



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOHN ERIC LEMOS DE AMORIM

**ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA E OS IMPACTOS DECORRENTES DO USO
E OCUPAÇÃO NA MICROBACIA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO,
BOA VISTA-RR**

FORTALEZA

2019

JOHN ERIC LEMOS DE AMORIM

ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA E OS IMPACTOS DECORRENTES DO USO E
OCUPAÇÃO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO
BOM INTENTO, BOA VISTA-RR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

FORTALEZA

2019

A543a Amorim, John Eric Lemos de.

Análise ambiental integrada e os impactos decorrentes do uso e ocupação na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR / John Eric Lemos de Amorim. – 2019.

188 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof^a. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

1. Lavrado. 2. Morfometria. 3. Recurso Hídrico. I. Título.

CDD 333.7

JOHN ERIC LEMOS DE AMORIM

ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA E OS IMPACTOS DECORRENTES DO USO E
OCUPAÇÃO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO
BOM INTENTO, BOA VISTA-RR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: 24/04/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Maria Elisa Zanella
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Ivanise Maria Rizzatti
Universidade Estadual de Roraima (UERR)

Profa. Dra. Christina Bianchi
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, avós, irmãos, esposa e
filho.

AGRADECIMENTOS

A Professora Dra. Vldia Pinto Vidal de Oliveira, pela excelente orientao. Aos professores participantes da banca examinadora pelas valorosas recomendaoes, colaboraoes e sugestoes.

Aos colegas da turma de doutorado, pelas reflexoes, críticas e sugestoes recebidas.

A Professora Dra. Ivanise Maria Rizzatti, pelo apoio nas coletas em campo e pelas contribuioes na área de análise da qualidade da gua.

A professora Dra. Régia Chacon Pessoa de Lima, coordenadora do curso de química da UERR, pelo apoio durante a realizao da tese.

Ao Governo do Estado de Roraima,  gestão da Universidade Estadual de Roraima – UERR,  Fundao Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - FEMARH e a todos os colegas de profissão.

Aos amigos e colegas, em geral, que acreditavam no término dessa tese.

Aos moradores da bacia hidrográfica do igarapé gua Boa do Bom Intento por terem permitido a entrada em suas propriedades para coletas de informaoes.

A minha tia Marina Nobre, primo Charle Nobre e Larissa Nobre pela hospitalidade nos períodos que estive em Fortaleza.

Aos meus pais, Marly Amorim e Américo Amorim pelo apoio incondicional.

Obrigado a todas as pessoas que contribuíram para meu sucesso e para o meu crescimento pessoal. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de voces.

“Lute. Acredite. Conquiste. Perca. Deseje.
Espere. Alcance. Invada. Caia. Seja tudo
o quiser ser, mas acima de tudo, seja
você sempre.”

Tumblr

RESUMO

A microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento está inserida na região central do estado de Roraima, com área de total de 271,82 km² e extensão do canal principal de 32,17 km da nascente a foz. A pesquisa teve como objetivo realizar um estudo integrado da paisagem na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, analisando as formas de uso, ocupação, impactos e apresentando propostas de planejamento e recuperação ambiental. Em termos metodológicos, a análise integrada foi elaborada a partir da caracterização dos componentes dos sistemas ambientais, da análise morfométrica da microbacia hidrográfica, dos processos de ocupação, dos impactos ambientais, da análise química, física e microbiológica da água. A microbacia hidrográfica está inserida na região de formação Boa Vista e Areias Brancas, domínio Guiana Central apresentando os solos em dois tipos principais: Argissolo acizentado alumínico e Latossolo amarelo alumínico. O clima que caracteriza a região dos lavrados de Roraima é o tropical monçônico do tipo Awi, com temperaturas médias anuais de 26°C e as maiores precipitações médias anuais superiores a 1600 mm. A fisiografia é composta pela Savana Parque, Savana Graminosa, Pequenas Ilhas de Florestas, Matas de Galeria e Matas de Buritis. Os índices morfométricos indicam uma microbacia com padrão de drenagem dendrítico, com baixo grau de ramificação, com curso retilíneo, forma alongada, baixa amplitude altimétrica, baixo índice de rugosidade, pequena relação de relevo e pouca densidade de drenagem, vertentes de baixa declividade, pouco susceptível a enchentes, maiores velocidades de escoamento e canais de pouca extensão. As principais formas de uso e ocupação são as pequenas propriedades para o lazer/balneários, para agricultura de subsistência, fazendas de piscicultura, pecuária e plantio de grãos, sendo os principais impactos ambientais o lançamento irregular de esgoto doméstico, do descarte do lixo inorgânico, processos erosivos e degradação da APP's. A água do igarapé é classificada como classe especial de água doce para o abastecimento e consumo humano e categoria excelente para a recreação de contato primário.

Palavras-chave: Lavrado. Morfometria. Recurso Hídrico.

ABSTRACT

The water catchment area of the igarapé Água Boa do Bom Intento is located in the central region of the state of Roraima, with an area of 271.82 km² and extension of the main channel of 32.17 km from the source to the mouth. The objective of this research was to carry out an integrated study of the landscape in the hydrographic microbasin of the igarapé Água Boa do Bom Intento, analyzing the forms of use, occupation and impacts generated and and environmental planning and recovery indicators. In methodological terms, the integrated analysis was elaborated from the characterization of the components of the environmental systems, the morphometric analysis of the hydrographic basin, the occupation processes, the environmental impacts, the chemical, physical and microbiological analysis of water. The catchment area is located in the Boa Vista formation region and the Areias Brancas formation, dominated by Central Guyana, presenting the soils in two main types: Argisol gray aluminum and Latosol yellow aluminum. The climate that characterizes the region of the Lavrados of Roraima is the tropical monsoon of the type Awi, with annual average temperatures of 26°C and the highest average annual rainfall over 1600 mm. The physiography consists of Savannah Park, Savannah Graminosa, Small Forest Islands, Gallery Forests and Buriti Forest. The morphometric indices indicate a microbasin with a dendritic drainage pattern, with a low degree of branching, with a rectilinear course, an elongated shape, a low altitudinal range, a low roughness index, a low relief ratio and a low drainage density, slopes with low slope, less susceptible to flooding, higher flow velocities and channels of little extension. The main forms of use and occupation are the small properties for in recreation, for subsistence agriculture, farms for fish farming, livestock and planting of grains, the main environmental impacts being the irregular launch of domestic sewage, the disposal of inorganic waste, erosive processes and degradation in the permanent preservation areas. As for the water of the igarapé it is classified as special class of fresh water, for human consumption and supply and excellent category for recreation of primary contact.

Keywords: Lavrado. Morphometry. Water Resource.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização geográfica da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	58
Figura 2 - Mapa geológico da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	73
Figura 3 - Mapa hipsométrico e perfil topográfico da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.	74
Figura 4 - Mapa de solos da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	75
Figura 5 - Mapa de declividade da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	77
Figura 6 - Carta imagem evidenciando a paisagem da nascente e da foz, na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	78
Figura 7 - Médias históricas de precipitação dos anos de 1999 a 2016, no município de Boa Vista – RR.....	81
Figura 8 - Temperaturas médias mensais de 1999 a 2017, no município de Boa Vista-RR.....	82
Figura 9 - Mapa de caracterização fisiográfica da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	87
Figura 10 - Mapa das ordens dos canais da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	91
Figura 11 - Carta imagem da área de piscicultura presente na cabeceira do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	95
Figura 12 - Mapa com as cotas de alagamentos presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.	99
Figura 13 - Carta imagem demonstrando a disposição dos lotes em uma área da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	107
Figura 14 - Mapa de classificação dos cursos dos canais e seus comprimentos por curso presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR	108
Figura 15 - Mapa de uso e ocupação da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	115
Figura 16 - Mapa de Impactos ambientais identificados na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.	116
Figura 17 - Obras de infraestruturas presentes na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	119

Figura 18 - Plantios e Infraestruturas rurais instaladas nas propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	120
Figura 19 - Construções em APP e impactos ambientais nas propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	121
Figura 20 - Áreas de preservação permanente que sofrem retirada de vegetação de sub-bosque e cobertura do solo, localizadas em propriedades presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	122
Figura 21 - Píer e plataforma em madeira para acesso ao igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	124
Figura 22 - Construções em alvenaria nas margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	125
Figura 23 - Áreas que sofrem influência do regime hídrico do rio Branco sobre o igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	126
Figura 24 - Construções em locais irregulares que alagam nos períodos de chuvas, localizadas às margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	127
Figura 25 - Placas de sinalização alertando sobre o descarte do lixo, as margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR....	131
Figura 26 - Totais de propriedades visitadas que realizam atividades de queima e/ou recolhimento do lixo para cidade.....	133
Figura 27 - Práticas de descarte de lixo nas propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	134
Figura 28 - Mata ciliar nas propriedades vizinhas ao plantio de soja, localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	138
Figura 29 - Erosões presentes nas estradas de acesso as propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	145
Figura 30 - Erosões laminares presentes nos quintais das propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	146
Figura 31 - Processo de arraste superficial do solo, se deslocando para o leito do igarapé em propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	147
Figura 32 - Processos erosivos em propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	148
Figura 33 - Voçorocas as margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.....	149

