. Abaixo, apresentamos tabela 19 que sintetiza a relação das unidades geomorfológicas com as principais classes de solos encontrados na área da bacia.

Tabela 19 - Tipos de solos, unidade geomorfológica e características naturais

ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS DOMINANTES	LIMITAÇÕES DE USO
Neossolos Quartzarênicos	Planície litorânea. Tabuleiros costeiros.	Solos muito profundos. Excessivamente drenados. Ácidos e fertilidade natural muito baixa.	Acidez excessiva. Baixa fertilidade natural. Susceptibilidade a erosão. Baixa retenção de umidade.
Argissolos Vermelho- Amarelos	Cristas residuais, tabuleiros pré-litorâneos e depressões sertanejas.	Rasos e profundos, textura média ou argilosa, moderadamente ou imperfeitamente drenados, fertilidade natural média a alta.	Relevo fortemente dissecado. Drenagem imperfeita. Pouca profundidade. Impedimento à mecanização.
Plintossolos Pétricos Plintossolos Argilúvicos	Ocorrem em relevo plano e suave ondulado.	Álicos, distróficos e eutróficos, com atividade de argila baixa ou alta. Presença de expressiva plintitização.	Baixa fertilidade natural. Acidez elevada. Requer adubação.
Latossolos Amarelos	Relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7%.	Ácrico petroplíntico, textura argilosa cascalhenta e hipoférrico. Não-hidromórficos, profundos.	Baixa fertilidade natural. Intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas.

Fonte: EMBRAPA (2013), IBGE (2015).

4.1.4 Condições Hidroclimáticas

O Estado do Maranhão tem como característica uma diversidade climática própria à sua posição geográfica, compreendendo como área de transição entre os climas, amazônico superúmido, semiárido nordestino e apresenta duas estações bem definidas, período seco e chuvoso. (SANTOS, 2012, p. 202)

Segundo CPRM (2011):

O estado do Maranhão, por se encontrar em uma zona de transição dos climas semiárido, do interior do Nordeste, para o úmido equatorial, da Amazônia, e por ter maior extensão no sentido norte-sul, apresenta diferenças climáticas e pluviométricas. Na região oeste, predomina o clima tropical quente e úmido (As), típico da região amazônica. Nas demais regiões, o estado é marcado por clima tropical quente e semiúmido (Aw). Na região oeste do estado, onde predomina o clima tropical quente e úmido (As), as chuvas ocorrem em níveis elevados durante praticamente todo o ano, superando os 2.000 mm. Nas outras regiões, prevalece o clima tropical quente e semiúmido (Aw), com sucessão de chuvas durante o verão e inverno seco, cujas precipitações reduzidas alcançam 1.250 mm. Há registros ainda menores na região sudeste, podendo chegar a 1.000 mm. (CPRM, 2011. p.16).

O estado apresenta o período chuvoso, que se concentra durante o semestre de dezembro a maio, alcançando os maiores picos de chuva no mês de março e o período seco, que ocorre no semestre de junho a novembro, com menor incidência de chuva por volta do mês de agosto (CPRM, 2011. p.16).

Para discutir sobre as condições climáticas da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, foram estudados indicadores de precipitação e temperatura ao longo de uma série histórica de 29 anos, a Normal Climatológica do Brasil no período de 1981-2010 e os dados de precipitação de temperatura de 1997 a 2017.

A análise da temperatura na escala temporal de 30 anos (1997 a 2017) na teve variação média entre 25,36° C a 28,03°C, com uma média de 27,15°C. Quanto à umidade, essa oscila entre 70,96% a 78,43%, com média de 74,25%. O índice pluviométrico médio varia de 1.057,4 mm a 2.299,7 mm, com uma média pluviométrica anual de 1.611,40 mm. O Estado é caracterizado pela ocorrência de um regime pluviométrico com duas estações bem definidas.

A síntese dos dados (Tabela 20) obtidos a partir da estação de Chapadinha, estação que apresenta as características do clima da microrregião de do município citado anteriormente.

Destaca-se que para fins de análise climática, essa tabulação de dados tem caráter representativo das características climáticas da Sub-bacia do Rio Preto posto que o referido município faz parte da microrregião que abrange a área de pesquisa.

Dados da estação

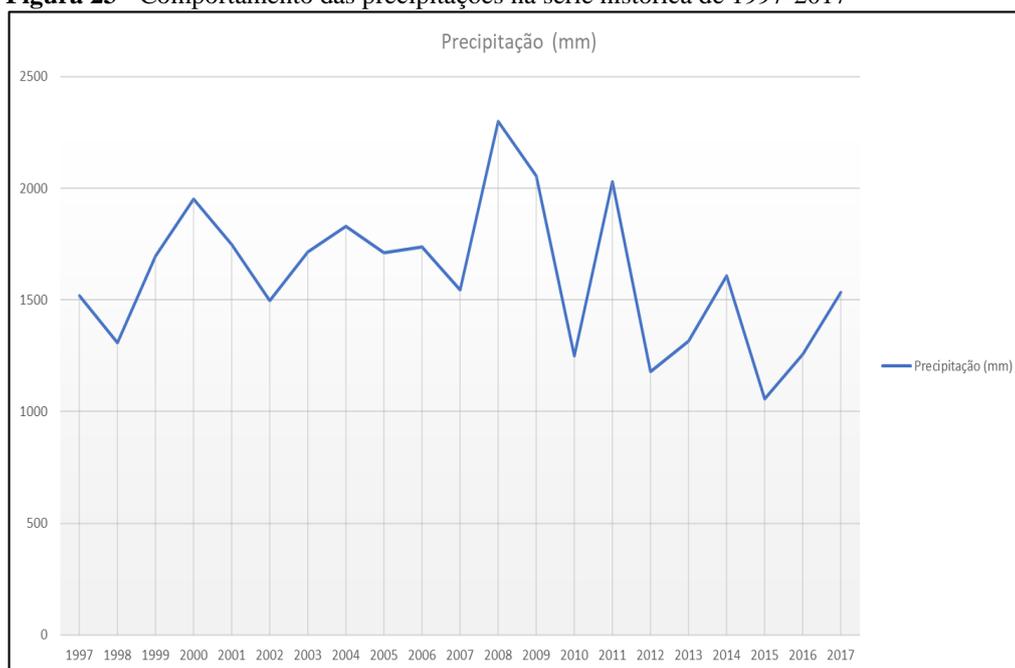
- a) Estação: Chapadinha-A206
- b) Código OMM: 81749
- c) Registro: 22 UTC
- d) Aberta em: 17/09/2008
- e) Latitude: -3.742674°
- f) Longitude: -43.352084°
- g) Altitude: 104 metros

Tabela 20 - Totais anuais de precipitação, temperatura e umidade em Chapadinha - MA) na série histórica de 1997-2017

Ano	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
1997	1519,40	26,93	71,65
1998	1307,60	25,36	71,93
1999	1697,40	26,71	74,32
2000	1951,10	26,68	78,03
2001	1748,90	26,85	78,43
2002	1495,10	27,08	75,78
2003	1714,60	27,13	75,50
2004	1829,40	27,17	75,67
2005	1710,80	27,47	73,21
2006	1738,70	26,97	74,91
2007	1543,50	27,26	72,43
2008	2299,70	26,92	75,16
2009	2055,70	26,91	77,36
2010	1250,60	27,80	72,73
2011	2031,00	27,01	75,95
2012	1177,40	27,63	70,96
2013	1315,40	27,63	72,73
2014	1608,60	27,29	74,66
2015	1057,40	27,79	71,50
2016	1254,70	28,03	72,24
2017	1532,50	27,59	74,07
Média	1.611,40 mm	27,15 °C	74,25%

Fonte: INMET (2018)

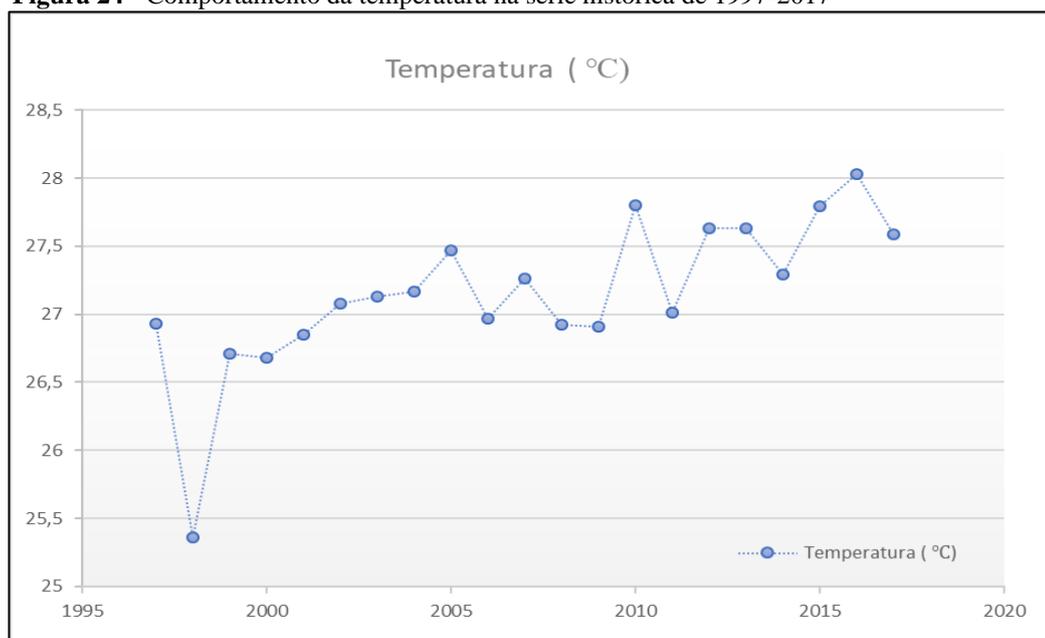
A figura 23 representa os totais anuais de precipitação, temperatura e umidade em Chapadinha - MA na série histórica de 1997-2017 com influência na região da área pesquisada.

Figura 23 - Comportamento das precipitações na série histórica de 1997-2017

Fonte: INMET (2018)

a) Valor mínimo (médio): 1.057,4 mm

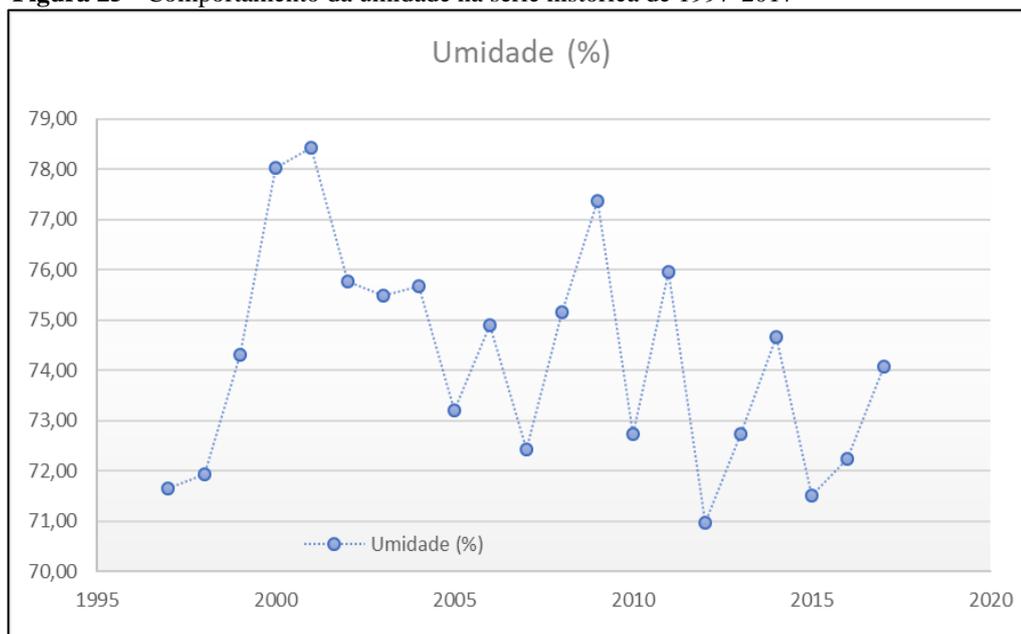
b) Valor máximo (médio): 2.299,7 mm

Figura 24 - Comportamento da temperatura na série histórica de 1997-2017

Fonte: INMET (2018)

- a) Temperatura máxima: 28,03°C
- b) Temperatura mínima (médio): 25,36° C
- c) Temperatura médio: 27,15°C

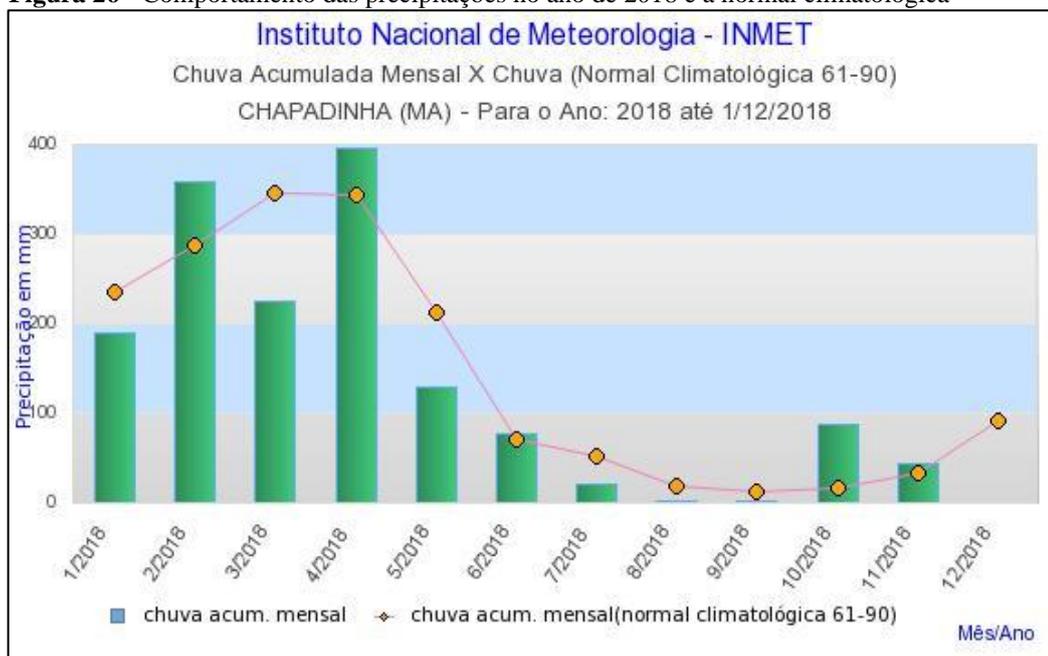
Figura 25 - Comportamento da umidade na série histórica de 1997-2017



Fonte: INMET (2018)

- a) Umidade máxima: 78,43%
- b) Umidade mínima (médio): 70,96%
- c) Umidade médio: 74,25%

A partir dos dados obtidos no INMET, considerando a normal climatológica de 1961 a 1990, a estação chuvosa ocorre nos meses de janeiro a junho, com maior frequência de fevereiro a abril. Nos meses de agosto e setembro praticamente não chove, ou seja, ocorre uma estiagem, caracterizada no Maranhão como período seco.

Figura 26 - Comportamento das precipitações no ano de 2018 e a normal climatológica

Fonte: INMET (2018)

4.1.5 Vegetação

A vegetação da área de estudo é fonte de um grande número de produtos úteis à população local, tais como: alimento, material de construção, fibras, remédios, entre outros. Há uma forte relação entre os recursos hídricos e a vegetação. Para os organismos aquáticos ela é fonte de alimento e ambiente propício à reprodução. Sendo assim, as mudanças ocorridas na vegetação resultam em prejuízos diretos ao ser humano, aos animais e em alterações na quantidade e na qualidade da água. Os desmatamentos, as queimadas e outros estragos causados à vegetação provocam a erosão do solo (arraste de terra com abertura de fendas e valas), assoreamento do rio (fica mais raso pela areia arrastada das margens), compactação do solo (fica endurecido e as plantas não crescem), aterramento de nascentes (olhos d'água) e o desaparecimento de plantas e animais, principalmente de peixes.

A vegetação predominante é Vegetação Secundária que caracteriza fisionomias ecológicas diferentes de sua formação original. Corresponde a 47,08% e corresponde a uma área com presença de palmáceas e tensão ecológica que constituem os contatos entre tipos de vegetação que podem ocorrer na forma de ecótono, quando a transição se dá por uma mistura florística, ou na forma de enclave quando existe uma transição edáfica. Havendo essa transição, ocorre uma interpenetração dos tipos de vegetação.

Seguida por Savana Arborizada sem Floresta de galeria, totalizando 28,38% do território, entretanto, segundo o NUGEO (2013), a área apresenta o crescimento de pastagens. A tabela 21 sintetiza os dados relativos a distribuição espacial da vegetação na sub-bacia, a figura 27 a representação cartográfica da mesma.