Figura 34 - Ceifa do mato e barreira de plantas em propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	150
Figura 35 - Carta imagem demonstrando a delimitação da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento e as características dos componentes geoambientais, Boa Vista – RR	164

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes do índice de sinuosidade.....	64
Tabela 2 - Dados de precipitação dos anos de 1923 a 1997 e de 1999 a 2017.....	80
Tabela 3 - Parâmetros Morfométricos da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.....	92
Tabela 4 - Hierarquia fluvial, porcentagem, relação de bifurcação e relação entre o número e extensão dos canais em cada ordem da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista, RR.....	92
Tabela 5 - Composição média do lixo domiciliar	131
Tabela 6 - Tempo de decomposição de alguns materiais na natureza	132

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 - Data e principais parâmetros de análise de recursos hídricos superficiais do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR..... 156
- Quadro 2 - Sistemas ambientais, com as unidades geoambientais, caracterização, formas de ocupação e uso, impactos ambientais e propostas de mitigação 165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
CEEIBH	Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
CEMPRE	Compromisso Empresarial Para a Reciclagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CBH	Comitês de Bacias Hidrográficas
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CRH	Conselhos de Recursos Hídricos
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMI	Energia, Matéria e Informação
ETEZR	Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes
FEMARH	Fundação Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
GPS	Global Positioning System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto de Pesquisas Espaciais
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MDE	Modelo Digital de Elevação
MUX	Multiespectral Regular
OLI	Operational Land Imager
ONU	Organização das Nações Unidas
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
PRH	Planos de Recursos Hídricos
PERH	Política Estadual de Recursos Hídricos
PNRH	Política Nacional dos Recursos Hídricos
PNMH	Programa Nacional de Microbacia Hidrográfica
SIRH	Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos
SEE	Sistema Estadual de Educação

SEGRH	Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SRTM	Suttle Radar Topography Mission
USGS	United States Geological Survey
ZEE	Zoneamento Ecológico Económico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Abordagem integrada e bacia hidrográfica como unidade espacial de estudo	23
2.2	Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental	36
2.3	Impactos das atividades humanas nos ecossistemas aquáticos	45
2.4	Apontamentos sobre a legislação e gerenciamento dos recursos hídricos.....	51
3	METODOLOGIA.....	56
3.1	Elaboração da cartografia básica e temática.....	57
3.2	Análise morfométrica.....	59
3.3	Levantamento dos aspectos socioeconômicos e dos fatores de degradação ambiental.....	66
3.4	Análise da qualidade da água superficial.....	68
3.4.1	<i>Amostragem e Coleta.....</i>	69
3.4.2	<i>Determinação dos parâmetros físico-químicos.....</i>	69
3.4.3	<i>Análises microbiológicas.....</i>	69
3.4.4	<i>Análises de Dados.....</i>	70
4	CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA REGIÃO DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO	71
4.1	Condições geológicas, geomorfológicas e pedológicas.....	71
4.2	Aspectos climáticos.....	79
4.3	Recursos hídricos superficiais e subterrâneos.....	82
4.4	Vegetação	83
5	ANÁLISE MORFOMÉTRICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL INTEGRADO	88
6	PROCESSO DE OCUPAÇÃO E FATORES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL.....	111
6.1	Construções de Benfeitorias e seus Impactos.....	117

6.1.1	<i>Esgoto doméstico</i>	124
6.1.2	<i>Lixo inorgânico e orgânico</i>	129
6.2	Atividades agropecuárias e seus impactos	135
6.2.1	<i>Erosão</i>	141
7	QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO	151
8	ANÁLISE INTEGRADA DA DINÂMICA DA PAISAGEM DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO	162
9	CONCLUSÃO	171
	REFERÊNCIAS	177

1 INTRODUÇÃO

Savanas ou cerrado, como é conhecido no Brasil, são fitofisionomias dos trópicos, quente e úmido, caracterizadas por possuir uma vegetação rasteira (ervas e capins), com árvores e arbustos esparsos, que podem ou não estar presentes. O maior bloco contínuo de savanas do extremo norte da Amazônia brasileira está situado no estado de Roraima e é conhecido regionalmente como lavrado. Pela classificação de biomas e ecorregiões que o Ministério do Meio Ambiente do Brasil adota para todo o território nacional, este conjunto paisagístico pertence a ecorregião das “Savanas da Guiana” que está contida no Bioma Amazônia (FERREIRA 2001), situado entre os limites internacionais do Brasil, Guiana e Venezuela com mais de 60.000 km² onde o lado brasileiro é quase que totalmente restrito à Roraima, detendo mais de 70% (43.358 km²) de todo este complexo (CAMPOS, PINTO e BARBOSA, 2008). Trata-se de um ecossistema único, sem correspondente em outra parte do Brasil, com elevada importância para a conservação da biodiversidade, de recursos hídricos e de outros serviços ambientais amazônicos.

Uma característica marcante dos lavrados Roraimenses é a extensa superfície de aplainamento e uma rede complexa de igarapés que são pequenos cursos d'água que se caracterizam pela pouca profundidade, acompanhados ou não por formações de buritizais lineares ou agrupados, os quais são interconectados com os principais rios que drenam o lavrado.

Os igarapés estão presentes em pequenas bacias hidrográficas, com canais de primeira e segunda ordem, conectados ou não com lagoas temporárias presentes em suas cabeceiras.

As bacias hidrográficas localizadas nas áreas de lavrado estão em processo de ocupação por apresentar características de relevo plano, vegetação de fácil manejo e a presença de recursos hídricos abundantes. As atividades de pecuária, plantio de grãos e a venda de pequenos lotes nas margens dos igarapés para uso como balneários ou pequenas chácaras está em constante expansão. Essas formas de ocupação estão causando a mudança da paisagem natural e o comprometimento da qualidade dos recursos hídricos.

Com a intensificação do uso e apropriação dos recursos naturais presentes nas bacias hidrográficas do lavrado veio também a necessidade de se buscar medidas para conservar, preservar e garantir o seu aproveitamento racional. Os recursos

hídricos devem ter papel fundamental no desenvolvimento de ações voltadas para o uso consciente da água nas bacias hidrográficas.

O uso dos recursos naturais deve ser feito de acordo com a capacidade suporte e vulnerabilidade dos sistemas ambientais, assim como a identificação dos impactos ambientais são necessárias para a tomada de medidas mitigadoras. O planejamento ambiental surge como um importante caminho para o gerenciamento dos recursos naturais, buscando a minimização dos impactos ambientais, sem deixar de lado o desenvolvimento da produção.

As bacias hidrográficas apresentam-se como unidades geográficas fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, mostrando-se extremamente vulneráveis às atividades antrópicas.

Nesse contexto as bacias hidrográficas destacam-se como unidades físico-territoriais que viabilizam as ações de planejamento ambiental, priorizando o estabelecimento de propostas voltadas para a preservação dos recursos naturais, a satisfação das necessidades humanas e o desenvolvimento econômico embasados nos princípios da sustentabilidade.

O estudo da bacia hidrográfica a partir de uma abordagem teórico-metodológico através da a geoecologia das paisagens constitui uma abordagem que apresenta um enfoque sistêmico e interdisciplinar. Ela oferece fundamentos teórico-metodológicos para a implantação de ações de planejamento e gestão ambiental, direcionados à implantação de modelos de uso e ocupação voltados à sustentabilidade socioambiental.

A fundamentação científica da geoecologia da paisagem constitui um sistema de métodos e procedimentos técnicos de pesquisa, cujo maior intuito é propiciar o estabelecimento de um diagnóstico integrado, identificando suas limitações. As bases fornecidas pelo diagnóstico, irão subsidiar informações necessárias para a instituição de programas de desenvolvimento socioeconômico, ambiental e seus devidos planos de gestão e manejo territorial (MANOSSO, 2009; SILVA e RODRIGUEZ, 2011).

Na pesquisa em questão se considera unidades geoecológicas ou geoambientais pelo seu caráter individual e tipológico, definindo-se feições em escala regional e local. A regionalização e a tipologia da paisagem baseiam-se em critérios taxionômicos, diferenciando a morfologia e a tipologia da paisagem.

Os pressupostos que nortearam esta pesquisa foram estruturados sobre as seguintes afirmativas:

1 As bacias hidrográficas são sistemas ambientais integrados que possibilitam uma visão sistêmica e holística da realidade devido, principalmente, à interdependência dos processos climatológicos, hidrológicos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, biológicos e antropogênicos.

2 As bacias hidrográficas da região das Savanas do estado de Roraima possuem características peculiares como as lagoas freáticas termitentes e intermitentes, relevos predominantemente planos, vegetação predominante de gramíneas e solos predominantes compostos de areias quartzosas.

3 O igarapé Água Boa do Bom Intento foi recentemente loteado e está sofrendo com os processos de ocupação que causam degradação do ambiente natural através de desmatamentos, produção de efluentes domésticos e sanitários e atividades agropastoris.

4 A alteração dos processos naturais e a dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento estão sofrendo modificações estruturais dos seus geossistemas, implicando em ocorrências negativas sobre os ambientes naturais e a qualidade dos recursos hídricos.

Em decorrência desses pressupostos, esta tese tem como objetivo geral realizar uma análise ambiental integrada da paisagem e os impactos ambientais decorrentes da ocupação da bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, utilizando-se como fundamentação teórica o estudo da dinâmica das paisagens e técnicas de geoprocessamento especializando em mapas temáticos dos componentes físico-ambientais;

Para atingir esse objetivo foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Definir a unidade geoambiental que compõe a paisagem da bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, identificando os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrográficos, pedológicos e vegetacionais.