Tabela 21 - Distribuição da vegetação

Classes da Vegetação	Área (km²)	% de ocupação
Savana Parque sem Floresta de galeria	525	10,03
Pecuária/Pastagens	123	2,35
Savana Arborizada sem Floresta de galeria	1486	28,38
Influência Urbana	5	0,10
Vegetação Secundária	2482	47,40
Agricultura com cultura cíclica	612	11,69
Corpo Hídrico	2,61	0,05
TOTAL	5235,61	100,00%

Fonte: NUGEO (2013)

O Quadro 03 sintetiza as características da vegetação nos municípios que compõe a área de estudo.

Quadro 03 - Características da vegetação dos municípios banhados pela sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.

Municípios	Características da vegetação
Anapurus, Brejo, Buriti e Chapadinha ⁵	A vegetação predominante é do tipo Cerrado constituída por árvores e arbustos com altura variando de 3 a 8 m, estruturada em dois estratos: um arbóreo/arbustivo com árvores esparsas e retorcidas e outro herbáceo/gramíneo. As espécies mais comuns são: o Araticum, a Sucupira Preta, o Murici, o Pequi, a Faveira, o Ipê e o Ipê Amarelo. As Palmáceas presentes no município são a Carnaúba, o Buriti e o Babaçu.
Belágua e Mata Roma	A vegetação é formada pela Floresta Estacional com formações com influência marinha e flúvio-marinha, segundo os dados do IMESC (2008).
Milagres do Maranhão	A vegetação é composta por Floresta Estacional, com encaves de mata dos cocais (IMESC, 2008).

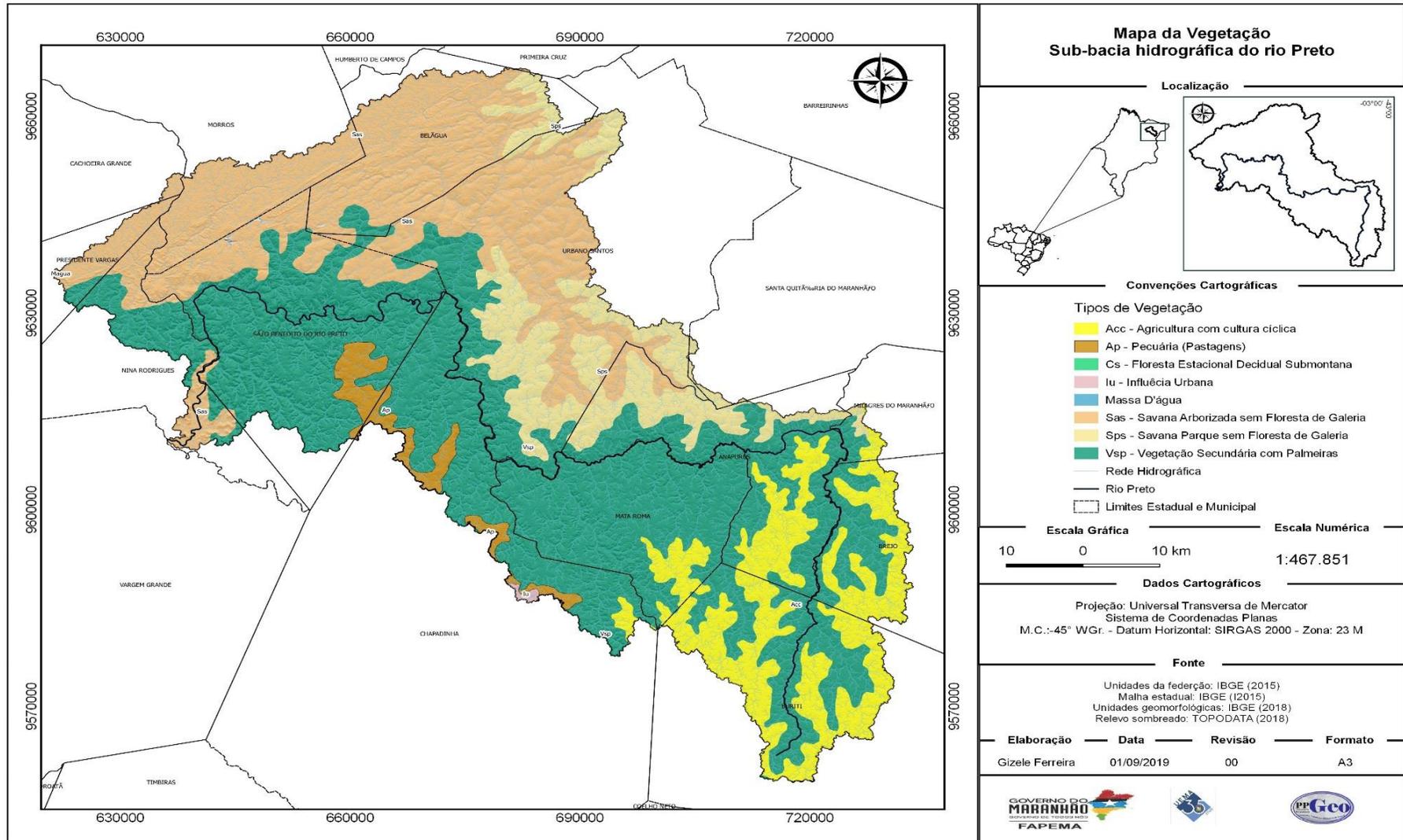
⁵ Árvores e arbustos com altura variando de 3 a 4 m.

Morros	A vegetação é composta pela Floresta Decidual com encraves de Floresta Ombrófila (IMESC, 2008).
Nina Rodrigues	A vegetação é composta por encraves da Floresta Ombrófila, e pela Floresta Estacional Decidual (IMESC, 2008).
Presidente Vargas	A vegetação é composta pelos Biomas Amazônia e Cerrado com a presença de árvores espaçadas (IMESC, 2008).
São Benedito do Rio Preto	A vegetação é composta por Floresta Ombrófila e Floresta Estacional (IMESC, 2008).
Urbano Santos	A cobertura vegetal caracteriza-se pelo contato de diversas fitofisionomias, destacando se: a floresta estacional semi-decidual e a vegetação de cerrado. (PINHEIRO; SOUSA; MENEZES, 2005, p.2535).

Fonte: Correia Filho *et al.* (2011).

Organização: Soares (2018).

Figura 27 - Mapa da vegetação da SBHRP



Fonte: NUGEO (2013)

A Savana Florestada (IBGE, 1992) – Cerradão e Campo Cerrado, é uma formação com uma fisionomia típica e característica, restrita das áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, ocorrendo em clima tropical eminentemente estacional. Essa cobertura vegetal é encontrada na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, constituídas pela Formação Itapecuru e com a presença de Latossolos e Neossolos.

Figura 28 – Cerradão no município de Chapadinha



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 29 - Campo Cerrado (B) em Anapurus - (Savana Florestada)



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Pecuária/Pastagens - As áreas de pastagem se configuram como cultura agrícola onde o pasto é o alimento quase que exclusivo usado na pecuária (figura 30). Apesar da inegável importância das pastagens nos sistemas pecuários brasileiros, levantamentos citam que 80% das pastagens cultivadas se encontram em algum estado de degradação (Barcellos e Vilela, 2001) ou em áreas com solos degradados.

Figura 30 – Criação de bovinos no município de Chapadinha



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Vegetação Secundária com palmeiras (Figura 31) é resultado de um processo de devastação de floresta para retirada da madeira. Quando a floresta é arrasada e o terreno abandonado, ocorre a regeneração natural. Não havendo novas derrubadas, a capoeira acaba dando lugar a arbustos grandes, após alguns anos, vai se assemelhando a floresta primária. Na sub-bacia, essas capoeiras, na sua maioria, passam a ser constituídas com predominância de palmácea de babaçu. (SANTOS, 2012)

Figura 31 - Vegetação Secundária com palmeiras



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Agricultura com cultura cíclica - Agricultura praticada por pequenos e médios produtores; utiliza práticas modernizadas, sempre que é possível. As relações sociais de produção são familiares e assalariadas, nas ocasiões de maior trabalho com a cultura, caracteristicamente cultivos anuais e bianuais.

Figura 32 – Cultivo de milho no município de Chapadinha



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 33 – Cultivo de soja no município de Urbano Santos



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

4.2 Caracterização dos aspectos socioeconômicos e as implicações ambientais na bacia.

Esse subcapítulo tem por objetivo a caracterização do perfil socioeconômico dos municípios inseridos na bacia, apontando o perfil da população bem como as atividades econômicas desenvolvidas. Através das tabelas e gráficos, apresentamos os dados estatísticos bem como a legitimação da ocupação do espaço e por consequência os impactos ambientais advindos do crescimento econômico e populacional.

Para Silva (2012):

As atividades socioeconômicas presentes em uma bacia hidrográfica exercem influência na magnitude e no tipo de impactos que ocorrem na área. Neste sentido, se torna imprescindível identificar, caracterizar e mapear as diversas formas de uso e ocupação do solo e seus efeitos em cada ambiente. Através deste diagnóstico é possível planejar o uso da bacia de acordo com as potencialidades e limitações de cada unidade geoambiental, propondo medidas mitigadoras. (SILVA, 2012. p.162)

A caracterização socioeconômica é fundamental no processo da análise integrada a partir da visão sistêmica haja vista o homem ser elemento de destaque na modificação da paisagem. Tendo como objetivo a compreensão da dinâmica da bacia, realizamos uma

interpretação sobre os aspectos sociais e econômicos com o objetivo de estabelecer uma conexão com o uso e ocupação da terra.

4.2.1 Breve contexto histórico da bacia hidrográfica do Rio Preto

A partir da década de 1980, instalaram-se em diversas localidades da chamada Microrregião de Chapadinha empresas nacionais voltadas ao cultivo de eucalipto com vistas à produção de celulose e à extração de madeira nativa para a produção de carvão vegetal. A expansão da sojicultura, enquanto cultivo de larga escala no Maranhão, é um processo de período recente e remonta a 1978 o primeiro indicador de produção de soja a constar nas estatísticas da Produção Agrícola Municipal do IBGE.

Na região de Chapadinha, o plantio da soja tem início em meados de janeiro e, dependendo da cultivar, se ciclo longo ou curto, termina em meados de maio/junho (EMBRAPA, 2006). Segundo Presoti (2008), o plantio nesta época (janeiro) dá-se em função do regime pluviométrico da região faces as necessidades de água que a planta tem; desta forma, pela pluviosidade, não se utilizam sistemas de irrigação.

No quadro atual na região de Chapadinha, inserida na área de pesquisa, encontra-se um constante avanço de projetos e modelos de modernização, com implantação de grandes estruturas. Nos anos 1990, a MARGUSA – Maranhão Gusa S/A, MARFLORA – Maranhão Reflorestadora Ltda. e a Suzano Papel e Celulose S/A instalaram-se com objetivo de fornecer insumos da cadeia produtiva carvão-aço e celulose no Estado. Este modelo atraiu outras formas de investimento, como do Complexo Agroindustrial (CAI) da soja, que nesta fase já se encontrava bem consolidado na região sul do Estado (SILVA, 2011).

O incremento do eucalipto atende uma demanda direta de basicamente dois setores: um que diz respeito à produção celulose a partir de modelos “sustentáveis” e outro, articulado com o capital financeiro mundial da mineração, o da produção de fontes renováveis para abastecimento de refinarias e carvoarias no Norte e Nordeste brasileiro.

Os empreendimentos estabelecidos na região de Chapadinha, na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, nas últimas três décadas têm provado vários danos ambientais, tais como: desmatamento, erosão do solo, nas chapadas eliminação dos pés de bacuri e pequi, assoreamentos e poluição dos mananciais, dentre outros.

4.2.2 População e emprego

A bacia hidrográfica do Rio Preto é constituída por 14 municípios: Anapurus, Belágua, Brejo, Buriti, Cachoeira Grande, Chapadinha, Mata Roma, Milagres do Maranhão, Morros, Nina Rodrigues, Presidente Vargas, Santa Quitéria do Maranhão, São Benedito do Rio Preto, Urbano Santos. A respeito da população que compõe a bacia hidrográfica do rio Preto, temos a seguinte distribuição (tabela 22).

Tabela 22 - População (2010) x População estimada (2018) *

Municípios	Área do município inserida na bacia (km²)	População (IBGE, 2010)	População estimada (IBGE, 2018)
Anapurus	565	13.939	15.566
Belágua	472	6.524	7.409
Brejo	232	33.359	36.139
Buriti	540	27.013	28.557
Cachoeira Grande	7	8.446	9.382
Chapadinha	483	73.350	79.145
Mata Roma	548	15.150	16.679
Milagres do Maranhão	34	8.118	8.445
Morros	225	17.783	19.292
Nina Rodrigues	210	12.464	14.264
Presidente Vargas	69	10.717	11.124
Santa Quitéria do Maranhão	10	29.191	25.519
São Benedito do Rio Preto	848	17.799	18.608
Urbano Santos	992,61	24.573	32.775
	5.235,61 km²	298.426,00	322.904,00

***Para cálculo da população não foi considerado os setores censitários.**

Fonte: IBGE (2018)

O IBGE (2017), em relação ao meio rural, vale destacar elementos como o aumento das atividades não agrícolas, a mecanização, a intensificação, a pluriatividade, a valorização da biodiversidade, a expansão do setor terciário e a intensificação de fluxos materiais e imateriais na caracterização e maior compreensão de suas dinâmicas. Abaixo a distribuição territorial das áreas em urbanas e rurais apresentadas em dados numéricos (Tabela 23) e sua respectiva representação espacial. A organização do território a partir de determinadas tipologias de classificação, possibilitou caracterizar os espaços rurais e urbanos a fim de estabelecer relações com as atividades econômicas desenvolvidas na área da bacia.

Se por um lado as populações, as atividades econômicas, as interações sociais e culturais, bem como os impactos ambientais e sociais estão cada vez mais concentrados nas

idades, por outro, novos elementos tem sido ressaltados trazendo novas perspectivas para o rural. Diversos autores (ABRAMOVAY, 2003; VEIGA, 2003; ENDLICH, 2010; ROSA; FERREIRA, 2010) alertam para um novo conjunto de atividades, além das primárias, que vem sendo desenvolvido no campo, além de outros, como Abramovay (2003), que também tem destacado a recente valorização das regiões interioranas devido a diversos fatores como a biodiversidade, o patrimônio paisagístico e o estilo de vida. Concomitantemente, a urbanização acelerada transformou e continua transformando parcelas do campo por meio da inserção de novas técnicas e pela de demanda crescente de alimentos e de recursos naturais.

O Manual da base territorial considera a referência legal para definição de áreas urbanas e rurais, qual seja, a de áreas institucionalizadas nos estados e municípios. Uma área urbana seria aquela

[...] interna ao perímetro urbano, criada através de lei municipal, seja para fins tributários ou de planejamento urbano (Plano Diretor, zoneamento etc.). Para as cidades ou vilas onde não existe legislação que regulamente essas áreas, deve-se estabelecer um perímetro urbano para fins de coleta censitária cujos limites devem ser aprovados oficialmente pela prefeitura municipal (área urbana para fins estatísticos) (MANUAL..., 2014, p. 21).

A área rural, por sua vez “é aquela que não foi incluída no perímetro urbano por lei municipal. Caracteriza-se por uso rústico do solo, com grandes extensões de terra e baixa densidade habitacional. Incluem campos, florestas, lavouras, pastos etc” (IBGE, 2014).

Tabela 23 - Divisão da sub-bacia em áreas urbanas e rurais

Topologia do Território	Área (km²)	%
Áreas Urbanas	482,38	9,21
Rural Remoto	0,39	0,01
Rural Adjacente	3.697,57	70,62
Intermediário Adjacente	1.055,27	20,16
Total	5.235,61	100

Fonte: IBGE (2017)

Destaca-se que as discussões sobre a ocupação das áreas rurais e urbanas fornecem subsídios necessários para análise da realidade e interpretação das mudanças na paisagem ao longo dos anos pois o espaço rural é caracterizado em relação ao espaço urbano por seu menor grau de transformações, densidades mais leves, contato mais direto com a natureza. No rural, as relações com a terra por mais alterada que tenha se tornado em alguns locais específicos da sub-bacia, ainda é mais próxima e dependente dos ciclos e recursos

naturais. Observa-se que a natureza pode ter sido alterada com a utilização das novas técnicas usadas na agricultura, o que é comum frente aos avanços da tecnologia e a facilidade na aquisição de novas ferramentas que otimizam os processos, entretanto, os recursos naturais continuam e formam a base fundamental do rural como verificamos na área de estudo visto que, segundo o IBGE (2017), ela é essencialmente rural.