- Caracterizar morfometricamente a bacia do igarapé Água Boa do Bom Intento como auxílio no processo de gestão.

- Analisar a qualidade da água superficial em seções da bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento.

- Identificar os impactos ambientais nos recursos hídricos superficiais e diagnosticar o estado atual das paisagens na bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento.

- Identificar as formas de uso e ocupação considerando as condições de preservação, conservação e degradação dos recursos naturais disponíveis na bacia;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Abordagem integrada e bacia hidrográfica como unidade espacial de estudo

O homem desde os seus primórdios vem aprimorando suas técnicas de intervenção nos sistemas biofísicos, modificando e abrindo novas perspectivas de relação homem e natureza. O homem começou a desenvolver novas relações com o meio, no sentido de tentar transformar o meio geográfico, organizando os primeiros espaços agrícolas e criando os primeiros ambientes construídos às custas da exploração efetiva dos recursos naturais. A estas sociedades primordiais são atribuídas os primeiros impactos ambientais, como exemplo a perda da fertilidade dos solos da Mesopotâmia (MARQUES NETO, 2008).

A ciência geográfica é identificada, em seus procedimentos metodológicos, por possuir ampla diversidade de abordagem na análise do espaço geográfico. As técnicas e os métodos aplicados relacionam os diferentes setores do conhecimento e da pesquisa, o que requer uma abordagem de síntese, possibilitando a elaboração de diagnósticos integrados direcionados ao planejamento ambiental (GORAYEB, 2008).

O estudo da bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento será feito por uma análise integrada da paisagem, com enfoque geoecológico. A análise geoecológica baseia-se na avaliação do potencial dos recursos naturais, possibilitando a formulação de estratégias qualificantes do uso e manejo mais adequados da função e operação de cada uma das unidades paisagísticas, no tempo e no espaço (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

A definição de paisagem segundo França e Pimentel (2012, p. 900), sob o ponto de vista geográfico é:

O resultado da combinação, associação ou superposição de fatores de natureza climático-geomorfológica, morfotectônica, litológica, fitogeográfica, hidrológica, ecológica e antropogênica, atuais e pretéritas. Esses fatores se inter-relacionam em diferentes escalas espaciais e temporais, originando conjuntos complexos.

Desta forma, a metodologia poderá propor possíveis cenários tendenciais da paisagem, essenciais para o planejamento e gestão que visam à sustentabilidade ambiental, uma vez que busca o entendimento das estruturas verticais e horizontais, funcionamento, evolução e estabilidade geoecológica da paisagem. Autores como

Vidal (2014) e Farias (2015), dentre outros, demonstraram em seus estudos que as informações oferecidas por essa metodologia de análise fornecem os devidos subsídios às intervenções sustentáveis na natureza por parte dos gestores e sociedade em geral.

Rodriguez (1998); Bertrand (2004), indicam que o esquema metodológico para a análise geoecológica da paisagem perpassa pelo estudo da organização da paisagem; classificação e taxonomia das estruturas paisagísticas; conhecimentos dos fatores modificadores das paisagens, o potencial das paisagens e tipos funcionais, o papel dos fatores antropogênicos, dos impactos geoecológicos das atividades humanas na paisagem.

Bertrand (2004) propõem uma classificação corológica da paisagem, sendo as seguintes escolhidas, dá mais extensa para a mais restrita: zona, domínio, região natural, geossistema, geofácies e geótopo, mas, Silva e Rodriguez (2011) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) aperfeiçoaram e difundiram os estudos de Sotchava realizados nos anos 1977 e 1978 e propuseram duas categorias de sistematização da paisagem: a local e a regional. A categoria local constitui unidades distintas pela sua semelhança e repetição, sendo determinada por parâmetros de homogeneidade, enquanto a regional, compõem-se de unidades distintas pela sua personalidade e individualidade (PAULA, 2017).

De acordo com Silva e Rodriguez (2011), as unidades definidas na regionalização das paisagens naturais baseadas na homogeneidade relativa, e de acordo com a escala, são Subcontinente, País, Domínio, Província, Distrito, Região e Sub-Região. Enquanto as unidades diferenciadas na tipologia, ou seja, baseadas na homogeneidade relativa, são as Tipo, Subtipo, Classe, Grupo, Subgrupo e Espécie.

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 (GORAYEB, 2008).

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), a análise da estrutura da paisagem consiste em explicar como se inter-relacionam os componentes da paisagem - geologia, relevo, solos, hidrografia, cobertura vegetal, clima e uso da terra, para sua formação, e como se dá essa organização espacialmente. A estrutura da paisagem possui os índices e as propriedades dos objetos materiais estruturantes, e

reflete a organização sistêmica dos seus elementos funcionais e as regulações que determinam sua essência, sua morfologia e sua integridade

São duas as estruturas a serem analisadas: a) Estrutura vertical da paisagem que é formada pela composição e inter-relação entre os elementos e componentes da paisagem no sentido vertical (estabelece as relações dos componentes) e b) Estrutura horizontal que é estudada mediante a análise do reflexo da paisagem natural no território, que se define como o mosaico de unidades paisagísticas (particularidades geométricas, ou seja, à composição da estrutura, formas, orientação e situação dos contornos, e suas relações de posição e de contrastes) (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

Assim, ao classificar as paisagens é necessário diferenciar as paisagens naturais e, em seguida, distinguir as formas de uso e ocupação das mesmas, classificando-as de acordo com a realidade das relações de força, ordem e hierarquia, devendo existir uma coerência entre a nomenclatura utilizada e os conceitos refletidos (SILVA e RODRIGUEZ, 2011).

O termo original que define paisagem vem do alemão *landschaft* e seus derivados em idiomas similares, como *landscip*, em inglês antigo; *landschap*, em holandês; e *landskap* em sueco. Estes termos eram utilizados como referência de um determinado território, propriedade de um senhor e ocupado por uma comunidade. Nas línguas latinas, para determinar a mesma situação, usava-se o termo *paessagio*, em italiano; *paysage*, em francês; *paisaje*, em espanhol; e *paisagem*, em português (SILVA, 1993 apud GORAYEB, 2008).

Historicamente, na evolução do pensamento geográfico, a paisagem foi analisada por Humboldt, Ritter e Ratzel através da descrição de sua composição física e humana. Por meio de métodos comparativos e descritivos, os estudiosos consideraram a paisagem como o resultado das distribuições e inter-relações entre os componentes e os processos do meio natural, aplicando-se a partir desses estudos o conceito de paisagem natural (GORAYEB, 2008).

Nesse contexto, a paisagem é uma noção metodológica que baseia e referência diferentes estudos regionais e integra os elementos e os processos naturais e humanos de um território. Logo, a paisagem pode ser considerada como o resultado das interações entre as condições naturais e as diferentes formas de uso e ocupação, decorrentes da composição socioeconômica, demográfica e cultural da sociedade. Portanto, 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 (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

Bertrand (2004) considera que a paisagem é uma determinada porção do espaço, o resultado da interação dialética entre três principais subconjuntos: o potencial ecológico, a exploração biológica e a utilização antrópica. Assim, cada paisagem possui formas evolutivas próprias que vão influir na sua constituição e na sua dinâmica espaço-temporal. Conforme o autor, as combinações dinâmicas e instáveis dos componentes naturais e socioeconômicos relacionam-se, fazendo da paisagem uma unidade indissociável e em constante evolução (MARQUES NETO, 2008).

Por outra parte, Tricart (1977 apud GORAYEB, 2008) relaciona alguns critérios ecodinâmicos para a análise das paisagens, estabelecidos através do balanço entre morfogênese e pedogênese. Nos ambientes considerados estáveis predomina a pedogênese: regiões tectonicamente calmas, relevos moderadamente dissecados, solos maduros e cobertura vegetal densa. Já a morfogênese predomina nos ambientes instáveis que se mostram o oposto dos estáveis: regiões tectonicamente instáveis, relevos fortemente dissecados, solos pobres e rasos, cobertura vegetal degradada e condições bioclimáticas agressivas. Os ambientes considerados de transição podem ser estáveis ou instáveis, dependendo da predominância da pedogênese ou da morfogênese.

As transformações e os problemas causados nas paisagens por ação do homem são o objetivo dos estudos da análise antropogênica. O homem causa mudanças significativas na natureza e a essas mudanças são definidas como o processo de antropogenização da paisagem, que transformam as estruturas, o funcionamento, inclusive as tendências evolutivas da paisagem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

As paisagens são modificadas e transformadas no transcurso da interação entre atividades sociais e os componentes dos geossistemas. Sendo que a história de formação das paisagens atuais permite avaliar o potencial de sustentabilidade ao uso das mesmas, da sua capacidade de retorno à forma original, possibilita estabelecer limiares de aceitação ao uso, sem provocar o surgimento de uma nova paisagem (PAULA, 2017).