Figura 34 – Casa de taipa – Chapadinha - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

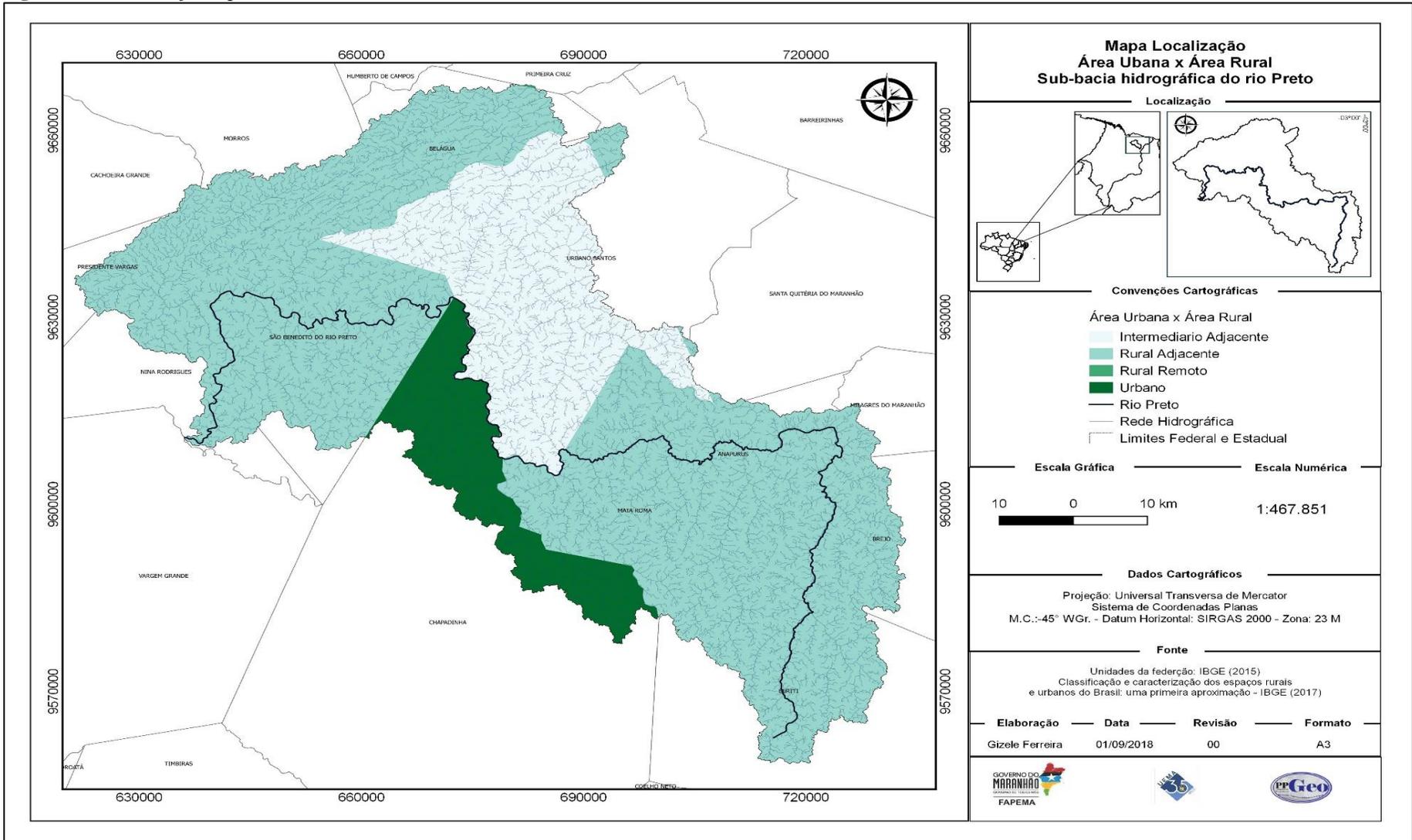
Figura 35 – Plantação de roça de feijão- - Urbano Santos - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Da mesma forma a relação rural-urbano pode ter se intensificado, subordinando ainda mais o rural, porém destaca-se sua importância quanto a disponibilidade de recursos naturais e fonte de alimentos. Essa relação desigual com priorização do urbano não anula a representatividade econômica das áreas rurais da sub-bacia haja vista sua importância para o desenvolvimento das atividades vinculadas ao setor primário como extrativismo, agricultura e pecuária.

Figura 36 - Distribuição espacial das áreas urbanas e rurais



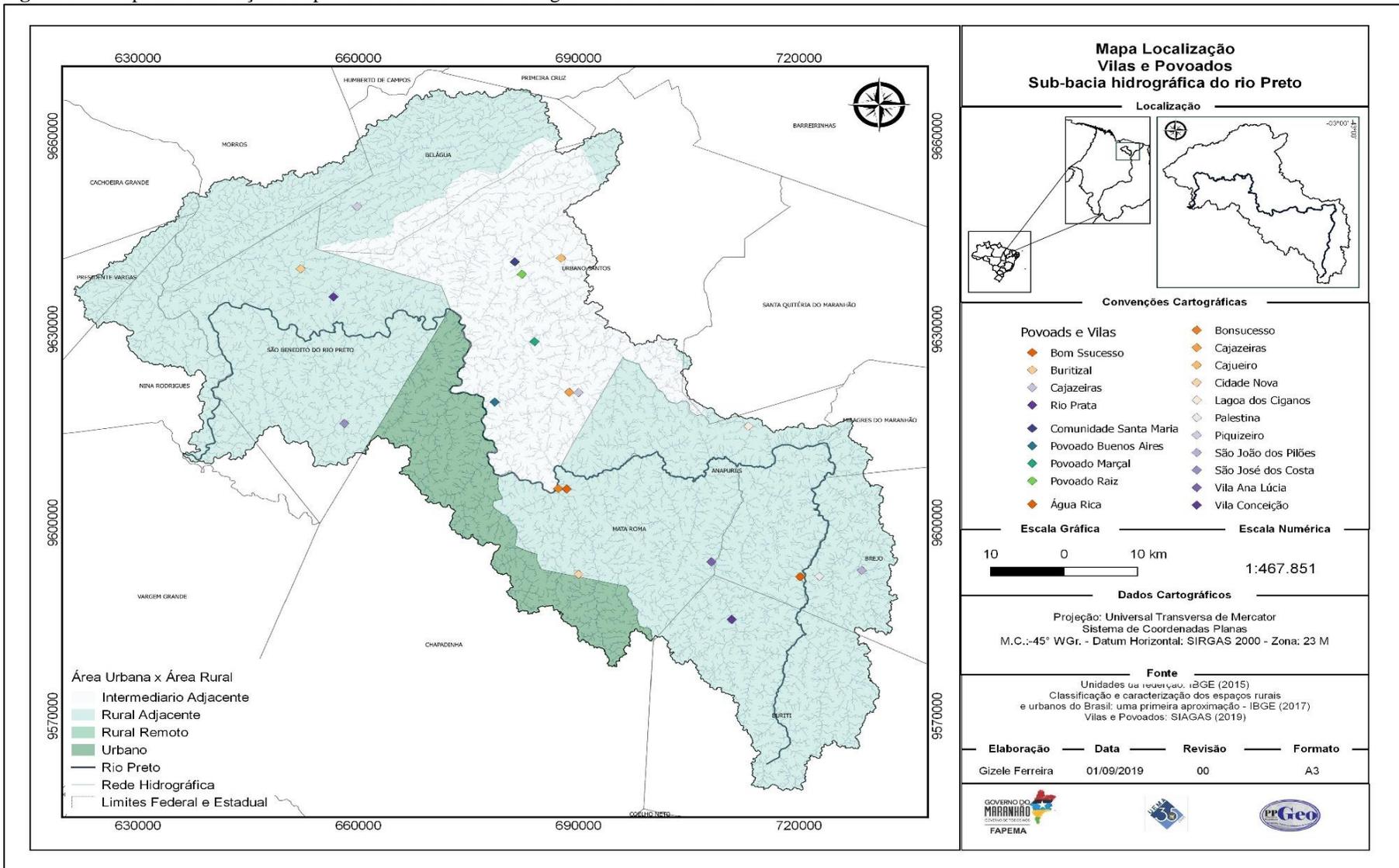
Fonte: IBGE (2010, 2018)

Um outro fator importante a ser analisado, no que diz respeito a dinâmica das populações, é o mapeamento das vilas⁶ e povoados⁷ (IBGE, 2010) que estabelecem suas relações e atividades ao longo dos corpos hídricos como alternativa locacional de sobrevivência. Tais comunidades, costumam viver da agricultura familiar e são responsáveis também pela alteração da paisagem pois estas sobrevivem de pequenos cultivos ou roças que em sua maior parte fazem uso de queimadas como meio de preparação do solo para plantio, tal discussão será abordada no subitem de transformação da paisagem (item 4.3) apresentamos o mapa com as áreas mapeadas em campo bem como o último levantamento realizado pelo IBGE sobre a classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil e o banco de dados do SIAGAS (CRPM,2019). O mapeamento não levou em consideração a área dos povoados, mas sim a localização espacial dos mesmos em função do município. Não existe limites espaciais definidos para os povoados e vilas, apenas a organização em função da identidade dos moradores das áreas, as atividades econômicas que desenvolvem e a ocupação de áreas geralmente voltadas para a criação de gado e agricultura de subsistência.

⁶ Vila - Localidade onde está sediada a autoridade distrital, excluídos os distritos das sedes municipais. Observa-se que nem todas as vilas criadas pelas legislações municipais possuem ocupação urbana. Na ocorrência desses casos, tais vilas não foram isoladas em setores urbanos no Censo Demográfico 2010. (Atlas do Censo Demográfico, 2010)

⁷ Povoado - Tipo de aglomerado rural sem caráter privado ou empresarial, ou seja, não vinculado a um único proprietário do solo (empresa agrícola, indústria, usina etc.), cujos moradores exercem atividades econômicas, quer primárias (extrativismos vegetal, animal e mineral e atividades agropecuárias), terciárias (equipamentos e serviços) ou secundárias (industriais, em geral), no próprio aglomerado ou fora dele. O povoado é caracterizado pela existência de um número mínimo de serviços ou equipamentos para atender aos moradores do próprio aglomerado ou de áreas rurais próximas. ((Atlas do Censo Demográfico, 2010)

Figura 37 - Mapa de localização dos povoados da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

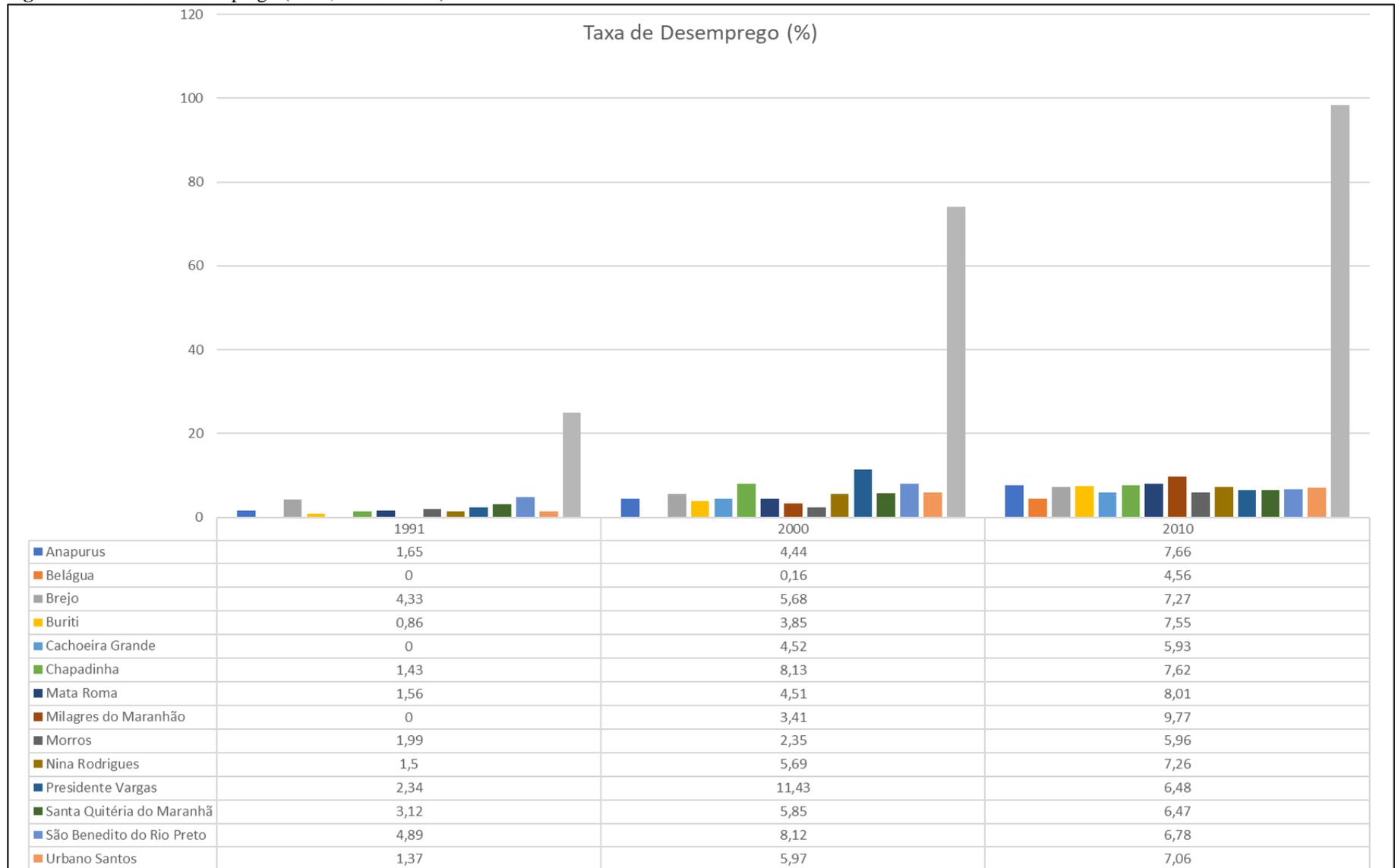


Fonte: IBGE (2010,2017), SIAGAS (2019)

No que diz respeito a emprego, para fins comparativo, utilizamos os dados de 2000 e 2010 para verificar a variação da taxa de desemprego nos municípios estudados. Foi possível verificar que quase todos os municípios apresentaram alteração na taxa de desemprego, havendo o crescimento do número de desempregados. A taxa de desemprego diminuiu apenas em Chapadinha e Presidente Vargas. Segundo o IBGE (2010) temos o seguinte conceito de trabalho, que fundamentou a tabulação e interpretação dos dados obtidos, O conceito fundamental de trabalho segundo o IBGE (2010) é a ocupação econômica remunerada em dinheiro, produtos ou outras formas não monetárias, ou a ocupação econômica sem remuneração, exercida pelo menos durante 15 horas na semana, em ajuda a membro da unidade domiciliar em sua atividade econômica, ou a instituições religiosas beneficentes ou em cooperativismo ou, ainda, como aprendiz ou estagiário. Para os indivíduos que trabalham investiga-se a ocupação, o ramo de atividade, a posição na ocupação, a existência de mais de um trabalho, o rendimento efetivamente recebido no mês anterior, o número de horas efetivamente trabalhadas, etc. Para os indivíduos que procuram trabalho investiga-se a providência tomada, o tempo de procura, se trabalharam antes com ou sem remuneração, a ocupação, o ramo de atividade e a posição na ocupação do último trabalho. Para os inativos, se procuraram trabalho no período de referência de 30 ou 60 dias.

A tabulação dos dados da pesquisa seguiu o que recomenda a Organização Internacional do Trabalho e objetivou produzir resultados que facilitaram o entendimento da dinâmica dos municípios. Foram considerados para tabular os dados da taxa de desemprego: Percentual da população de 16 anos e mais, economicamente ativa, desocupada. A figura 38 demonstra os resultados da pesquisa.

Figura 38 - Taxa de Desemprego (1991, 2000 e 2010)



Fonte: IBGE - Censos Demográficos: 1991, 2000 e 2010.

4.2.3 Infraestrutura

Tópico destinado a caracterização dos elementos prioritários que fazem parte da infraestrutura básica de um município. As variáveis consideradas foram o abastecimento de água, instalações sanitárias, coleta de lixo por município. Levamos em consideração a tabulação dos dados por domicílio, considerando a importância que tais informações são consideradas básicas para o planejamento, devido que o acesso a esta infraestrutura melhora tanto as condições ambientais como as de saúde.