A classificação antropogênica da paisagem é de acordo com o grau de mudança e transformação da paisagem, classificados em: paisagens naturais (não

modificadas ou possuir modificações incipientes dos seus elementos estruturais), paisagens antrópicas (elementos estruturais modificados, podendo ser consideradas moderadas a fortes, mas conservando a capacidade de regeneração) e paisagens tecnogênicas (passaram por fortes mudanças dos componentes de sua estrutura a ponto de transformar a paisagem em outra, não tendo como retornar à paisagem original) (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

A paisagem natural é mais estável do que as paisagens antrópicas, mesmo depois de finalizada a ação humana e com a regeneração da mesma. Qualquer paisagem modificada ou transformada pela sociedade, como regra, é menos estável que a paisagem original. Assim, o geossistema responde de forma diferenciada às diferentes intervenções da sociedade, e para um mesmo tipo de impacto ambiental, variam as respostas em dependência das características estruturais da paisagem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

A análise do funcionamento da paisagem sustenta-se em esclarecer os elementos substanciais dos subsistemas, que refletem no sistema das inter-relações externas das paisagens. Nesse enfoque, analisa-se a gênese da paisagem, os fluxos de Energia, Matéria e Informação (EMI) entre as partes da paisagem e entre as paisagens, e verificam-se os estados dos seus processos de funcionamento (PAULA, 2017).

Caracteriza-se o funcionamento da paisagem como a sequência estável de processos que atuam permanentemente na formação da paisagem. Isto consiste na transmissão de Energia, Matéria e Informação e garante a conservação de um determinado estado da paisagem em um tempo. As conjugações e conexões das paisagens de níveis hierárquicos diferentes formam o que se denomina por estrutura funcional da paisagem, as quais se unem mediante a ação dos fluxos horizontais e verticais (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), a dinâmica de funcionamento da paisagem, de forma geral, pode ser distinta nas seguintes categorias temporais: curto, médio e longo tempo. Os estados dinâmicos funcionais de curto tempo oscilam entre minutos e até um dia. Os estados funcionais de médio tempo possuem amplitude no tempo entre um dia a um ano, e constituem os estados diários de circulação dos processos atmosféricos, de ciclo anual, as estações do ano e estados anuais.

A teoria geral dos sistemas teve início nos Estados Unidos nas primeiras décadas do século XX em conformidade com o avanço da Cibernética. As primeiras abordagens de sistemas nas áreas de Biologia e da Termodinâmica se deram por volta de 1930 por Bertalanffy. Em 1950 Bertalanffy lança a Teoria Geral dos Sistemas, que é utilizada por muitos pesquisadores, principalmente na Física, Química e Biologia. Em 1937 foi utilizado por Tansley, que criou o conceito de ecossistema que mais tarde influenciou a geomorfologia particularmente, a geografia física. Bertalanffy buscava uma linguagem única, capaz de englobar todos os campos do conhecimento. Assim a interpretação da paisagem e de todo o seu instrumento teórico é feito a partir de uma visão sistêmica (LIMBERGER, 2006; NUCCI, 2007; MARQUES NETO, 2008; LOPES, SILVA e GOULART, 2015).

A teoria geral dos sistemas ressaltou os riscos da visão reducionista na tentativa de se explicar o todo pelo comportamento de uma de suas partes constituintes. Segundo a teoria geral dos sistemas, existem propriedades que só podem ser encontradas na complexidade e que, portanto, não devem ser identificadas por meio de análises ou fragmentação do todo, ou seja, uma organização só pode ser estudada como um sistema, pois o todo é maior que a soma de suas partes (NUCCI, 2007).

Não é possível identificar uma definição que unifique o que seja sistema. Vários autores o definiram, mas se encontram intrínsecos em cada conceito os paradigmas ou objetivos dos autores. Apesar de variarem as definições, normalmente encontram-se presentes as características principais de um sistema, como o caráter global, o aspecto relacional, a organização, a hierarquização. Neste sentido, uma definição muito interessante encontrada em Morin (1997 apud LIMBERGER, 2006) é a de Ferdinand de Saussure. Em 1931 ele diz que um sistema é uma totalidade organizada, feita de elementos solidários só podendo ser definidos uns em relação aos outros em função de seu lugar nesta totalidade, no qual se destaca o conceito de organização, articulando-o ao de totalidade e ao de inter-relação, bem como o de hierarquia.

Segundo Lopes, Silva e Goulart, (2015) sistema constitui como um conjunto de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade.

Christofolletti (1979) acrescenta que para se caracterizar um sistema é necessário que exista qualquer conjunto de objetos que possa ser relacionado no

tempo e no espaço e Limberger (2006) acrescenta ainda que além de relações é necessário que haja uma finalidade, a execução de uma função por parte desse conjunto inter-relacionado, para que possa ser considerado como um sistema.

Um sistema é caracterizado por: a) seus elementos ou unidades; b) suas relações – os elementos dependem um dos outros, através de ligações que denunciam os fluxos; c) seus atributos – são as qualidades atribuídas a um sistema para que se possa dar-lhe características, tais como comprimento, área, volume, composição ou densidade dos fenômenos observados; d) entrada (input); e) saída (output) (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Um sistema pode ser classificado de acordo com vários critérios, sendo que para a geografia o critério funcional e o da complexidade estrutura são os mais importantes. Dentre o critério funcional podemos destacar o proposto por Forster Rapoport e Truco onde eles podem ser sistemas isolados ou sistemas não isolados, os isolados são aqueles onde não ocorrem trocas de energia nem de matéria com outros sistemas; já nos sistemas não isolados podem ser divididos em sistemas fechados ou abertos: nos fechados ocorre troca apenas de energia e nos abertos existe a troca de energia e matéria (LOPES, SILVA e GOULART, 2015).

Nos sistemas naturais predominam os sistemas abertos. Estes apresentam um constante fluxo de entrada e de saída, e um dinamismo que evita um equilíbrio químico ou termodinâmico, mas apresenta um estado estacionário, ou a busca dele (MAGALHÃES, SILVA e ZANELLA, 2012)

Uma outra classificação (importante principalmente para estudos dos geossistemas), proposta por Chorley e Kennedy (1971 apud CHRISTOFOLETTI, 1979) distingue onze tipos de sistemas, considerando a complexidade estrutural. Seriam eles os sistemas morfológicos, os sistemas em sequência, os sistemas de processos-respostas, os sistemas controlados, os sistemas automantenedores, plantas, animais, ecossistemas, homem e os ecossistemas humanos. Estas categorias e suas inter-relações poderão ser mais bem compreendidas quando se tratar do estudo dos geossistemas (LIMBERGER, 2006).

Bertalanffy (1973 apud LIMBERGER, 2006) relaciona alguns motivos que o levaram a formular a Teoria Geral dos Sistemas, que seriam: a) necessidade de generalização dos conceitos científicos e modelos; b) introdução de novas categorias no pensamento e na pesquisa científicas; c) os problemas da complexidade organizada, que são agora notados na ciência, exigem novos instrumentos

conceituais; d) pelo fato de não existirem instrumentos conceituais apropriados que sirvam para a explicação e a previsão na biologia; e) introdução de novos modelos conceituais na ciência; f) interdisciplinaridade: daí resulta o isomorfismo dos modelos, dos princípios gerais e mesmo das leis especiais que aparecem em vários campos.

O sistema apresenta entrada (input) e saída (output), sendo a entrada aquilo que o sistema recebe, que depende do tipo de sistema. A saída é o resultado das entradas que sofreram transformações em seu interior e depois encaminhadas para fora. As unidades ou elementos transformam as entradas e são partes componentes do sistema e possuem atributos ou qualidades que imprimem características a elas e ao sistema, que dependendo dos sistemas, podem se eleger propriedades para sua classificação (LOPES, SILVA e GOULART, 2015).

Morim (2000 apud NUCCI, 2007) sugere que a visão sistêmica permitia uma produção de conhecimentos interdisciplinar colocando o termo ecologia como sinônimo de visão sistêmica e de holismo.

Nesse sentido, Monteiro (1976 apud GORAYEB, 2008) ressalta que é importante considerar os sistemas não apenas como simples agregados de partes elementares, mas como uma organização própria que estabelece subconjuntos em vários níveis de hierarquia.

Com base na teoria geossistêmica de Sotchava (1977 apud AMORIM, 2012) e outros autores foram estabelecendo critérios dimensionais e hierárquicos nas unidades espaciais homogêneas denominadas de geossistemas. Os geossistemas ou unidades geoambientais destacam-se em três principais categorias de dimensão: a planetária, a regional e a local. Por outra parte, Bertrand (2004) define as unidades superiores em Zona, Domínio e Região, ocupando assim maiores extensões territoriais. Nas unidades inferiores, compreendidas em Geossistema, Geofácia e Geótopo, o autor utiliza critérios mais específicos, considerando os fatores do potencial ecológico (geologia, geomorfologia, clima e hidrologia) e da exploração biológica (solo, vegetação e fauna) (COSTA, 2017).

Os ecossistemas e os geossistemas são entidades representativas de sistemas ambientais. Os ecossistemas correspondem aos sistemas ambientais biológicos, isto é, constituídos em função dos seres vivos e sob a perspectiva ecológica, enquanto os geossistemas correspondem aos sistemas ambientais para as sociedades humanas, sendo constituídos sobretudo pelos elementos físicos e biológicos da natureza e analisados sob perspectiva geográfica (CHRISTOFOLETTI,

1979). Assim, o geossistema pode ser entendido como formações naturais que se desenvolvem influenciados tanto por fenômenos naturais quanto econômicos e sociais, que alteram sua estrutura e peculiaridades espaciais (LIMBERGER, 2006).

Considerando-se o âmbito da Geografia em particular, a abordagem sistêmica favoreceu e dinamizou o desenvolvimento da chamada Nova Geografia. Serviu, nesta ciência, para uma melhor focalização das suas pesquisas e para delinear com maior exatidão o seu setor de estudo, permitindo também reconsiderações de seus conceitos e uma revitalização de vários setores, com destaque para a Geomorfologia (LIMBERGER, 2006). Foi introduzida por Strahler, em 1950, onde o autor trabalhou com sistemas de drenagem, considerando-o como um sistema aberto. Após Strahler figuram também Culling (1957), Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1965), Chorley e Kennedy (1971), trabalhos estes voltados para a área de Geomorfologia, sendo que o último, figura como a contribuição de maior interesse para a geografia física (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Como uma maneira de realizar pesquisas em geografia física, apoiado na abordagem sistêmica, adotou-se o estudo de geossistemas. Este foi definido por Bertalanffy (1973 apud LIMBERGER, 2006) como uma classe peculiar de sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados; esta definição abre, portanto, um vasto campo para estudos em geografia física.

Bertrand (1968 apud MAGALHÃES, SILVA e ZANELLA, 2012), expõe o termo geossistema servindo para designar um sistema geográfico natural e homogêneo associado a um território.

Segundo Bertrand (2004) o geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis e resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor de declive, dinâmica das vertentes), climáticos (precipitações, temperaturas) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo). É o potencial ecológico do geossistemas. Ele é estudado por si mesmo e não sob o aspecto limitado de um simples lugar.

Segundo Sotchava (1977 apud MARQUES NETO, 2008) no estudo dos geossistemas destacam-se não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles; quanto ao estudo da paisagem, sob esta abordagem, é necessário destacar sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc., e não somente analisar sua morfologia e subdivisões (LIMBERGER, 2006).

Um geossistema, sendo um sistema espacial natural, aberto e homogêneo (TROPMAIR, 2004), caracteriza-se por sua morfologia, ou seja, o arranjo da disposição dos elementos e da conseqüente estrutura espacial; pela sua dinâmica, ou o fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema e que variam no espaço e no tempo; pela inter-relação de seus elementos; e pela exploração biológica da flora, fauna e humana (LIMBERGER, 2006).

O estudo dos geossistemas é, portanto, o objetivo da geografia física; com isso ela pode buscar sua independência em relação às outras disciplinas (CHRISTOFOLETTI, 1990). O geossistema, assim, era visto pelo referido autor como algo que revolucionaria os estudos e a participação da geografia na solução dos problemas da sociedade, ou seja, daria um destaque aos estudos geográficos.

A geografia física não deve estudar os componentes do quadro físico por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da interação e as conexões existentes nesse conjunto. Esse conjunto resultante não é apenas a composição da somatória de suas partes, mas como algo individualizado e distinto, com propriedades e características que só o todo possui (CHRISTOFOLETTI, 1990).

Essas novas perspectivas conceituais e analíticas durante o desenvolvimento da geografia à enriqueceu. A incorporação em sua estrutura foi se transformando e ganhando fortalecimento conceitual, profundidade analítica e relevância aplicativa (CHRISTOFOLETTI, 1979; 1990).

Tropmair (2004) considera a paisagem como a fisionomia do próprio geossistema, que inclui todo um conjunto de inter-relações naturais, sociais e culturais. Dentre as propriedades paisagísticas e os principais aspectos que podem ser progressivamente alterados, têm-se os intercâmbios de fluxo, matéria, energia e informações; a homogeneidade da estrutura e suas inter-relações e o conjunto sistêmico que define a integridade e a espacialidade territorial. Dessa forma, as paisagens adquirem estados temporais que se prolongam de acordo com os níveis de estabilidade e capacidade de transformação tecnológica, assumindo diferentes graus de antropização (SILVA, 1998 apud 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)

A ecologia da paisagem tem duas visões distintas: uma abordagem geográfica e outra ecológica. A primeira abordagem de ecologia da paisagem foi impulsionada por Carl Troll (1971) e por pesquisadores, essencialmente geógrafos, da Europa Oriental e Ocidental, sendo a Alemanha e a Holanda os primeiros países com a maior quantidade de trabalhos produzidos nessa área (NUCCI, 2007). Essa abordagem teve forte influência da geografia humana, da fitossociologia e da biogeografia, e de disciplinas da geografia ou arquitetura relacionadas com o planejamento regional. Três pontos fundamentais caracterizaram essa abordagem geográfica: a) preocupação com o planejamento e ocupação territorial, b) o estudo da paisagem profundamente modificadas – paisagens culturais e c) a análise de amplas áreas espaciais sendo a ecologia da paisagem diferenciada, nessa abordagem, por focar questões em macro-escalas, tanto espaciais, quanto temporais – macro-ecologia (METZGER, 2001).

Por esta última caracterização Troll (1971) define paisagem como a entidade visual e espacial total do espaço vivido pelo homem (estudo das inter-relações do homem com seu espaço de vida e com aplicações práticas na solução de problemas ambientais). Assim a ecologia da paisagem pode ser definida como uma disciplina holística, integradora de ciências sociais, geo-físicas e biológicas, visando em particular, a compreensão global da paisagem e o ordenamento territorial (METZGER, 2001).

O segundo surgimento da ecologia da paisagem se deu em 1980, influenciada particularmente por biogeógrafos e ecólogos americanos que procuram captar a teoria da biogeografia de ilhas para o planejamento de reservas naturais em ambientes continentais (METZGER, 2001). Nucci (2007) informa que o termo ecologia da paisagem como uma disciplina científica emergente, foi cunhado por Troll em 1939, ao estudar questões relacionadas ao uso da terra por meio de fotografias aéreas e interpretação de paisagens.

Esta nova ecologia da paisagem foi beneficiada pelo advento das imagens de satélites, para a modelagem e análise espacial. Ela dá maior ênfase às paisagens naturais ou unidades naturais da paisagem para a conservação da biodiversidade biológica e ao manejo de recursos naturais, e não enfatiza obrigatoriamente macro-escala (METZGER, 2001).

Em 1971 o termo geocologia da paisagem foi proposto por Troll (1971) em substituição ao termo ecologia da paisagem (FERREIRA, 2001)

A paisagem é definida como: i) uma área heterogênea composta por conjuntos interativos de ecossistema; ii) um mosaico de relevos, tipos de vegetação e formas de ocupação; iii) uma área espacialmente heterogênea (METZGER, 2001).

Nesse contexto, a paisagem é uma noção metodológica que baseia e referencia diferentes estudos regionais e integra os elementos e os processos naturais e humanos de um território. Logo, a paisagem pode ser considerada como o resultado das interações entre as condições naturais e as diferentes formas de uso e ocupação, decorrentes da composição socioeconômica, demográfica e cultural da sociedade. Portanto, 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 (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013; CHRISTOFOLETTI, 1999).

Conforme os critérios metodológicos estabelecidos, os geossistemas serão considerados como subunidades do conjunto paisagístico, destacando-se seus aspectos de homogeneidade, diferenciação, estrutura e dinâmica espacial. Por meio da conceituação das unidades geoambientais serão definidos critérios de análise paisagística, indicando-se os elementos naturais e seminaturais, que conduzem à antropização da paisagem. Critérios apoiados em princípios de homogeneidade relativa, repetibilidade e analogia, facilitaram o estabelecimento dos tipos de paisagem, considerados neste trabalho como unidades geoambientais, conforme a escala utilizada e o grau de diversidade e complexidade da paisagem como o realizado por Gorayeb (2008).

Para Oliveira (1990 apud COSTA, 2017) compreender que os estudos integrados das condições geoambientais são realizados através do entendimento da caracterização geral dos componentes naturais (geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos e cobertura vegetal) com sua perspectiva de integração ou de relações mútuas entre si. Isso difere do somatório ou da estratificação/superposição desses componentes, que conduzem a apreciações parciais e incompletas.

Nesse sentido os estudos sistêmicos são importantes mecanismos para a compreensão integrada do ambiente. Segundo Costa (2017) a geomorfologia, tem papel fundamental na compreensão dos agentes atuantes, seja pela natureza das formas ou do comportamento da declividade frente as intervenções antrópicas, atua como um critério guia para subsidiar análises posteriores.

O conhecimento das condições hidroclimatológicas, são essenciais para a compreensão da dinâmica hídrica superficial e subsuperficial, pois os eventos de natureza pluviométrica extrema ou mesmo como os cursos d'água estão organizados, é imprescindível para o planejamento e gestão territorial. Por fim, e não menos importante, os solos e a cobertura vegetal, que poderão estar associadas a variados tipos de degradação ambiental e sua avaliação e utilização dependerá da natureza de seu uso e manejo.

As bacias serão consideradas sistemas não isolados, abertos onde suas unidades serão analisadas de forma integrada. Os critérios geomorfológicos, são harmonizados com o estudo integrado das paisagens e a teoria geossistêmica, à medida que a paisagem se caracteriza pelo conjunto de elementos que encontram relação entre si e que formam uma determinada unidade e integridade.

Esta pesquisa buscará representar as informações obtidas na análise paisagística, por meio da elaboração de mapas-síntese e de mapas de unidades tipológicas e regionais das paisagens, identificando-se as unidades geoambientais através de procedimentos metodológicos baseados na abordagem sistêmica e integradora. De acordo com os procedimentos, será definida os contornos únicos para cada feição, considerando-se a hierarquização dentro do contexto regional da paisagem e discussão sobre a unidade paisagística, tendo por base a sequência de seus componentes geossistêmicos e as diferentes formas de uso e ocupação do solo da bacia estudada.