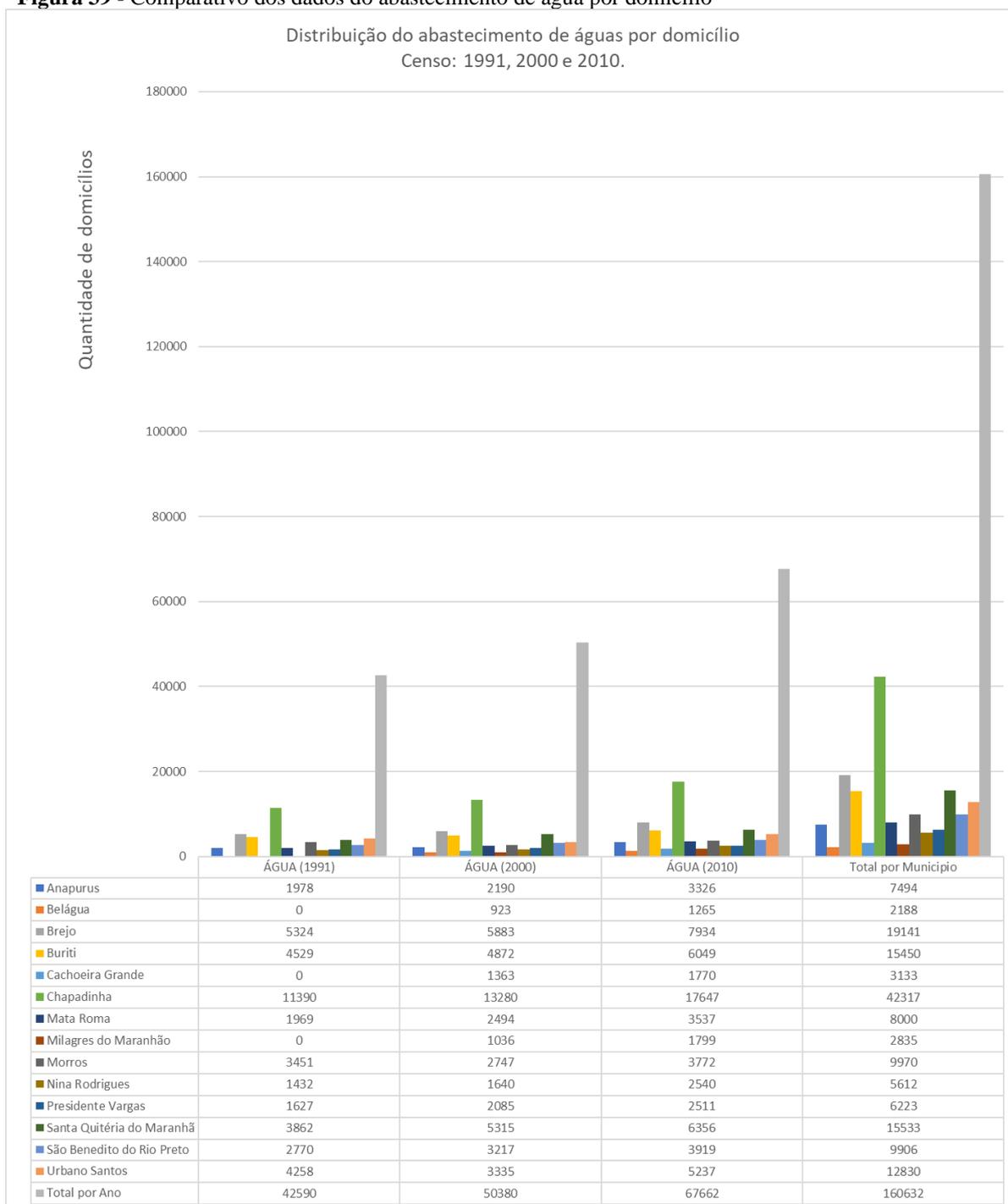
4.2.3.1 Abastecimento de água, instalações sanitárias e coleta de lixo

O abastecimento de água ao município é de extrema importância para a população quanto ao desenvolvimento das atividades econômicas. Posto que o acesso à água de qualidade e em quantidade equilibrada faz parte da Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que tem como alguns de seus fundamentos **“a água ser um bem de domínio público” e em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais**”, assim, deve-se assegurar que o acesso à água de qualidade e quantidade seja prioridades para a gestão pública.

Segundo o Atlas de Saneamento - IBGE (2011),

A distribuição de água de boa qualidade e em quantidades adequadas à população consiste em um procedimento essencial de saneamento básico, uma vez que assegura a saúde e o bem-estar da sociedade, permitindo dessa forma o desenvolvimento de suas forças produtivas de forma sustentável. Nas áreas urbanas, o abastecimento de água prevalece sobre as rurais, havendo uma correspondência direta com a densidade populacional dos municípios (IBGE, 2011, on-line)

A figura 39, apresentamos os dados dos últimos censos, no que diz respeito ao abastecimento de água por domicílio na região.

Figura 39 - Comparativo dos dados do abastecimento de água por domicílio

Fonte: IBGE, 2010.

É possível verificar que houve melhorias na distribuição de água para em todos os municípios. Para fins comparativo, como no censo de 1991 houve cidades sem a informação desses dados, usamos os dados obtidos do censo de 2000 e 2010. Foi possível verificar que houve melhorias no que diz respeito ao acesso a água para a população. Em termos percentuais, apresentamos a tabela abaixo para melhor visualização dos dados.

Tabela 24 - Percentual de crescimento do variável abastecimento (%)

Município	Percentual de crescimento variável abastecimento (%)	
	Censo 2000	Censo 2010
Anapurus	4,35	4,92
Belágua	1,83	1,87
Brejo	11,68	11,73
Buriti	9,67	8,94
Cachoeira Grande	2,71	2,62
Chapadinha	26,36	26,08
Mata Roma	4,95	5,23
Milagres do Maranhão	2,06	2,66
Morros	5,45	5,57
Nina Rodrigues	3,26	3,75
Presidente Vargas	4,14	3,71
Santa Quitéria do Maranhão	10,55	9,39
São Benedito do Rio Preto	6,39	5,79
Urbano Santos	6,62	7,74

Fonte: IBGE - Censos Demográficos: 2000 e 2010.

Os dados de abastecimento de água fazem interface com os dados de coleta de lixo e instalações sanitárias por domicílio/município. Os domicílios que fazem parte do sistema de abastecimento em rede são os mesmo que estão mapeados para coleta do lixo e adaptaram suas casas para receber a água do sistema de abastecimento da cidade que cada um destes está alocado.

4.3 O desenvolvimento socioeconômico e implicações ambientais na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

Os resultados dessa pesquisa se inserem no contexto dos estudos dos componentes do meio físico e natural e de suas relações frente às atividades antrópicas, destacando as suas potencialidades, as restrições, os usos, o planejamento ou ausência dele. Nesse sentido, destaca-se que o uso e a ocupação da terra se apresenta como um elemento que fundamenta os estudos de natureza ambiental, pois tem como objetivo retratar as atividades antrópicas que estão causando impactos sobre os elementos físicos e conseqüentemente alterando as características da área de estudo nos trinta anos de alterações da paisagem natural levantados na pesquisa.

Assim, o contexto ora apresentado, a partir da análise da dinâmica do uso e ocupação da terra, destaca os múltiplos usos em função do avanço social e econômico. É

importante destacar como o uso inadequado da terra vem intensificando os problemas ambientais, dentre eles: os processos de erosão, fragmentação de habitat, diminuição da cobertura vegetal nativa e secundária, dentre outros. Tendo em vista que a SBHRP é palco de atuação dos agentes naturais e antrópicos, temos assim os múltiplos usos da bacia sem considerar o planejamento ambiental adequado. O levantamento quantitativo das informações de uso e cobertura da terra é de grande utilidade pois se constitui como importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão.

Ao retratar as formas e a dinâmica de ocupação da terra, estes estudos também representam instrumento valioso para a construção de indicadores ambientais para a avaliação da capacidade de suporte ambiental, frente aos diferentes manejos empregados na produção, contribuindo assim para a identificação de alternativas promotoras da sustentabilidade do desenvolvimento (IBGE, 2013). Na SBHRP, os atores sociais desenham as transformações que ocorrem na sub-bacia. De um lado, a agricultura de subsistência e do outro o a força empresarial que administra o agronegócio, mas especificamente para o cultivo de monoculturas (soja, eucalipto). Esse último ator social tem causado um impacto significativo na dinâmica do uso da terra na área de estudo.

De acordo com Nascimento (2010), a região da SBHRP é uma região que predomina a agricultura, o extrativismo, com destaque para as culturas temporárias do arroz, milho, feijão e mandioca e com predominância do extrativismo de babaçu, carnaúba, pequi e bacuri, sendo o primeiro, o mais significativo na economia regional e também na economia camponesa.

Figura 40 – Roça de soja nas proximidades do povoado de Buenos Aires – Urbanos Santos - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A região parte da SBHRP é habitada por populações tradicionais que vivem de uma agricultura familiar rústica, do extrativismo do pequi, do bacuri, do babaçu, do buriti.

Em contrapartida, ao longo desses trinta anos de mudanças, cada vez mais ganha destaque as plantações em larga escala de eucalipto que abastece principalmente indústrias de papel e celulose, fábricas de móveis e de produtos de madeira. O monocultivo dessa árvore vem tomando espaço no campo brasileiro e na região da SBHRP. Uma das questões mais controversas envolvendo o setor diz respeito aos impactos ambientais gerados pelos plantios de eucalipto, sobretudo, às avaliações que essa espécie exótica consome muita água e contribui para a diminuição do fluxo dos rios e córregos. O setor empresarial defende a atividade de “florestas plantadas” como ambientalmente correta e enumera pontos positivos, como a alta taxa de sequestro de gás carbônico (um dos vilões do aquecimento global) e a restauração de áreas degradadas, principalmente, por pastagens.

Figura 41 – Plantio de Eucalipto – Urbanos Santos - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

As figuras abaixo retratam as atividades que caracterizam o cotidiano das famílias tradicionais, a produção de farinha oriunda do plantio da mandioca, fonte de subsistência dessas famílias. Na área rural dos municípios da microrregião de Chapadinha essas atividades de subsistência são comuns nos povoados. As famílias desenvolvem diferentes atividades econômicas importantes para a manutenção de seu grupo familiar, atividades como: a agricultura voltada tanto para o consumo da sua família, como para a comercialização.

Figura 42 – Casa de farinha localizado no povoado Bacabal no município de Chapadinha – MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 43 –Forno localizado no povoado Bacabal no município de Chapadinha – MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A partir da década de 1980, instalou-se na Microrregião de Chapadinha empresas voltadas ao cultivo de eucalipto com vistas à produção de celulose e à extração de madeira nativa para a produção de carvão vegetal. Essas atividades se inserem na chamada área de influência de grandes projetos do Programa Grande Carajás, apesar daquela região não fazer parte oficialmente deste programa (PAULA ANDRADE, 1995). Estes empreendimentos estão

assentados dentro da bacia do Rio Preto e foram responsáveis também pelas transformações da paisagem na área de estudo.

Figura 44 - Agroindústrias localizadas na zona rural do município de Anapurus – MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O avanço do agronegócio, na região, foi consolidado pelas empresas MARGUSA, MARFLORA⁸ e Suzano Papel e Celulose. Segundo Paula Andrade (1995), a MARGUSA (Siderúrgica Maranhão Gusa S/A) foi fundada em 1985 por empresários maranhenses com incentivos da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) e vendida, posteriormente ao grupo japonês Yanmar do Brasil S/A. No ano de 2003, a MARGUSA foi comprada pelo grupo siderúrgico GERDAU. Já a MARFLORA era o braço florestal da MARGUSA (RIBEIRO JÚNIOR; OLIVEIRA; COSTA, 2014, p.16).

Nesse contexto, os empreendimentos estabelecidos na região de da SBHRP e as atividades de subsistência das famílias assentadas na área da sub-bacia, nas últimas décadas, tem provado vários danos ambientais, tais como: desmatamento, erosão do solo, nas chapadas, eliminação dos pés de bacuri e pequi, assoreamentos e poluição dos mananciais, dentre outros.

4.4 As transformações da paisagem e a análise integrada na área de estudo

O controle e gestão adequada dos recursos hídricos depende do disciplinamento do uso e ocupação da terra em uma bacia hidrográfica. As comunidades, com o conhecimento necessário, reflexão crítica e organização adequada, podem tornar-se os agentes de controle e fiscalização para utilização sustentável da bacia. Tucci et al (2001) destacam que a Lei 9.433/97

⁸ MARFLORA – Maranhão Reflorestadora Ltda. Braço florestal da Siderúrgica MARGUSA. Segundo Paula Andrade (1995, p.27), A Margusa instituiu a Marflora nas categorias “especializada, extratora de lenha e produtora de carvão vegetal. Foi instituída, portanto, como empresa prestadora de serviços à Margusa.

(“A Lei das Águas”) promoveu uma descentralização na gestão das águas. Portanto, a partir desta lei a gestão deixa de ser de competência exclusiva do Poder Público podendo passar também para a esfera local de cada bacia hidrográfica.

Nesse processo, a mobilização esclarece e qualifica os usuários da água e as comunidades nas áreas das bacias hidrográficas, de forma a incorporar valores e transformações sociais, a partir de um pensamento crítico onde o público sujeito seja consciente e, sobretudo, defensor dos seus recursos hídricos (Vale, 2003). Outro ponto de apoio para a inserção da comunidade à temática dos recursos hídricos, como indicam Machado e Cardoso (2000), consiste em valorizar a base empírica de conhecimento da população uma vez que tal conhecimento traz em si um potencial socioambiental inigualável.

Os usos dos recursos hídricos têm se intensificado com o desenvolvimento econômico, tanto no que se refere ao aumento da quantidade demandada para determinada utilização, quanto no que se refere a variedade dessas utilizações. À medida que a civilização se desenvolveu outros tipos de usos foram surgindo, disputando os usos de recursos hídricos muitas vezes escassos e estabelecendo conflitos entre usuários (LANNA, 2002, p.734).

A utilização dos recursos naturais sem o devido manejo pode provocar alterações impactantes no ambiente natural, com reflexos sobre os recursos hídricos, com repercussões diretas e indiretas na qualidade de vida dos diversos segmentos sociais, como indica Machado (2001). Os desmatamentos, as queimadas, os movimentos de terra, a impermeabilização do solo pelo surgimento de cidades, a poluição resultante do uso de pesticidas e fertilizantes são mudanças nos meios urbano e rural provocadas pela ação direta ou indireta do ser humano no ambiente, que produzem alterações ambientais com reflexo direto sobre os corpos d’água (MMA/ANA, 2001).

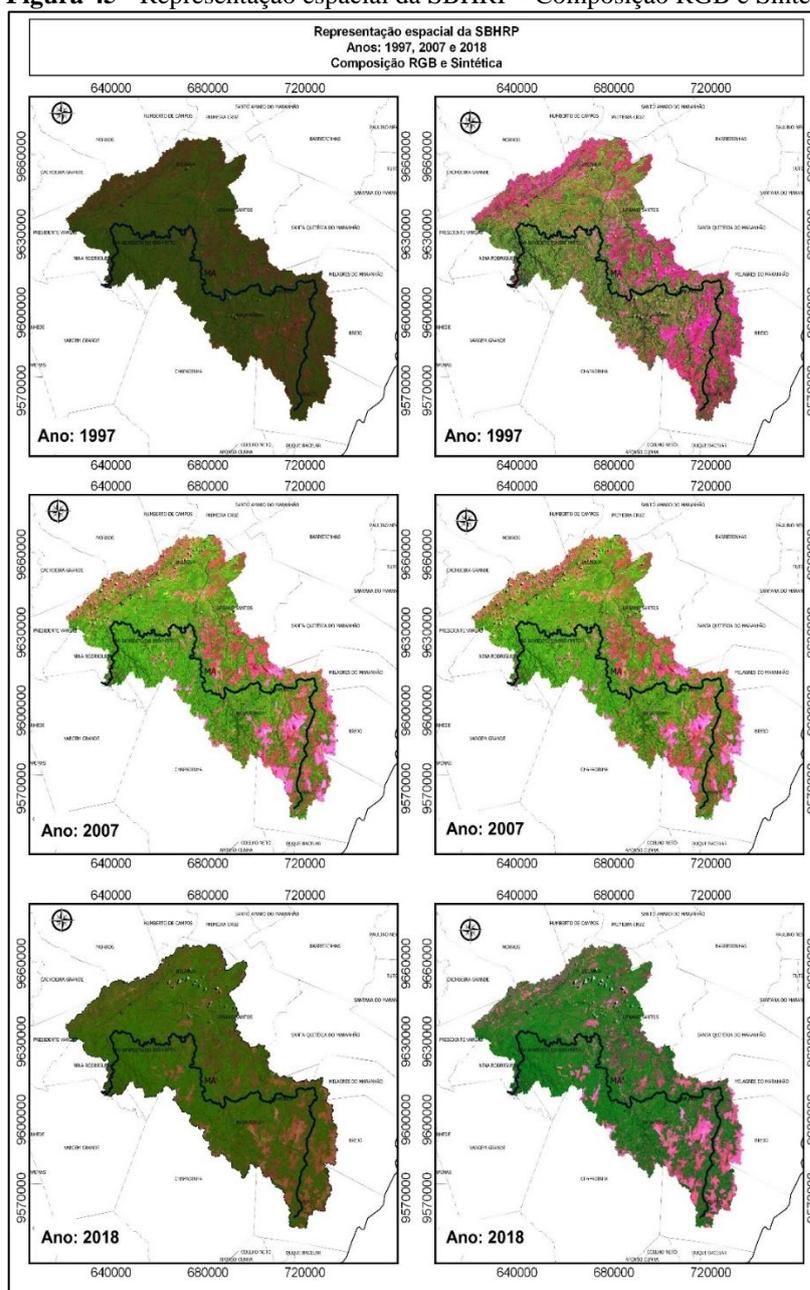
Em termos de uso e ocupação do solo na bacia, esta é de natureza predominantemente rural, sendo reduzido o número de cidades banhadas pelo Rio Munim e seus afluentes. Isto explica o fato da atividade agrícola de subsistência e de larga escala, que tem atualmente na soja a cultura que mais demanda terras na bacia, ser a principal causadora do desmatamento, erosão do solo e assoreamento dos cursos d’água. Além dessas ações, o Rio Munim sofre com extração indiscriminada de areia de seu leito, que é realizada sem nenhum critério técnico (Brasil, 1991). A atividade de carvoejamento na região de cerrado, junto às suas cabeceiras nos municípios de Urbano Santos, Mata Roma, Chapadinha e Nina Rodrigues também é outro problema que vem prejudicando o solo na bacia, por conta do intenso desmatamento.