A geoecologia da paisagem é base teórica principal para o desenvolvimento da pesquisa haja vista o seu enfoque sistêmico, possibilitando compreender a paisagem desde a relação da dinâmica natural com a produção da sociedade. Parte-se do pressuposto básico de que os sistemas ambientais são integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas entre si e são continuamente submetidos aos ciclos da matéria e fluxo de energia. Cada sistema representa uma unidade de organização do ambiente natural. Em cada sistema, verifica-se, comumente, um relacionamento harmônico entre seus componentes e eles são dotados de potencialidades e limitações específicas, sob o ponto de vista de recursos ambientais. Como tal, reagem também de forma singular no que tange às condições de uso e ocupação (OLIVEIRA, 2012).

Essas relações assumem um grau maior de complexidade quando são incorporadas as variáveis de uso e ocupação da terra. De acordo com a metodologia,

a dinâmica paisagística poderá ser entendida por intermédio de uma análise histórico-natural, tornando-se necessário, também, utilizar as tecnologias da geoinformação (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2013). A metodologia possibilita a compreensão das condições ambientais de modo integrado, permitindo o desenvolvimento de ações de planejamento ambiental.

Por fim, a abordagem ecossistêmica apresenta sintonização holística, salientando a relevância de maior interação entre os componentes e que correspondem a unidades espaciais discerníveis na superfície terrestre, que devem ser identificadas e circunscritas pelas suas fronteiras. Os sistemas ecológicos serão em escala local, referido no ecossistema fluvial da bacia do igarapé Água Boa do Bom Intento. Essa grandeza espacial de ecossistema fluvial quando ganha em escala local, formando um mosaico, e esse mosaico ganha grandeza espacial, com o agrupamento de ecossistemas locais repetidos de modo similar há a formação da paisagem, que na área estudada é o das Savanas (ecorregião das Savanas das Guianas), assim as categorias de ecossistemas locais constituem os elementos da paisagem. A região seria uma área composta de paisagens com o mesmo macroclima, que na bacia estudada pertence ao Bioma Amazônia. A geoecologia das paisagens estuda os ecossistemas e suas interações com as atividades humanas (vertical e horizontal) e suas complexidades.

2.2 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento ambiental

A intensificação do uso e apropriação dos recursos naturais veio acompanhada da necessidade de se pensar em ações para conservar, preservar e garantir o seu aproveitamento para as atuais e futuras gerações (FARIAS, 2015). Várias são as estratégias para se atingir esse objetivo, se destacando a adoção da bacia hidrográfica como categoria de análise que viabiliza o desenvolvimento de ações voltadas para o uso consciente da água (FARIAS, SILVA e NASCIMENTO, 2015).

A necessidade do uso dos recursos naturais e conseqüentemente a intensificação dos problemas ambientais, requer ações planejadas com base na capacidade de suporte e vulnerabilidade/fragilidade dos sistemas ambientais. O planejamento ambiental surge como um importante caminho para o gerenciamento

dos recursos naturais, tendo por objetivo minimizar os impactos ambientais da ação humana (SILVA, 2012), e deve estar focada também na relação entre o desenvolvimento da produção e o processo de desenvolvimento da sociedade (ROCHA e VIANNA, 2008).

As bacias hidrográficas destacam-se como unidades físico-territoriais que viabilizam as ações de planejamento e gestão ambiental em determinados espaços, priorizando o estabelecimento de propostas voltadas para a preservação dos recursos naturais, a satisfação das necessidades humanas e o desenvolvimento econômico embasados nos princípios da sustentabilidade (FARIAS, SILVA e NASCIMENTO, 2015).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento formal ocorre nos Estados Unidos a partir de 1933, se espalhando pelo mundo, onde na década de 80 inicia trabalhos no Brasil, mas precisamente na década de 90 onde inúmeros trabalhos estão associados no estudo de bacias hidrográficas como unidade fundamental de pesquisa (BOTELHO, 1999).

As bacias hidrográficas são unidades que integram 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 presente em uma bacia hidrográfica e que são utilizadas pela população. Historicamente as comunidades se instalaram em bacias ao longo dos cursos fluviais, em busca de abastecimento e produção agrícola, portanto, é preciso uma regulamentação que gerencie melhor os recursos naturais (SILVA, 2012).

Teixeira (2014) afirma que a maior parte dos estudos envolvendo Bacias Hidrográficas foram inaugurados pouco mais de uma década depois, a partir dos trabalhos de ordenamento de canais realizados por Horton em 1945. Nessa visão, puramente hidrológica e quantitativa, uma Bacia Hidrográfica era identificada como o conjunto de terras que faziam convergir a precipitação para um corpo d'água principal e seu estudo se concentrava principalmente nos canais fluviais.

Para Vasco et al. (2011), o estudo das bacias hidrográficas, tanto urbanas quanto rurais, é imprescindível para obter o equilíbrio entre a exploração dos recursos naturais e a sustentabilidade ambiental. A exploração ambiental vem ocorrendo de maneira desordenada, impulsionada pelo crescimento populacional acelerado, expansão das áreas agrícolas e intensa urbanização.

Segundo Botelho (1999), a bacia hidrográfica passa a ser vista como unidade natural de análise da superfície terrestre, onde é possível reconhecer e estudar as suas inter-relações existentes entre os diversos elementos da paisagem e os processos que atua na sua formação. A bacia hidrográfica passa também a representar uma unidade ideal de planejamento de uso das terras, uma vez que seus atributos podem ser baseados em critérios geomorfológicos.

Os primeiros trabalhos realizados tendo como unidade de estudo as bacias hidrográficas foram desenvolvidos com base em um enfoque de manejo das águas. Com o passar do tempo, o conhecimento dos aspectos que compõem as bacias e a maneira como eles se relacionam foi intensificado, e a bacia passou a ser considerada uma união de fatores ambientais e não apenas relacionada com o uso e aproveitamento racional da água. De certo modo, isso viabilizou e fortaleceu nos últimos anos a ideia do planejamento e manejo ambiental integrado (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTE, 2013).

Pires & Santos, (1995 apud SILVA, 2012) relatam que no início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visava basicamente a solução de problemas relacionados à água, com prioridade para o controle de inundações, para o abastecimento doméstico e industrial, para a irrigação ou para a navegação. O enfoque principal dessa estratégia continua, em muitos casos, sendo a água, sem atentar para o manejo adequado dos outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico. Mas, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem da bacia e não apenas o hídrico.

Contudo, Silva (2012) ressalta que não se enfoca apenas a questão do recurso hídrico no estudo de bacias hidrográficas, mas todos os fatores do meio físico como a geologia, geomorfologia, clima, solos, vegetação e os de ordem socioeconômica, que podem influenciar na dinâmica natural da bacia, por isso, ela tem sido adotada como uma unidade de estudo de planejamento e gestão ambiental, já que se tem como objetivo a preservação e conservação dos recursos naturais.

Segundo Rocha e Viana (2008) o estudo de bacias hidrográficas deve ser mais sistematizado, devido à complexidade ambiental e os processos sociais, políticos e econômicos envolvidos, uma vez que, o uso desordenado cria cada vez mais, a escassez e empobrecimento do ambiente.

Nas bacias hidrográficas estão agregados uma série de aspectos como unidades e características ambientais, atributos naturais e socioeconômicos, os quais, de certo modo, são de fácil caracterização e delimitação. Porém, uma bacia comporta também unidades político administrativas que não coincidem com a delimitação da mesma, que são os municípios, distritos e localidades (FARIAS, SILVA e NASCIMENTO, 2015).

Por esse fato, uma mesma bacia pode drenar limites territoriais diferenciados que não se alinham com a trajetória dos cursos d'água. Esse é um dos pontos que dificulta a gestão dos recursos hídricos no âmbito das bacias, uma vez que é um sistema complexo que por vezes não respeitam os limites dos divisores de água. Diante desse impasse, as propostas de planejamento ambiental elaboradas para a bacia devem levar em consideração esses aspectos conflitantes, podendo contar com o auxílio dos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH) os quais estão definidos na Lei nº 9.433/97 (FARIAS, SILVA e NASCIMENTO, 2015).

A bacia hidrográfica é tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos, por constituir-se em sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal é medida. Portanto, o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica pode ser avaliado através dos atributos fisiográficos inerentes à sua área e aferido através dos registros fluviométricos (ROCHA e VIANA, 2008).

Na atualidade os estudos e pesquisas tendo como foco de análise a bacia hidrográfica cresceram substancialmente, surgindo também uma gama variada de métodos de análises e abordagens, acompanhadas de uma série de conceituações dessa categoria de análises (FARIAS, 2015).

No Brasil, através da Lei 9433 de 1997, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos-PNRH em seu capítulo I, artigo 1 e inciso V, a bacia hidrográfica foi considerada a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH (BRASIL, 1997), ou seja, como unidade de estudo e gestão.

A Política Nacional do Meio Ambiente promulgada em 1981 é um dos documentos referentes sobre a legislação ambiental brasileira, pois, formulou diretrizes para a avaliação de impactos ambientais, planejamento e gerenciamento, zoneamentos e instituiu o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Em 1986, com a Resolução 001 do

CONAMA se criou a obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental para cada atividade conforme a legislação (SANTOS, 2004 apud SILVA, 2012).