O crescente aumento nas últimas décadas das áreas produtivas, das cidades, da exploração dos recursos naturais, das atividades ligadas à mineração e demais atividades voltadas ao atendimento das necessidades básicas do homem, tem provocado rápidas alterações na paisagem que juntamente com o desenvolvimento sempre contínuo e as vezes mal planejado, geram diversos impactos ambientais e socioeconômicos. Visando identificar e classificar as alterações ocorridas nas paisagens, a obtenção de informações precisas sobre o espaço geográfico torna-se condição necessária para o planejamento regional e local (ARAÚJO FILHO et al., 2007; ROCHA; ROSA, 2008)

A intensificação do uso da terra, principalmente para atividades agrícolas, em geral elimina a cobertura vegetal natural e contribui para o desencadeamento de processos de erosão acelerada dos solos. Com 5.235,61 km², a SBHRP apresenta o uso e ocupação do solo bastante delineado. Através das análises visuais realizadas sobre as imagens do satélite, foi possível identificar áreas de pastagens, cultivos agrícolas, como áreas degradadas, ou seja, sem cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente (APP), processos erosivos, dentre outros. Essas características permitiram realizar uma análise quanto ao uso e ocupação da terra e discutir se esses usos são adequados à legislação ambiental em vigor no Brasil.

A SBHRP apresenta sua área ocupada por pastagens plantio de eucalipto, soja e outras atividades agrícolas. Com essa ocupação pode-se dizer que a bacia possui uma matriz de uso e cobertura predominantemente agrícola, fato que pode ser observado no mapa de uso e cobertura da terra nos anos de 1997, 2007 e 2018. Abaixo a representação espacial dos três anos analisados no trabalho e suas respectivas imagens sintéticas com realce destacado para melhor visualização das transformações da paisagem que serão discutidas nos itens que segue.

Figura 45 - Representação espacial da SBHRP - Composição RGB e Sintética



Fonte: USGS, 2018.

4.4.1 Cenário 1997, 2007 e 2018.

Realizar o diagnóstico ambiental através da interpretação das transformações da paisagem auxilia na prevenção e remediação de prováveis impactos ambientais, indesejáveis do ponto de vista econômico, social e ecológico. Realizado em bacias hidrográficas, tais estudos têm auxiliado no ordenamento do uso e ocupação da terra através da dinâmica da paisagem que considera as aptidões existentes no local, os usos e a sua distribuição espacial.

O uso e cobertura da terra SBHRP foi realizado para os anos de 1997, 2007 e 2018, utilizando imagens de satélite. Para auxiliar a interpretação das categorias de uso e ocupação foram elaboradas interpretações que permitiram identificar e mapear as categorias de uso e ocupação conforme descrito abaixo.

Floresta Estacional Semidecidual Submontana / Vegetação Secundária: São floresta ou matas resultantes de um processo natural de regeneração da vegetação, em áreas onde anteriormente houve corte raso da floresta primária. Nesses casos, quase sempre as terras foram temporariamente usadas para agricultura ou pastagem, com uma grande perturbação do meio, seja com fogo, corte de madeira ou ventos, e a floresta renasce espontaneamente após o abandono destas atividades.

Figura 46 – Vegetação secundária (ao fundo) com a presença de queimadas para plantio de novas culturas



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Mosaico de Savana Arborizada e Savana Parque: Vegetação com os aspectos de campo cerrado, cerrado ralo, cerrado típico ou denso e formação essencialmente constituída por um estrato graminóide e presença de formações naturais ou antropizada com predomínio de vegetação herbácea, principalmente gramíneas, e pequenas árvores e arbustos bastante espaçados entre si ou caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis e outras com muito destaque.

Figura 47 – Savana Arborizada e Savana Parque



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Área de Influência Urbana: Áreas urbanizadas, constituídas por áreas compreendidas no perímetro urbano dos municípios com as maiores densidades populacionais em relação as áreas rurais.

Figura 48 – Moradias do Programa Minha Casa, Minha Vida na área urbana de Chapadinha



Fonte: Dados da pesquisa

Silvicultura: Reflorestamento com Eucalipto em áreas associadas em diferentes níveis às frentes de consolidação/expansão e conversão das áreas naturais para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, industriais, florestais e minerárias.

Figura 49 – Plantio de Eucalipto no município de Urbano Santos - MA



Fonte: Dados da pesquisa

Mosaico de Pastagem, Agricultura e Agropecuária: São áreas associadas em diferentes níveis às frentes de consolidação/expansão e conversão das áreas naturais para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, industriais, florestais e minerárias e pequenas roças que margeiam o leito dos corpos hídricos. Tais áreas de formações pioneiras correspondem as matas ciliares (proteção permanente) cuja função ambiental é de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Áreas Institucionais, constituídas pelas áreas protegidas de uso restrito e controlado, previstas em Lei e instituídas pela União, Estado ou municípios. Uso e restrições definidas por legislação específica, porém não tem cumprido seu papel ambiental por conta da ocupação desordenadas das áreas de proteção, principalmente para cultivo de roças ao longo das margens do rio.

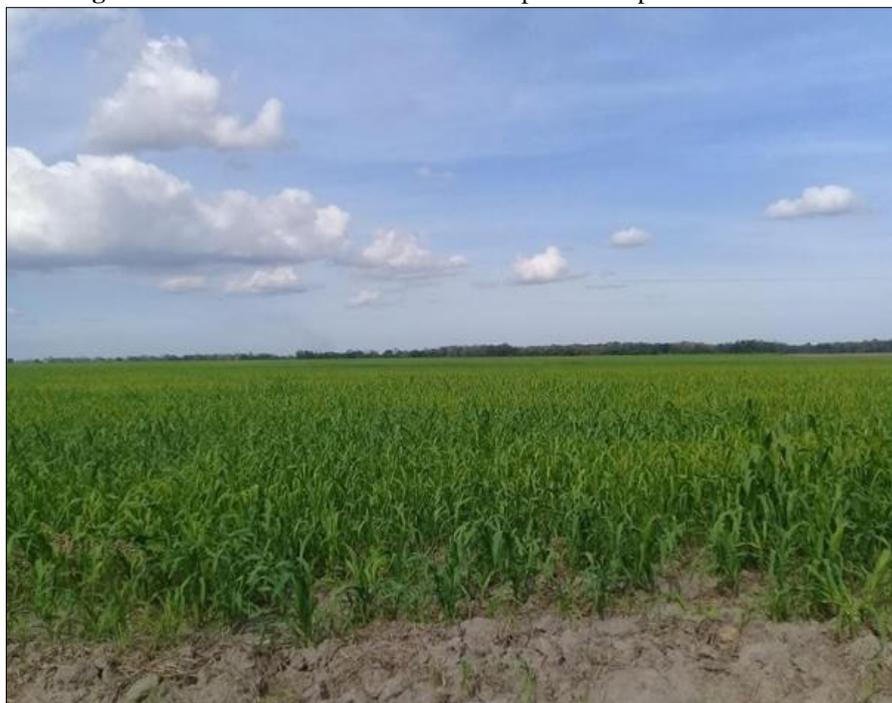
Figura 50 – Plantio feijão em urbano Santos - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Culturas cíclicas: Predominância do cultivo de soja, milho e outras culturas de ciclo anual, com predominância do cultivo de soja.

Figura 51 – Cultivo de milheto no município de Chapadinha.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Áreas de formação pioneira com influência marinha - Restinga: Áreas de influência costeira, com potencial social predominantemente baixo, envolvendo a baixada litorânea, áreas de restinga, áreas de dunas e áreas tabulares costeiras.

Figura 52 – Área de restinga no município de Belágua - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Ao realizar a análise multitemporal de padrões de mudança no uso e ocupação do solo a partir de dados de satélites da série Landsat foi possível verificar as informações relevantes que auxiliarão na tomada de decisão em gestão ambiental (YUAN et al., 2005, p.317). Com 5.235,61 km², a SBHRP apresenta o uso e ocupação do solo bastante diversificado. Através das análises visuais realizadas sobre as imagens de satélite, foi possível identificar áreas de cultivos agrícolas, áreas direcionadas a silvicultura, assim como áreas degradadas, ou seja, sem cobertura vegetal nas Áreas de Preservação Permanente (APP), processos erosivos, dentre outros. Esse diagnóstico permitiu realizar uma análise quanto ao uso e ocupação destas, bem como discutir se esses usos são adequados à legislação ambiental em vigor no Brasil. As ocupações inadequadas, desmatamentos, erosões, escorregamentos, assoreamento de corpos hídricos, frutos do aumento da população e da crescente expansão da sojicultura e silvicultura, são alguns dos principais problemas ambientais que ocorrem atualmente na sub-bacia hidrográfica do Rio Preto.

O estudo foi realizado em um período de 30 anos, utilizando imagens obtidas a intervalos de dez anos: 1997, 2007 e 2018. Foram definidas 07 classes temáticas: vegetação

secundária, mosaico de savana arborizada e savana parque, área de influência urbana, silvicultura, mosaico de pastagem, agricultura e agropecuária, culturas cíclicas e restinga. A classe corpo d'água foi considerada parcialmente, pois a resolução das imagens, em relação às pequenas dimensões dos cursos, não permite que sejam corretamente identificadas.

Ao analisar os dados de uso e ocupação da terra na área de estudo (Tabela 25) na série temporal escolhida, verificou-se que para o espaço-tempo dos anos analisados, as classes mosaico de savana parque e arbórea (vegetação com características de cerrado), vegetação secundária, restinga, sofreram alterações devido ação do homem e avanço das lavouras temporárias e permanentes, além da ocupação do homem em áreas de nascente.

Tabela 25 - Classes temáticas utilizadas na pesquisa para o mapeamento do uso e ocupação da terra na SBHRP

Classes temáticas mapeadas	Ano do cenário analisado					
	1997		2007		2018	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Mosaico de savana arborizada e savana parque	3.398,70	64,92	3.323,26	63,47	3.284,96	62,74
Área de influência urbana	16,72	0,32	15,38	0,29	19,96	0,38
Silvicultura	35,95	0,69	42,73	0,82	129,88	2,48
Mosaico de pastagem, agricultura e agropecuária	404,65	7,73	542,62	10,36	398,53	7,61
Culturas cíclicas	699,79	13,37	725,81	13,86	832,03	15,77
Restinga	509,97	9,74	438,25	8,37	428,59	8,19
Vegetação secundária	167,95	3,21	145,55	2,78	139,43	2,78
Massa d'água	1,88	0,04	2,01	0,04	2,23	0,04
TOTAL	5.235,61	100	5.235,61	100	5.235,61	100

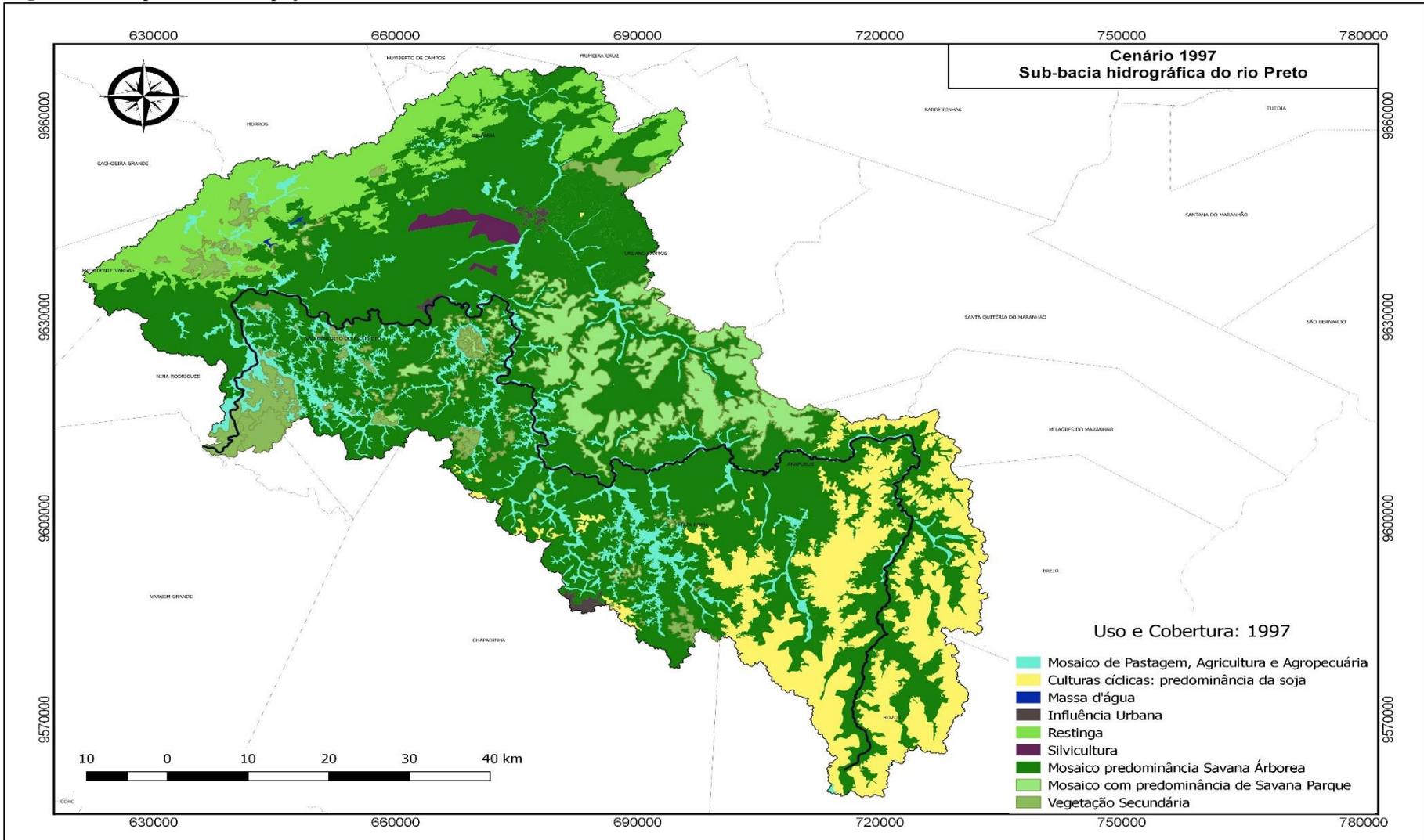
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A visualização da evolução espacial do uso e ocupação da terra é apresentada nas figuras 53, 54 e 55. No início do período de análise, no ano de 1997, predominavam, na área, as classes mosaico de savana arborizada e savana parque que correspondem as áreas de cerrado em suas diversas apresentações essencialmente constituída por um estrato graminóide ou presença de formações naturais ou antropizada com predomínio de vegetação herbácea, pequenas árvores e arbustos bastante espaçados entre si ou caracterizada pela presença de árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, algumas vezes imperceptíveis e outras com muito destaque, estabelecimento das cidades silvicultura em estágio inicial, pois às concessões de incentivos fiscais a empreendimentos comerciais na área florestal e a instalação de indústria papeleira iniciaram na década analisada.