A rede hidrográfica, responsável pela drenagem de uma bacia possui configurações ou arranjos espaciais que refletem a estrutura geológica e composição da morfogenética da área da bacia. Neste sentido, cada bacia ou microbacia hidrográfica desempenha um papel importante nos moldes da ocupação territorial dentro do raio de sua abrangência, já que essas configurações definem diferentes padrões de drenagem e por conseguinte, combinações de padrões que, podem caracterizar-se numa unidade territorial facilitadora das atividades desenvolvidas pelas sociedades locais ou, ao contrário, combinar ações que comprometem certos tipos de ocupação (ROCHA e VIANNA, 2008).

A bacia hidrográfica pode ser concebida como célula básica de análise ambiental, que permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem, onde a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita (COSTA, 2014).

A bacia hidrográfica apresenta um grande valor enquanto unidade de análise e planejamento ambiental, sendo possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico (CARVALHO, 2014a).

O Planejamento Ambiental permite a análise integrada do ambiente, a partir de um conjunto coordenado de etapas que envolvem não só o levantamento de diversas informações, mas a sistematização e análise visando garantir a preservação e a conservação do ambiente (TROMBETA e LEAL, 2016).

Os componentes ambientais como as rochas, o relevo, os solos, a água, a vegetação e o clima, não poderiam mais ser compreendidos isoladamente, mas seria fundamental o reconhecimento de suas interfaces, de suas relações como meio para entender a dinâmica ambiental e propor mecanismos de planejamento e gestão adequados (CARVALHO, 2014a).

Segundo a Lei Nacional 9.433/97, 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. Para tanto, a Lei estabelece que os Planos de Recursos Hídricos são plano diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da política nacional de recursos hídricos e serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País (LEAL, 2012).

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, 2012).

Dessa forma, o planejamento ambiental do território (ou de uma bacia hidrográfica) 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, SILVA e CAVALCANTI, 2013).

Mais recentemente, especialmente após a década de 1970, com a incorporação das atividades humanas como corresponsáveis pelas alterações ambientais em curso, o termo Bacia Hidrográfica adquiriu também o status de unidade de planejamento e manejo da paisagem culminando com a incorporação deste à legislação de diversos países entre os quais o Brasil (TEIXEIRA, 2014).

Teodoro et al (2007) citam que na Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, incorpora princípios e normas para a gestão de recursos hídricos e que adota a bacia hidrográfica como unidade de estudo e gestão e que é de grande importância a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões.

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), 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.

Para Farias (2015), a definição de bacia hidrográfica seguem duas linhas: uma de cunho mais técnico e físico, que descreve o funcionamento da bacia considerando apenas os aspectos que atuam na sua formação e funcionamento e as

de caráter integrado, onde é possível identificar uma inter-relação entre os diversos aspectos aliados com outras variáveis que compõem as bacias (aspectos físico-ambientais e socioeconômicos).

Segundo Botelho (1999), entende-se como bacia hidrográfica ou bacia de drenagem a área da superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitada pelos divisores de água.

Segundo Rocha e Viana (2008), a bacia hidrográfica é tradicionalmente considerada como uma unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos, por constituir-se em sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal é medida, portanto, o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica pode ser avaliado através dos atributos fisiográficos inerentes à sua área e aferido através dos registros fluviométricos.

Para Christofolletti (1980), a bacia hidrográfica constitui uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto, em que ocorre a entrada e saída de energia e matéria.

A bacia hidrográfica segundo Moragas (2005 apud SILVA, 2012), pode ser entendida como área drenada por uma rede de canais influenciada por várias características topográficas, litológicas, tectônicas, de vegetação, de uso e ocupação dos solos, dentre outras. A bacia hidrográfica representa, assim, um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, sócio-econômicas e políticas.

Silva (2012) faz uma referência de área para bacia hidrográfica baseada em trabalho de Botelho e Silva em 2007 com área entre 5.000 a 100.000 km².

Diversas definições foram formuladas ao longo do tempo, entretanto as definições que envolvem as subdivisões da bacia hidrográfica, apresentam abordagens diferentes tocando fatores que vão do físico ao ecológico (TEODORO et al., 2007), e por isso ainda existem discussões a respeito destas definições, especialmente no que se refere ao tamanho de uma sub-bacia e de uma microbacia e suas delimitações (SILVA, 2012).

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Para Faustino (1996 apud TEODORO et al., 2007) as sub-bacias são definidas por unidades de medidas, os quais suas áreas possuem de 100 km² a 700 km².

Já para Santana (2003), as bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo

do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

Dentro das subdivisões da bacia, aparece o termo microbacia, onde uma série de conceitos são aplicados na definição, podendo ser adotados critérios como unidades de medida, hidrológicos e ecológicos (TEODORO et al., 2007).

Em relação ao conceito de microbacia e seu tamanho na literatura pode se encontrar uma diversidade de conceitos e que alguns divergem entre si e alguns podem até ser confundido com o de bacia hidrográfica. De acordo com o Programa Nacional de Microbacia Hidrográfica (PNMH), através do Decreto-Lei nº 94.076, de 05 de março de 1987, a microbacia hidrográfica corresponde a uma área drenada por um curso d'água e seus afluentes, o montante de uma determinada seção transversal, para a qual convergem as águas que drenam a área considerada (BOTELHO, 1999). Este conceito assemelha-se com o de bacia hidrográfica, a lei não traz a diferenciação entre os dois termos (SILVA 2012).

Teodoro et al. (2007) definem a microbacia como um sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (esse máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 a 200 km²). Segundo Calil et al. (2012) e Teodoro et al. (2007), essas áreas são formadas por canais de 1^a e 2^a ordens e, em alguns casos, de 3^a ordem, devendo ser definida como base da dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos.

Botelho (1999) concorda que não existe um consenso por parte dos pesquisadores quando a dimensão da microbacia, contudo sugere áreas de 25 a 45 km² como as mais adequadas. Para Faustino (1996 apud TEODORO et al., 2007) microbacia é uma área menor que 100 km².

Utilizando-se a definição da bacia hidrográfica como um sistema integrado, onde seus principais elementos coexistem dinamicamente, interagem entre si e influenciam as características dos recursos hídricos, é possível perceber os últimos indicadores de desequilíbrios do sistema (TEIXEIRA, 2014).

Uma bacia hidrográfica pode ser analisada de acordo com as funções de uso pela sociedade. Assim, podemos destacar alguns itens que merece ser analisado numa escala de prioridade para a gestão da água, entre elas temos: a drenagem da bacia, o abastecimento humano e o saneamento, a manutenção da ictiofauna, a

geração de energia, a produção de alimentos, outros usos diversos e a navegação (ROCHA e VIANNA, 2008).

A drenagem da bacia, representa ao mesmo tempo a dimensão territorial da área e a integração dos diversos componentes de caracterização natural da bacia e, de ocupação humana, é um sistema onde interagem atores naturais, sociais, econômicos e culturais. A dinâmica da drenagem ao longo do tempo geológico, promove mudanças na topografia do terreno, aumentando ou diminuindo as rugosidades, os aclives e declives permitindo uma certa evolução do relevo. No entanto, a ocupação desordenada do território contíguo das bacias hidrográficas, com rápidas mudanças decorrentes das humanas, acelera os desequilíbrios nos solos, nas vertentes e encostas, nos vales fluviais e em toda a drenagem da bacia. Algumas atividades que causam degradação estão; o desmatamento, as práticas agrícolas, a mineração, a urbanização e outros (ROCHA e VIANNA, 2008).

Portanto, os diferentes usos do solo e sua interação com os demais elementos, estruturas e processos da Bacia Hidrográfica terão como reflexo a reorganização da paisagem e da dinâmica desse sistema (TEIXEIRA, 2014).

Os reflexos dessa reorganização poderão estar expressos nos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica. Isso ocorre porque embora as trocas de materiais e energia entre os subsistemas da Bacia Hidrográfica ocorram utilizando múltiplos caminhos, o elemento água é um mediador privilegiado que por suas características circulam entre os diversos subsistemas da Bacia Hidrográfica, passando desde os macro-sistemas, como o atmosférico, aos micro-sistemas, como o celular da biota, da Bacia Hidrográfica. Dessa forma, usos da terra que se reflitam em alterações na paisagem e no balanço de matéria e energia da Bacia Hidrográfica terão como reflexo alterações nos corpos hídricos (TEIXEIRA, 2014).

As bacias hidrográficas são fonte de captação de água que é essencial para as atividades humanas como: irrigação, lazer, uso doméstico, moradia, dessedentação animal, entre outros. Nesta perspectiva, a disponibilidade de água, enquanto recursos, propicia a ocupação da bacia hidrográfica praticamente por toda a extensão territorial (ALBUQUERQUE, 2012).