No que diz respeito à soja, especificamente, sua chegada ocorre por meio do estabelecimento de agricultores provenientes de estados da região Sul e Centro-Oeste, que encontram na região uma boa possibilidade de cultivo da soja especialmente pela maior facilidade de escoamento da produção, representada pela proximidade da localização da microrregião com o porto do Itaqui e do Terminal de Grãos da Companhia Vale, além da facilidade de aquisição de grandes hectares de terras férteis ocasionado tanto pelo baixo custo a que essas terras eram vendidas pelos proprietários originais, como pela falta de uma regularização fundiária na região (SANTOS, 2016).

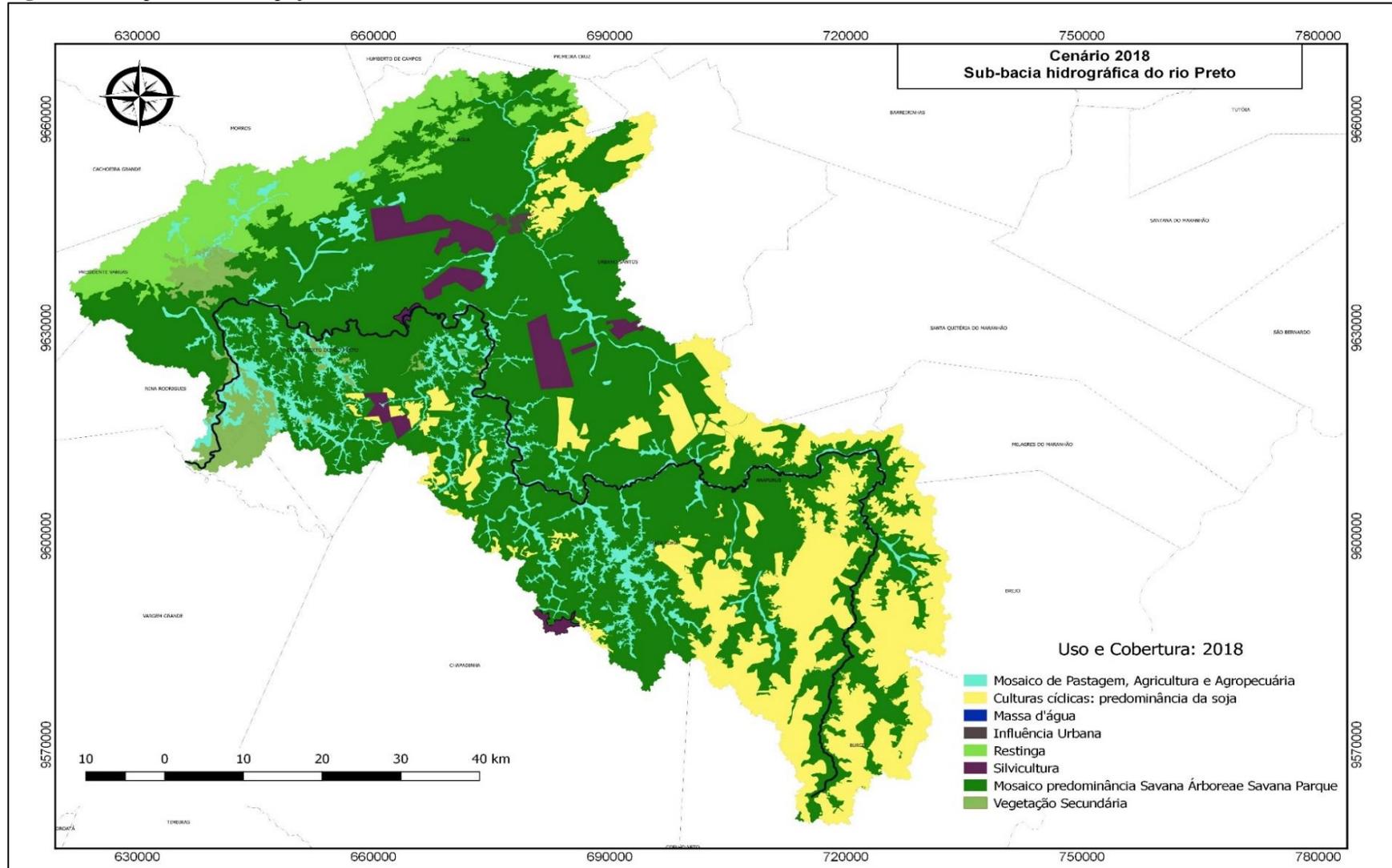
Após uma década, a silvicultura teve um crescimento considerado, juntamente com o avanço da soja, passando a ocupar áreas antes classificadas como cerrado. O reflorestamento e as áreas de expansão da soja desenvolveram-se a uma taxa crescente até o ano de 2018, aceleradamente nos períodos entre 2007 até 2018. AS classes Vegetação secundária, restinga também tiveram suas perdas para a expansão dos cultivos de soja e eucalipto, bem como o crescimento de roças nas áreas de APP.

Figura 53 – Mapa de uso e ocupação – 1997



Fonte: Dados da pesquisa, 2019

Figura 55 – Mapa de uso e ocupação – 2018



Fonte: Dados da pesquisa, 2019

A área urbanizada coloca-se menos significativa em termos quantitativos, porém é importante observar que a pressão das áreas urbanas, associada à ausência de coleta e tratamento das águas residuárias no município, resulta em despejos diretos nos cursos d'água, ocasionando a degradação do recurso hídrico. Além dos problemas ambientais mencionados identificou-se na área de pesquisa outras problemáticas, dentre elas: lixão a céu aberto no município de Chapadinha que contamina o solo, contamina o lençol freático devido a infiltração do chorume. Exposto na natureza o lixão acaba atraindo vetores de várias doenças como moscas, pássaros (urubus) e ratos, que em locais insalubres resultam na proliferação de muitas patologias. O descarte de resíduos sólidos nestas regiões e a proximidade das roças em relação às APPs tornam os problemas ambientais mais preocupantes. Nas figuras 56 e 57, a seguir, exemplifica-se tais situações.

Figura 56 - Lixão a céu aberto no município de Chapadinha



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 57 – Queimada nas proximidades do Rio Preto – Urbano Santos - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

4.4.2 Análise integrada da paisagem a partir das unidades geoambientais

As paisagens podem ser entendidas como a interação entre os elementos naturais que as formam e suas permanentes modificações, com intervenção humana ou não, e através desse conceito, torna-se importante o conhecimento do histórico das ações humanas no espaço geográfico, visto que muitas mudanças ocorridas no passado condicionam processos que ocorrem no presente (SEABRA; CRUZ, 2013).

O estudo da dinâmica das paisagens da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, através da integração e da análise dos elementos geossistêmico e antrópicos são fundamentais para o entendimento da organização do espaço na bacia e para o planejamento da utilização racional dos recursos naturais e paisagísticos. A atual condição ambiental da Sub-bacia hidrográfica do Rio Preto mostra que as paisagens estão em processo contínuo de descaracterização, por meio da redução gradativa da quantidade e qualidade hídrica (superficial e subterrânea), do desflorestamento da vegetação nativa, da deterioração dos solos presentes e do assoreamento dos canais fluviais.

Nesse contexto, as paisagens podem ser classificadas em diferentes níveis de antropização, variando de muito alto a baixo, de acordo com o nível de urbanização da bacia, o avanço da sojicultura, silvicultura, roças e pastagens. A análise integrada da paisagem realizada nesta pesquisa resultou na identificação de unidades geoambientais, estes constituem os elementos do parcelamento espacial da área de estudo. Estas unidades são estabelecidas de acordo com um sistema integrado por um conjunto de elementos que se relacionam mutuamente, onde são contemplados os componentes climáticos, geomorfológicos, geológicos, pedológicos, hidrológicos e vegetacionais, além das condições de uso e ocupação.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de estudos geoambientais tem avançado cada vez mais no Brasil (FONTES, 2004). Entende-se como unidade geoambiental a individualização e a tipologia da paisagem. De modo geral, existem três categorias de classes de paisagens (planícies, planaltos e montanhas) e diversas subclasses que possuem variações morfogenéticas (MATEO; SILVA; CAVALCANTI, 2004).

Quadro 04 – Unidades geoambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

Unidades Geoambientais	Formas de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais	
		Causas	Consequências
Planalto Dissecado do Itapecuru	Soja, eucalipto, pastagens	Desmatamento, ocupação de áreas de APP, uso de fertilizantes agrícolas, queimadas	Degradação da mata ciliar, processos erosivos, redução da fertilidade do solo
Lençóis Maranhenses	Roças, Silvicultura, culturas de subsistência	Desmatamento, queimadas, ocupação de áreas de APP	Erosão das margens dos rios, perda de cobertura vegetal
Tabuleiros de Chapadinha	Frente de expansão da soja	Desmatamento, ocupação de áreas de APP, uso de fertilizantes agrícolas, queimadas	Redução ou perda da biodiversidade, redução da fertilidade do solo, Erosão, Compactação do solo

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Dentre os problemas socioambientais encontrados na SBHRP, destaca-se o desmatamento indiscriminado das matas ciliares que revestem as planícies fluviais ocasionando, conseqüentemente, a diminuição da biodiversidade local; o manejo inadequado dos solos e dos recursos hídricos, resultando na aceleração dos processos erosivos e a intensificação do assoreamento dos rios e demais corpos hídricos da sub-bacia.

Aliado a esse processo de degradação ambiental, como identificado na figura 58, não existe tratamento adequado para destinação dos resíduos e do chorume, deixando as populações expostas as doenças oriundas de vetores como ratos. Assim, diante de todos os problemas identificados, no que se refere aos impactos ambientais negativos, sobretudo, aos recursos hídricos, em virtude dos elevados níveis de degradação, condições precárias e/ou inexistentes de saneamento básico, os mesmos podem ser considerados tensores desencadeadores para o atual cenário de degeneração dos sistemas ambientais outrora naturais, hoje antropizados.

Figura 58 – Destinação dos resíduos sólidos em Chapadinha - MA



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

É importante destacar que na área de estudo há ocorrência de queimadas para preparação do solo para roças de toco e esse problema ambiental interfere na diminuição das áreas vegetadas bem como a perda dos nutrientes do solo.

Figura 59 – Queimadas em Urbano Santos - MA

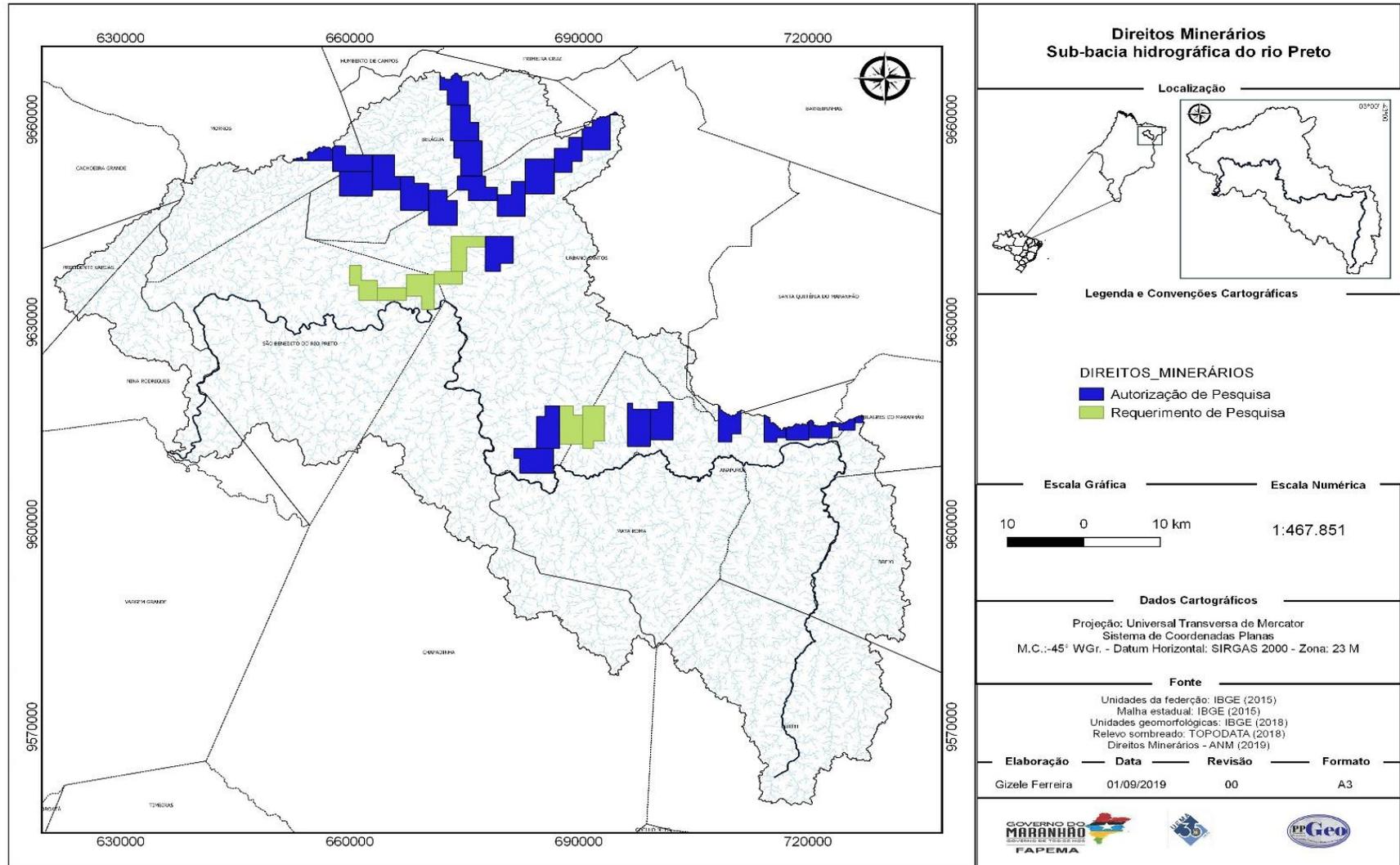


Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Baseado na compartimentação da sub-bacia em unidades geoambientais, conclui-se que 28,02% compreendem áreas do Planalto Dissecado do Itapecuru; 21,58 % abrangem as áreas dos Lençóis Maranhenses e 50,41% os Tabuleiros de Chapadinha. Nessa perspectiva, a análise integrada das paisagens preconiza o estabelecimento de três grandes categorias de meios ecodinâmicos, fundamentando-se no balanço morfogênese/pedogênese aplicada à interface atmosfera-litossfera, considerando-se a cobertura vegetal como fator estabilizador da paisagem.

A SBHRP ainda apresenta direitos minerários representados na figura 60. Entretanto, corresponde a áreas que não houve exploração mineral, somente a pesquisa com seus processos com pedido de desistência já homologados ou com arquivamento publicado, todos requeridos para pesquisa de ilmenita, porém sem exploração.

Figura 60 – Direitos Minerários na SBHRP



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

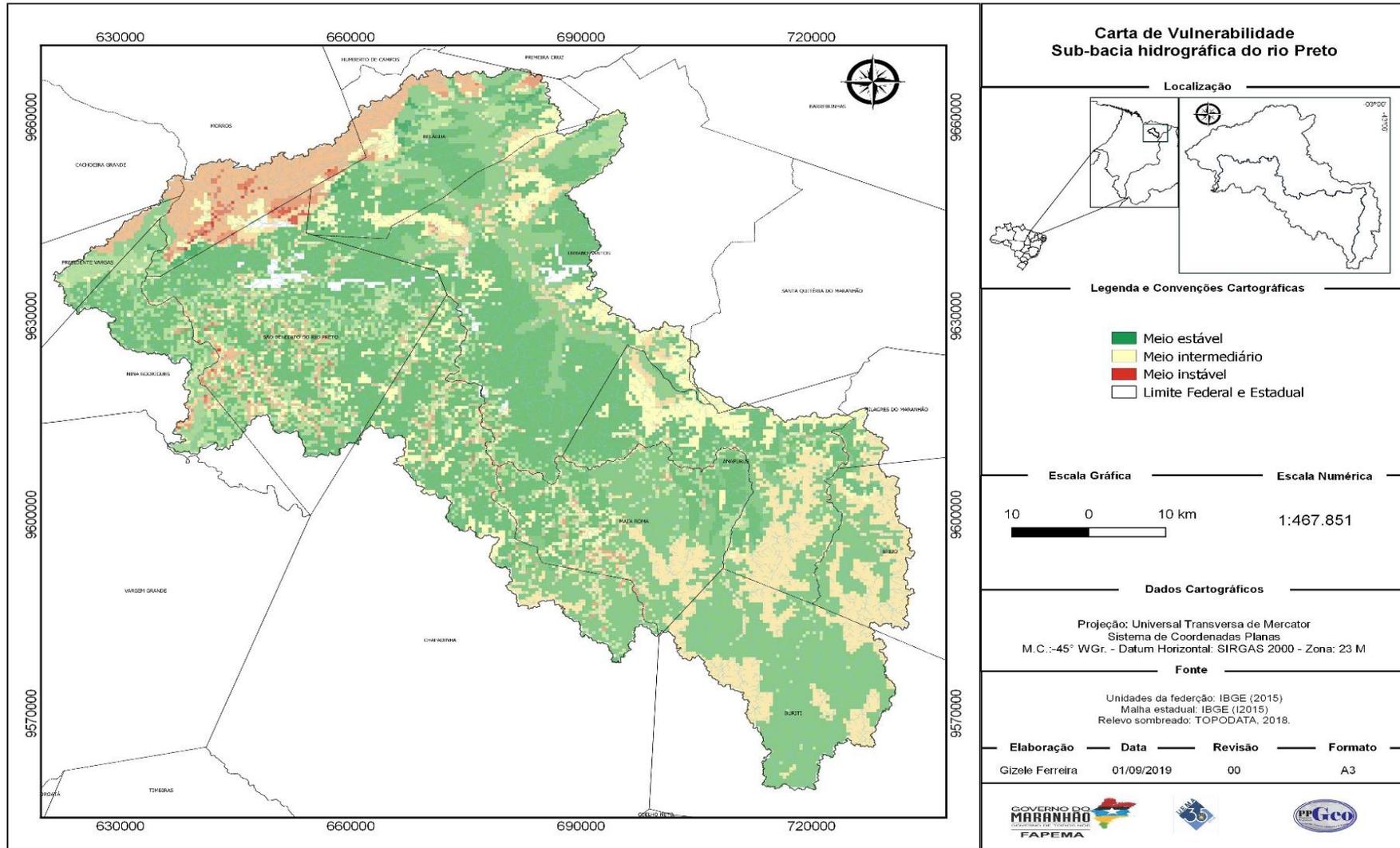
O uso conflitante da terra explica-se com o desmatamento histórico desta região, além disso, alguns produtores rurais mantêm estas áreas como acessos dos animais ao rio para dessedentação, salientando-se que embora as leis tenham enrijecido quanto às regras de uso e ocupação do solo, o processo de recuperação destas ainda não iniciaram de forma efetiva. Nesse contexto, a utilização das APPs com atividades agropecuárias, pode ser um fator de comprometimento uso sustentável da água e do solo, principalmente ao se considerar a dependência da agropecuária pela disponibilidade quantitativa e qualitativa destes recursos (COUTINHO, 2013, p.425).

No que diz respeito a vulnerabilidade, tendo como base a teoria da ecodinâmica de TRICART (1977), onde esta teoria leva em conta a relação morfogênese/pedogênese considerando o predomínio da morfogênese, quando há um domínio de processos erosivos que irão modificar as características do relevo, gerando constantes modificações nos terrenos e, como consequência, a vulnerabilidade natural à erosão nestas regiões será maior. De outra forma, quando há o predomínio da pedogênese, a formação do solo é dominante, e os terrenos poderão ser considerados como estáveis. A carta de vulnerabilidade ambiental resultou da análise integrada da paisagem que considerou a litologia, relevo, declividade, solos, uso e ocupação. As características de cada uma dessas unidades já foram explicadas anteriormente. Pelo método de Crepani et al (1996) adaptado de Tricart (1977) foi possível identificar as áreas de vulnerabilidade ambiental.

Quanto aos usos e ocupação, na classificação 1 encontra-se a vegetação característica do cerrado correspondente a Savana Parque e Savana Arbórea. Na classificação 2, encontram-se as vegetações secundária e restinga, sistemas ambientais intermediários. Na classificação 3, foram analisadas todas as atividades de maior impacto na SBHRP. A agropecuária que se caracteriza por apresentar práticas agrícolas com lavouras permanentes e temporárias, pastagens naturais e plantadas e silvicultura.

Com base nestas informações a figura 61 apresenta o mapa de vulnerabilidade da SBHRP, associadas as informações do quadro 05 é possível quantificar as áreas estáveis, intermediárias e instáveis e os percentuais de cada uma.

Figura 61 – Carta de vulnerabilidade ambiental da SBHRP



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 05 - Informações sobre as unidades integradas da SBHRP

Peso	Área Unidades Integradas (km²)	Percentual (%)
Meio estável (1)	1.746,12	33,35
Meio intermediário (2)	2.369,21	45,25
Meio instável (3)	1.120,28	21,40
	5.235,61	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Com a integração das temáticas geoambientais decorrentes da utilização do método proposto por Crepani et al. (2001), identificou-se a variação da suscetibilidade à agravos ambientais na SBHRP. Isso permitiu verificar que 21,40% da área total da bacia pode ser classificada como vulnerável. A área é ocupada predominantemente pela classe correspondente à medianamente estável/vulnerável, a qual representa 45,25% de sua extensão total, ao passo que 33,35% são representadas por áreas estáveis.

Para Olímpio e Zanella (2012), o mapa de vulnerabilidade ambiental representa importante ferramenta para a tomada de decisão, ao indicar espacialmente a dinâmica do meio natural e, conseqüentemente, apontar as potencialidades e as limitações, bem como os riscos das ocupações impróprias, em cada sistema ambiental. De acordo com Becker e Egler (1996), o mapa de vulnerabilidade ambiental corresponde à análise do meio físico almejando a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais. A sua utilização conjuntamente com dados e informações da caracterização social e econômica de uma região permitem importantes subsídios para o planejamento de um território.

Ressalta-se que o rápido processo de uso e ocupação de terra tem provocado o aceleração dos processos morfogenéticos, que influem diretamente nas condições de estabilidade ambiental, acarretando impactos e deteriorando a qualidade ambiental. A agricultura, a pecuária, a silvicultura, são atividades que tem manifestados estímulos externos ao sistema. Com a retirada da cobertura vegetal, da matéria orgânica através do desmatamento e queimadas, a superfície do solo torna-se exposta e vulnerável aos processos erosivos que dependendo do grau de absorção do sistema, podem não ser completamente absorvidos, iniciando um reajustamento em busca de uma nova situação de equilíbrio cujos efeitos são extremamente danosos aos seres vivos e ao sistema ambiental (CREPANI et al, 2001).

No quadro 06 destacamos as potencialidades da SBHRP, vulnerabilidades e recomendações.

Quadro 06 – Síntese das potencialidades, vulnerabilidade e recomendações

POTENCIALIDADES	LIMITAÇÕES	RECOMENDAÇÕES
<ul style="list-style-type: none"> • Proteção dos cursos d'água do assoreamento • Manutenção da fauna • Elevada biodiversidade; • Águas subterrâneas; • Aporte de sedimentos; • Área de nascentes • Disponibilidade hídrica; • Fertilidade dos solos • Agricultura e pecuária com técnicas adequadas de manejo; • Expansão da malha urbana e viária; • Mineração controlada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequação à ocupação urbana; • Vulnerabilidade natural e ambiental alta à ocupação urbana. • Sedimentos inconsolidados, • Impedimentos à agricultura; • Áreas legalmente protegidas; • Vulnerabilidade alta a ocupação, solos desprovidos de vegetação favorece o escoamento; • Baixa fertilidade dos solos • Riscos a poluição das águas; • Impermeabilização dos solos; Precariedades de saneamento ambiental; • Desmatamento e queimadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperação da mata ciliar, obediência à legislação ambiental; • Pesquisa científica; • Proteção das nascentes; • Manutenção da biodiversidade; • Educação ambiental; • Extrativismo vegetal controlado; • Recuperação da vegetação; • Proteção das nascentes; • Práticas de agricultura ecológica; • Manejo da água; • Rotação de culturas; • Agropecuária melhorada; • Gestão integrada dos recursos hídricos; • Ampliação da rede de esgotos;

Fonte: Adaptado de SILVA (2012)

A partir dessa perspectiva, a contextualização e a delimitação com as unidades geoambientais possibilitaram a análise integrada das condições ambientais da SBHRP, podendo mostrar alternativas sustentáveis e/ou que se aproximem desse conceito a partir dos princípios de suas potencialidades e limitações, prevendo, conseqüentemente, os cenários tendenciais e desejáveis. Para isso, foi elaborado os quadros 07 e 08 com os cenários para a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto e a síntese da análise integrada em função das características fisiográficas da área.

Quadro 07 – Cenários e perspectivas para a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto

Cenário atual	Tendências	Cenário ideal
APP sem cobertura vegetal, desprotegida ou degradada, assoreamento.	Intensificação da degradação das APP impulsionada pela expansão dos cultivos de soja e eucalipto. Intensificação dos processos erosivos e aumento do assoreamento nos corpos hídricos.	Recomposição da vegetação nativa nas APP, com reflorestamento. Intensificação da fiscalização dessas áreas pelo poder público.
Disposição inadequada dos resíduos sólidos urbanos.	Contaminação dos corpos hídricos e lençóis freáticos. Diminuição da qualidade da água.	Conscientização da população para descarte adequado dos resíduos sólidos, educação ambiental e adequação dos municípios as Política Nacional de Resíduos Sólidos
Poucos fragmentos de vegetação nativa.	Diminuição da vegetação nativa frente a expansão agrícola sem o devido ordenamento.	Manutenção dos fragmentos de vegetação nativa existentes e os que poderão existir a partir da recomposição florestal bem como o atendimento a legislação para proteção da vegetação natural.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 08 – Síntese da análise integrada

SÍNTESE DA ANÁLISE INTEGRADA			
PROBLEMAS AMBIENTAIS			
Unidade Geoambiental Vulnerabilidades	Geologia / Solos / Declividade / Formas de Relevo	Hidrologia	Uso e Ocupação
MEIO ESTÁVEL	Desmatamento, ocupação de áreas de APP, uso de fertilizantes agrícolas e queimadas.	Degradação da mata ciliar, processos erosivos e redução da fertilidade do solo.	Desmatamento, ocupação de áreas de APP, uso de fertilizantes agrícolas e queimadas.
MEIO INTERMEDIÁRIO	Plantio da soja, eucalipto e desenvolvimento de pastagens.	Erosão das margens dos rios e perda de cobertura vegetal.	Plantio da soja, eucalipto e desenvolvimento de pastagens.
MEIO INSTÁVEL	Erosão do solo, lixiviação, solos com déficit de nutrientes, roças, silvicultura e culturas de subsistência.	Redução ou perda da biodiversidade, redução da fertilidade do solo, erosão e compactação do solo.	Erosão das margens dos rios, perda de cobertura vegetal e desmatamento
SÍNTESE DA ANÁLISE INTEGRADA			
MEDIDAS MITIGADORAS			
Unidade Geoambiental Vulnerabilidades	Geologia / Solos / Declividade / Formas de Relevo	Hidrologia	Uso e Ocupação
MEIO ESTÁVEL	Recuperação de áreas degradadas, proteção e conservação da vegetação remanescente, revegetação com espécies nativas,	Recuperação da mata ciliar, obediência à legislação ambiental, proteção das nascentes e gestão integrada dos recursos hídricos.	Criação e gerenciamento de unidades de conservação, proteção e recuperação de APP, planejamento e construção de reservatórios de água, revitalização de rios e recuperação ambiental de áreas de extração mineral.
MEIO INTERMEDIÁRIO			
MEIO INSTÁVEL			

SÍNTESE DA ANÁLISE INTEGRADA			
LIMITAÇÕES DE USO			
Unidade Geoambiental Vulnerabilidades	Geologia / Solos / Declividade / Formas de Relevo	Hidrologia	Uso e Ocupação
MEIO ESTÁVEL	<p>Inadequação à ocupação urbana, vulnerabilidade natural e ambiental alta à ocupação urbana, sedimentos inconsolidados, impedimentos à agricultura, áreas legalmente protegidas, vulnerabilidade alta a ocupação, solos desprovidos de vegetação favorece o escoamento, baixa fertilidade dos solos, riscos a poluição das águas, impermeabilização dos solos, precariedades de saneamento ambiental, desmatamento e queimadas.</p>		
MEIO INTERMEDIÁRIO			
MEIO INSTÁVEL			

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Assim, a identificação dos problemas ambientais, como erosão do solo, desmatamento, perda da biodiversidade, assoreamento dos rios, diminuição da qualidade e quantidade da água, aumento de áreas voltadas a produção agrícola, entre outros, auxiliam na avaliação integral do estado da bacia hidrográfica (DIBIESO, 2013).

4.4.3 Planejamento ambiental como ferramenta de gestão de bacias hidrográficas

Frente as necessidades da utilização dos recursos naturais de uma bacia hidrográfica e por consequência a intensificação dos problemas ambientais oriundos dessa utilização, as vezes sem planejamento, requer ações pensadas com base na capacidade de suporte de um sistema ambiental e as fragilidades naturais destes. O planejamento ambiental, nesse caso, é a alternativa que surge como caminho para o melhor gerenciamento desses recursos, que minimiza os impactos ambientais da ação do homem.

Na SBHRP, isto se torna essencial, visto que esta unidade integra os diversos componentes do meio físico, químico e biológico e é possível observar os múltiplos usos não só da água, mas do solo e da vegetação que são utilizadas pelos usuários da sub-bacia. Sabe-se que os empreendimentos e populações se instalaram ao longo desses cursos fluviais em busca de abastecimento e produção agrícola, portanto, é preciso é necessário a pensar em políticas que objetiva o gerenciamento dos recursos naturais.

O planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem da bacia e não apenas o hídrico. Esse processo consiste em pensar não somente nos problemas relacionados ao uso da água, mas também pensar no abastecimento doméstico e industrial, irrigação ou outras atividades. O enfoque principal dessa estratégia continua, em muitos casos, sendo a água, porém deve-se atentar para o manejo adequado dos outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico (Pires & Santos, 1995)

A premissa básica é de que a água é necessária em todos os aspectos da vida, e que a escassez generalizada, a destruição gradual e o agravamento da poluição dos recursos hídricos exigem o planejamento e a gestão integrada desses recursos, o que a Lei 9.433/97 procura consolidar. Através do planejamento ambiental, é estabelecida a adequação da utilização dos recursos naturais, o controle e a proteção do meio ambiente. Com o gerenciamento ambiental, regula-se na prática, o uso, o controle, a proteção e a conservação dos recursos naturais, estabelecidas pelas políticas ambientais.

A ocupação do território pode impactar os diversos processos hidrológicos e afetar a disponibilidade de água de uma região. A demanda por água é crescente, e a manutenção de sua qualidade é um desafio devido ao avanço da urbanização para as áreas vizinhas e áreas de recarga dos mananciais, juntamente com as intervenções nos ambientes naturais para atividades econômicas, a segurança hídrica estende o conceito de disponibilidade não somente às pessoas, mas também aos ecossistemas (MANTOVANI, 2016, p.190).

De um modo geral, SBHRP, dentro de um contexto socioeconômico agravado e que tende a se agravar cada vez mais, verifica-se que dentro da referida sub-bacia temos problemas ambientais como degradação de áreas de preservação permanente, desmatamento desordenado, uso inadequado dos recursos hídricos. Tais agravamentos acabam se refletindo na dinâmica socioeconômica da sub-bacia, pode-se mensurar grandes perdas de nutrientes do solo, o que restringe cada vez mais as opções de cultivos e forçam o agricultor a utilizar-se de grandes investimentos de correção.

O planejamento ambiental assenta-se na forma de conduzir processos dinâmicos e interativos que se dão entre o sistema natural e social, a partir de um padrão de modelo de conservação e desenvolvimento almejado. Para compor o planejamento ambiental são estabelecidas ações, recursos e mecanismos jurídicos e institucionais necessários à sua efetivação (IBAMA, 2001).

5 CONSIDERAÇÕES

A análise conjunta das transformações da paisagem aponta que a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto, ao longo dos tempos, sofreu profundas modificações e teve o seu maior impacto com a evolução da sojicultura e silvicultura. Realizar análise integrada, a partir de uma visão sistêmica, faz parte de todo processo de caracterização ambiental para obtenção de diagnósticos, sendo esta uma ferramenta útil para a gestão ambiental de bacias hidrográficas.

Num cenário em que os discursos permeiam os ideais de desenvolvimento sustentável, se faz necessário o estudo de todos os processos atuantes na bacia, bem como a evolução do uso e ocupação da terra para verificar e quantificar a degradação da área de estudo, bem como seus avanços ou retrocessos. Dessa forma, gerir e planejar tais recursos a partir das observações encontradas na pesquisa, tem possibilitado a organização de dados e informações que podem servir de subsídio para a gestão ambiental.

A bacia hidrográfica do Rio Preto tem suas potencialidades naturais da região e, paralela à sua realidade, locais de exploração excessiva dos recursos naturais. A sub-bacia hidrográfica do rio Preto, marcada pela sua heterogeneidade física e abundância de recursos e sistemas naturais, precisa ser pensada como unidade de planejamento ambiental de forma sustentável para otimização dos recursos que a mesma oferece, desse modo, obedecendo os preceitos legais da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Em função do desenvolvimento das cidades e da expansão das zonas rurais para cultivo de grandes lavouras e pastagens, as bacias são alteradas em sua estrutura física, são modificadas pelas condições geológicas e climáticas locais. Todas essas alterações modificam a produção e o transporte de sedimentos, o regime hídrico e a estrutura dos seus canais. A análise integrada da paisagem permite a obtenção de dados e informações sobre tais alterações. Entender a dinâmica do uso da terra uma bacia hidrografia têm grande relevância, por ser esta uma das principais unidades de gerenciamento territorial onde ocorrem todos os tipos de atividades econômicas e sociais.

Os resultados obtidos contribuem significativamente para o refinamento da pesquisa e das técnicas aplicadas, uma vez que, identificado os problemas, entendendo a fisiografia da bacia, é possível analisar com maior precisão a área que compreende a sub-bacia hidrográfica do Rio Preto e traçar estratégias para lapidar o resultado proposto no início do programa

Desse modo, o estudo serve como instrumento de determinação de áreas que merecem maior atenção nos processos de gestão e planejamento ambiental, principalmente as

áreas de maior adensamento populacional, áreas voltadas ao cultivo da soja e plantio de eucalipto, que ao desenvolver todo tipo de atividade econômica visando a exploração dos recursos naturais em detrimento do crescimento, acabam gerando impactos negativos na bacia. O estudo serve também como uma ferramenta auxiliar para gestão e melhor planejamento de áreas de bacias hidrográficas, servindo como um instrumento de diagnóstico para tomada de decisões por parte do Estado.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Roberto Luiz dos Santos. **Análise integrada da paisagem com a aplicação do sensoriamento remoto, na bacia hidrográfica do rio Botucarái - Rio Grande do Sul.** 2017. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

AB'SABER, A. N. Bases Conceituais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. In: MÜLLER-PLANTENBERG, C.; AB'SABER, A. (org.). **Avaliação de Impactos.** Universidade de São Paulo: Edusp, 2002.

_____. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica,** Campinas, v.3, n. 5, p. 35-45, 1960.

ARAI, M. A Grande elevação eustática do mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. **Geol. USP Sér. Cient.,** São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-6, outubro 2006

ATLAS de saneamento. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

BARCELLOS, A. de O.; VILELA, L. **Restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens por meio da introdução de Stylosantes guianensis cv. Mineirão.** Comunicado técnico 65, Embrapa: Planaltina, 2001. 4p.

BARBOSA, G.V.; NOVAES PINTO, M. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL.** Folha SA.23 São Luís e parte da folha SA.24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. p. 1-26. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. R. RAÍE GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/raega>.

BERTRAND, C. BERTRAND, G. **Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Tradução Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2009.

BEZERRA, J. P. P. **Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santo Antonio - Mirante do Paranapanema (SP).** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

BIGARELLA, J. J. The Barreiras Group in Northeastern Brazil. **An. Acad. Bras. Ci,** Rio de Janeiro, v. 47 (Suplemento), p. 365-393, 1975.

BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo,** São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006.

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

BRASIL, **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: primeiro e segundo ciclos do ensino fundamental: Caracterização da Área de Geografia**. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: síntese Executiva**. Brasília: MMA, 2006. Atlas do Censo Demográfico 2010 - Glossário

CAMPBELL, D.F.; ALMEIDA, L.A.; SILVA, S.O. Relatório preliminar sobre a Geologia da Bacia do Maranhão. **Cons. Nac. Petrol**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 1-160, 1949.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**. São Paulo, Cultrix, 1982.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**, São Paulo: Contexto, 1991.

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

_____. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

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

_____. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

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

CLAVAL, P. A revolução pós-funcionalista e as concepções atuais da geografia. In: MENDONÇA, F.; KOZEL, S. (Org). **Elementos de epistemologia da geografia contemporânea**. Curitiba: Editora da UFPR, 2002.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS**. Rio de Janeiro, 2011.

COLAVITE, Ana Paula. Geotecnologias Aplicadas a Análise da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio do Campo. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA: Caminando em una América Latina en transformación, 12., 2009, Motevideo.

CORREIA FILHO, F. L. et al. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Cachoeira Grande**. Teresina: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2011. 31p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 101 p.

CRISPIM, A. B.. **Sistemas ambientais e vulnerabilidades ao uso da terra no vale do rio Pacoti - Ce: subsídios ao Ordenamento territorial**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza.

CRUZ, E.M.A. **Análise estratigráfica da sequência siluriana da Bacia do Parnaíba, NE do Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica), Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DIBIESO, E.P. **Planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do alto curso do Rio Santo Anastácio/SP**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa, 2006.

EMBRAPA. **Manual de classificação dos solos**. Brasília, CNPS, 1999.

FLORENZANO, T. G. **Introdução à geomorfologia**. In: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.

_____. **Sensoriamento remoto para a geomorfologia**. In: **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de textos, 2008b. p. 31-71.

FORMAN, R.T.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.

GASTÃO, F.G.C.; MAIA, L.P. O uso de dados da missão SRTM e sedimentológicos nos estudos de geomorfologia e padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 155-168, 2010.

GROOT, R.S. 1994. **Evaluation of environmental functions as a tool in planning management and decision making**. 1994. Ph.D. (Thesis), Part B. Agricultural University. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

GÓES, A.M.; ROSSETTI, D.F. Gênese da bacia de São Luís Grajaú, meio-norte do Brasil. In: ROSSETTI, D.F.; GÓES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. (Ed.). **O cretáceo na bacia de São Luís-Grajaú**. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2001.

GOMES. D.M.; LOBATO, E. **Latossolos**. 2015? Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GOMES. D.M. LOBATO, E. **Podzólicos / Argissolos**. 2015? Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_97_10112005101957.html>. Acesso em: 30 nov. 2018.

GONÇALVES, R.A. et al. Classificação das feições eólicas dos Lençóis Maranhenses, Maranhão, Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 2, n. 3, p. 100-112, 2003.

GORAYEB, Adriane. **Análise Integrada da Paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté – Amazônia Oriental- Brasil**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

GRANELL-PÉREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí-RS: UNIJUÍ, 2004.

GUEDES. I.G.; et al. Análise de perfis longitudinais de drenagens da bacia do rio santo anastácio (sp) para detecção de possíveis deformações neotectônicas, **Revista UnG - Geociências**, v. 5, n. 1, p. 75-102, 2006.

GUERRA, A.J.T; MARÇAL, M dos S. (Org.).**Geomorfologia ambiental**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

IBAMA. **Roteiro Metodológico para gestão de Áreas de Proteção Ambiental**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: IBAMA, 2001.

IBGE. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

_____. **Geologia: mapa geológico do estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b.

_____. **Geomorfologia: mapa geomorfológico do estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011c.

_____. Manual técnico de pedologia. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS. **Regiões de Desenvolvimento: proposta de regionalização do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2018.

LEAL, A.C. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos**. ENTRE-LUGAR, [S.l.], v. 3, n. 6, p. 65-84, dez. 2012. ISSN 2177-7829.

LIMA, A. G. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. **Geografia (Londrina)**, v. 14, n. 2, jul./dez. 2005.

LIMA, C. C. U. de. **Caracterização sedimentológica e aspectos do Grupo Barreiras no litoral sul do estado da Bahia**. 2002. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal da Bahia, Salvador.

LIMA, M.R. Palinologia da formação Codó na região de Codó, Maranhão. **Boletim IG-USP**, São Paulo, v. 13, p. 43-134, 1982.

LISBOA, M.A.R. The Permian geology of Northern Brazil. **Am. Jour. Sci.**, New Haven, v. 37, n. 221, 1914.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

LOPES, E. C. S; TEIXEIRA, S. G. Contexto Geológico. In: BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/14761/1/livro_geodiversidade_MA.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2018.

LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico físico-conservacionista como aporte para a análise da degradação no médio curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiajú (CE) – Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MABESOONE, J. M.; CAMPOS, E.; SILVA, A.; BEURLIN, K. Estratigrafia e origem do Grupo Barreiras em Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. **Rev. Bras. Geoc.**, v. 2, p. 173-190, 1972.

MACHADO, G.; SOUZA, J.O.P. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do rio Chôco - Ibatí - PR. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina**. 2005. Universidade de São Paulo.

MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem geoprocessamento**. 2002. Tese. (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2002.

MANTOVANI, L. E., FRITZSONS, E., & WREGGE, M. S. **Aspectos hidrológicos e hidrogeológicos da bacia do rio Fervida, aquífero Carste, Colombo, Paraná**. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, Curitiba, 37, 190-206, 2016.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MARTINS, F; FREITAS, A.R. Identificação das unidades de paisagem na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras, em Irati – PR. **Perspectiva**, Erechim, v. 38, n. 143, p. 39-49, set. 2014.

MATEO, J. La cuestión ambiental desde una visión sistémica. **Revista Ideas Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia**, Sede Manizales, nov. 2005.

MATEO RODRIGUEZ, J.M.. Planificación Ambiental. La Habana, Editorial Félix Varela, 2008.

MAXIMIANO, L.A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA'É GA**, Curitiba, n. 8, p. 83-91, 2004.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEIRO, C. A.F. Derivações Antropogênicas dos Geossistemas Terrestres no Brasil e Alterações Climáticas: Perspectivas Agrárias e Urbanas ao Problema da Elaboração de Modelo de Avaliação. **Anais do Simpósio sobre a Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica**. Academia Científica Estadual. São Paulo: 1978.

MORAGAS, W. M. **Análise do sistema ambiental do alto rio Claro - Sudoeste de Goiás: Contribuição ao planejamento e gestão**. 2005. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

NASCIMENTO, F. R. **Recursos Naturais e desenvolvimento sustentável: manejo geoambiental na Sub-bacia do Baixo Pacoti**. 2003. (Dissertação de Mestrado), UECE, Fortaleza.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão geoambiental: uma proposta metodológica. **Revista Fluminense de Geografia**, n. 2, Niterói, p. 61-80, 2003.

NOGUEIRA, A. C. R.; SARGES, R. R. Characterization and genesis of waterfalls of the Presidente Figueiredo region, northeast State of Amazonas, Brazil. **An. Acad. Bras. Cienc.**, v. 73, n. 2, p. 287-301, 2001.

NUNES. F.C; SILVA. F. **Grupo Barreiras**: características, gênese e evidências de neotectonismo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.

OLIMPIO, J. L. S; ZANELLA, M. E. **Emprego das geotecnologias na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza / CE**. Revista Brasileira de Cartografia, nº 64, v. 1, p. 01-14. 2012.

OLIVEIRA, U. C.; OLIVEIRA, P. S. de. Mapas de Kernel como Subsídio à Gestão Ambiental: Análise dos Focos de Calor na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, nos anos 2010 a 2015. **Revista Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 87- 99, jan./jun., 2017.

PINTO, S. A. F.; LOMBARDO, M. A. **O uso de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas no mapeamento de uso da terra e erosão do solo**. Disponível em: <http://www.cartografia.org.br/xxi_cbc/259-SR31.pdf>. Acessado em: 20 ago. 2018.

PIRES J.S.R.; SANTOS, J. E. **Bacias Hidrográficas: integração entre o meio ambiente e desenvolvimento**. Revista Ciência Hoje: Águas do Brasil, má utilização e falta de planejamento. 19 (110): 40 50, 1995.

PRESOTI, A. E. P. **Avaliação de impactos ambientais da sojicultura em um ecossistema**

aquático da microrregião de Chapadinha, MA. 2008. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas), Universidade Federal do Maranhão.

QUEIROZ, P.H.B. **Planejamento Ambiental aplicado em um setor do médio curso do rio Pacoti – Ceará.** 2010. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

QUARTAROLI, C. F.; ARAUJO, L. S. de; GARCON, E. A. M. **Carta de vulnerabilidade natural à perda de solo do Estado do Maranhão.** Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013. 44 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 100).

RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia de Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Editora UFC, 2004.

RODRIGUEZ, J. M. M. **Planificación ambiental.** La Habana: Ed. Félix Varela, 2008.

_____.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geocologia da paisagem. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E (org.). **Diálogos em geografia física.** Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

_____.; et.al. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** 5 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.

_____.; et al. **Geocologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** 2 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxionomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP,** São Paulo, n. 6. p. 17-29, 1992.

SANTOS, J.H. S.; SILVA, J.X. Datação e evolução dos campos de dunas eólicas inativas dos Lençóis Maranhenses. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa, MG. Resumos Expandidos. Viçosa, MG: [s. n.], 2009.

SANTOS, N. A. dos. **A divisão sexual do trabalho na agricultura familiar: entre a invisibilidade e a desvalorização do trabalho (re)produtivo de mulheres trabalhadoras rurais do município de Brejo/MA frente à expansão da monocultura de soja.** Revista de Políticas Públicas, São Luís, v.20, Número Especial, p.331-337, nov. 2016.

SANTOS, L. C. A. dos. **Gestão das águas da sub-bacia hidrográfica do Rio Cacaú – Maranhão.** 2012. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, São Paulo.

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

SANTOS, J.O. **Vulnerabilidade Ambiental e áreas de risco na Bacia Hidrográfica do rio Cocó – Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará.** 2006. 218f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.

SAUER, Carl O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, Roberto Lobato Corrêa; ROSENDAHL, Zeny (Orgs.). **Paisagem, tempo e cultura.** Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998.

SILVA JÚNIOR, M.G.S; LUZ, A.C.; BEZERRA, D.S. Formação de educadores ambientais na gestão de comitê de Bacia hidrográfica. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 3, n. 3, 2012.

SILVA, C. A. F da. **As redes políticas do grupo Amaggi**. Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2011.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ J. M.; GORAYEB, Adryane. **Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas: Estudo de Casos**. 1 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2011.

SILVA, J.M.O. **Análise Integrada na Bacia Hidrográfica do rio Pirangi**: subsídios para o planejamento ambiental. 2012. Tese (Pós-Graduação em Geografia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SILVA, Maurício Corrêa da; et al. Procedimentos metodológicos para a elaboração de projetos de pesquisa relacionados a dissertações de mestrado em Ciências Contábeis. **Rev. contab. Finanç.**, São Paulo, v. 15, n. 36, p. 97-104, Dec. 2004.

SOUSA, F. A. de; RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos da alta bacia do rio dos Bois em Iporá-GO. **Mercator**, v. 11, n. 25, p. 141-151, mai./ago. 2012.

SOUZA, E. R. de; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, nov./dez. 2000.

SOUZA, M. J. N. O campo de ação da Geografia Física. In: Boletim da Geografia Teorética. **Simpósio de Geografia Aplicada**, São Paulo, n. 15, p. 32-40, 1985.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. **Bull. Eol. Soc. Am.**, Washington, v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. The role of neotectonics in the evolution of the Brazilian coast, **Geonomos**, v. 4, n. 2, p. 45-53, 1996.

PASSOS, M. M. **A Raia Divisória**: geossistema, paisagem e eco-história. v 1. Maringá: Eduem, 2006.

TAGLIANI, C.R. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações**. In: XI SBRS, Belo Horizonte, MG, Anais. p. 1657-1664, 2003.

TAVARES, A. C. F. et al. **Expectativa de degradação dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas com auxílio de sistemas de informação geográfica**. Maringá, v.25, n°2, (2003)

TEODORO, V. L. I; et al. **Conceitos de Bacias Hidrográficas e a Importância da Característica Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local**. Revista Uniara, n. 20, p. 137-156, 2006.

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

- TROPPEMAIR, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 6 ed. Rio Claro: Divisa, 2004.
- _____. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 7 ed. Rio Claro: Divisa, 2006.
- _____. H. **Metodologias Simples para Pesquisar o Meio Ambiente**. Rio Claro: EMBRAPA-CNPDIA, 1988.
- _____. **Sistemas, Geossistemas, Geossistemas Paulistas, Ecologia da Paisagem**. Rio Claro: EMBRAPA-CNPDIA, 2004.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 1997.
- _____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.
- TUNDISI, J.C.; et al. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estud. Av.** São Paulo, v. 22, n. 63, p. 159-172, 2008.
- VAZ, P. T.; et al. Bacia do Parnaíba. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 253-263, 2007.
- VEIGA JÚNIOR, J.P. **São Luís NE/SE, folhas SA-23-X e SA-23-Z: estados do Maranhão e Piauí**. Brasília, DF: CPRM, 2000.
- VILAS BOAS, G. S. Sedimentos terciários e quaternários do interior. In: SUPERINTENDÊNCIA DE GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS. **Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia**. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração, 1996.
- VILAS BOAS, G. S.; SAMPAIO, F. J.; PEREIRA, A. M. S. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brasil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.
- VITTE, A.C; SILVEIRA, R.W.D. da. Considerações sobre os conceitos de natureza, espaço e morfologia em Alexander von Humboldt e a gênese da geografia física moderna. **História, Ciência, Saúde-Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 607-626, 2010.
- YUAN, F.; SAWAYA, K. E.; LOEFFELHOLZ, B. C.; BAUER, M. E. **Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing**. Remote Sensing of Environment, Amsterdam, v. 98, 317-328, 2005.