Teixeira (2014) comenta que é possível destacar o aumento da concentração de agentes contaminantes pela introdução de atividades agrícolas, da mineração, da pecuária ou das atividades urbanas que poderão ter impactos negativos sobre a qualidade da água da Bacia Hidrográfica e conseqüentemente

sobre a biota e sociedades associadas a estes recursos. As atividades sociais na bacia poderão alterar a declividade e o albedo das superfícies, a proteção do solo e a energia cinética da gota de chuva que chega ao Solo causando uma série de impactos que poderão ir desde o aumento da erosão dos solos e conseqüentemente assoreamento dos corpos hídricos e modificações no aporte de nutrientes nos rios a alterações no balanço hidrológico. Por outro lado, reflexos na quantidade de água poderão ser sentidos em decorrência de modificações no relevo, solo e vegetação.

O abastecimento humano, o saneamento a produção de alimentos e a geração de energia, representam a base para a implementação das políticas de gestão da água nas bacias hidrográficas pois tais categorias de análise, interferem diretamente na disputa pelo uso da água (ROCHA e VIANNA, 2008).

Para a efetivação destes planos é necessário um gerenciamento eficaz das ações programadas no planejamento, que aplique e monitore as atividades e para isso é que surge a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Estes comitês são importantes instrumentos para a gestão já que são elementos jurídicos, compostos pelos diversos setores e usuários de água, poder público municipal, instituições públicas estaduais e federais, indústrias com capacidade de deliberar sobre a Política de Recursos Hídricos, bem como de intermediar os conflitos relacionados à gestão e preservação da bacia (SILVA, 2012).

2.3 Impactos das atividades humanas nos ecossistemas aquáticos

A água é essencial à vida e todos os organismos vivos no planeta Terra dependem da água para sua sobrevivência. Somente 3% da água do planeta está disponível como água doce e cerca de 95% é água salgada. Destes 3%, cerca de 75% estão congelados nas calotas polares, em estado sólido, 10% estão confinados nos aquíferos e, portanto, a disponibilidade dos recursos hídricos no estado líquido é de aproximadamente 15% destes 3%. A água, portanto, é um recurso extremamente reduzido. O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos no planeta. O Brasil, por sua vez, possui a maior quantidade de recursos hídricos do mundo, porém de forma muito mal distribuída. De toda a água disponível no planeta, 13,7% está no Brasil sendo que a maioria se situa

na Bacia Amazônica, local onde a densidade demográfica é muito baixa (TUNDISI, 2003).

A qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada em diferentes escalas nas últimas décadas. Fator este, desencadeado pela complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, os quais acarretaram degradação ambiental significativa e diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento (PEREIRA, 2004).

Conhecer as necessidades da população em relação aos recursos hídricos requer cada vez mais uma visão de planejamento sobre a ocupação do espaço, pois determinada ocupação pode gerar impactos sobre a bacia hidrográfica, desordenando os sistemas, e promovendo alterações que provocam um efeito cascata, contribuindo para a ocorrência de inúmeros problemas sobre os recursos hídricos (ANTONELI; THOMAZ, 2007).

Vários núcleos urbanos desenvolveram-se ao longo dos cursos d'água, pois facilitava o acesso aos recursos para o desenvolvimento das atividades humanas e dessedentação animal, porém, esses núcleos cresceram e esse crescimento não veio acompanhado de planejamento adequado, causando conflitos cada vez maiores, culminando na degradação ambiental dos recursos naturais (FARIAS, 2015).

Os processos ocupacionais das bacias hidrográficas estão relacionados com a infraestrutura e processos de urbanização, como a geração de esgoto não tratado, ocupação dos leitos por construções, impermeabilizações, desmatamento, que deterioram a qualidade da água (TUCCI, 2008 apud FARIAS, 2015).

O uso da água no Brasil é distribuído de forma variada em termos de atividades, estando os maiores índices concentrados no setor agrícola (70%), seguido do uso industrial (20%) e do abastecimento (10%). Porém o preocupante nessa captação, são as descargas proveniente desses usos nos recursos hídricos, como o escoamento no solo carregando defensivos provenientes da irrigação, os resíduos industriais e os esgotos não tratados gerados pelas atividades de abastecimento humano que apresenta um enorme desperdício na rede física, que varia de 25% a 40%. Esse setor também é responsável por 70% da carga de poluição dos rios (RIBEIRO, 2015).

Em função de suas qualidades e quantidades, a água propicia vários tipos de uso, isto é, múltiplos usos. O uso dos recursos hídricos por cada setor pode ser classificado como consuntivo e não consuntivo. Os usos consuntivos são aqueles que

retiram água do manancial para sua destinação, como a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano. Já os usos não consuntivos não envolvem o consumo direto da água - a geração de energia hidrelétrica, o lazer, a pesca e a navegação, são alguns exemplos, pois aproveitam o curso da água sem consumi-la (ANA, 2018).

A água pode ter sua qualidade afetada pelas mais diversas atividades do homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor (PEREIRA, 2004).

A Organização das Nações Unidas (ONU) prevê que, se o descaso com os recursos hídricos continuar, metade da população mundial não terá acesso à água limpa a partir de 2025. Hoje, este problema já afeta cerca de 20% da população do planeta – mais de 1 bilhão de pessoas. Mantendo-se as taxas de consumo e considerando um crescimento populacional, o esgotamento da potencialidade de recursos hídricos pode ser referenciado por volta do ano 2053 (CARVALHO e SILVA, 2006).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) a Argentina, o Peru e o Chile já enfrentam sérios problemas de disponibilidade e contaminação da água por efluentes agroindustriais. A situação brasileira não é de tranquilidade, os conflitos de qualidade, quantidade e déficit de oferta já são realidade. Outra questão refere-se ao desperdício de água estimado em 40% por uso predatório e irracional. Por exemplo, em Cuiabá o desperdício chega a 53% de toda água encanada e na cidade de São Paulo a população convive com um desperdício de 45% nos 22000 km de encanamentos, causados por vazamentos e ligações clandestinas. Enquanto a escassez de água é cada vez mais grave, na região nordeste a sobrevivência, a permanência da população e o desenvolvimento agrícola dependem essencialmente da oferta de água (CARVALHO e SILVA, 2006).

No Brasil grandes rios estão seriamente poluídos como Tietê, o Guandu, na Baixada Fluminense, a bacia do rio das Velhas, na região metropolitana de Belo Horizonte, ou o Iguaçu, no Paraná, dentre tantos outros que cortam áreas urbanas e estão poluídos e com águas indisponíveis para usos múltiplos (RIBEIRO, 2015).

Outro exemplo é o levantamento feito por Zanini et al. (2010) na microbacia do Córrego Rico em São Paulo, onde as amostras analisadas identificaram baixo

índice de qualidade da água, causado principalmente pelas atividades antrópicas às margens do córrego.

Além da redução em termos quantitativos e qualitativos da água e do comprometimento para o desenvolvimento de inúmeros atividades econômicas, há a relação conflituosa entre a sociedade e a natureza, desencadeia outra problemática relacionada a degradação ambiental dos recursos naturais, que é a veiculação de doenças (FARIAS, 2015).

No mundo 10 milhões de pessoas morrem anualmente de doenças transmitidas por meio de águas poluídas: tifo, malária, cólera, infecções diarreicas e esquistossomose. Segundo a ONU, a cada 25 minutos morre no Brasil, uma criança vítima de diarreia, doença proveniente do consumo de água de baixa qualidade. Com o aumento de 50% ao acesso à água limpa e potável nos países em desenvolvimento, faria com que aproximadamente 2 milhões de crianças deixassem de morrer anualmente por causa de diarreia (CARVALHO e SILVA, 2006).

Na região amazônica os igarapés urbanos sofrem com a poluição, principalmente pelo processo de urbanização das margens dos igarapés como relata Santos (2005), no igarapé Judia no Acre o mesmo relatou a grande presença de lixo no leito e nas margens do igarapé, assim como cerca de 80% do esgoto das residências presentes nas suas margens, tem como destino final o igarapé Judia.

Ferreira et al. (2012) analisaram o efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus e relatou que foi possível observar diferenças significativas nas médias da concentração de íons hidrogênio, na condutividade elétrica e na quantidade de material em suspensão, entre os igarapés provenientes de áreas urbanas e de igarapés com matas ciliares preservadas.

Cunha et al. (2003) no Amapá, encontraram níveis acima do aceitável de concentração de coliformes fecais no igarapé da Fortaleza e que os hábitos culturais de uso dos recursos hídricos da população ribeirinha vêm causando a deterioração das matas ciliares, erosão das margens, assoreamento intensivo e urbanização desordenada, causando reflexos negativos para qualidade da água da bacia.

Em Boa Vista, estado de Roraima o igarapé Caranã sofre com a pressão da urbanização, onde vários tributários já tiveram suas nascentes soterradas para ocupação de moradias (SOUZA, OAIGEN, LEMOS, 2007).

Reis Neto et. al. (2006) também fizeram um alerta sobre o processo de urbanização nas áreas de nascentes dos igarapés Caranã, Grande e Paca, que

estavam sendo aterrados para a construção de conjuntos habitacionais e correlacionou os processos constantes de inundações nessas áreas devido ao aterramento de lagoas.

Vasconcelos e Veras (2007) em estudos sobre o igarapé Tiririca, localizado em zona urbana do município de Boa Vista – RR, relataram que o igarapé Tiririca sofre processo de aterramento de suas nascentes, canalização e impermeabilização de suas margens, os quais geraram inúmeros impactos como: desconfiguração cênica, retirada da mata ciliar, influência no regime hidrológico e mudanças no microclima local, comprometeram acentuadamente o volume e o fluxo d'água do igarapé.

Marmos (2002) detectou anomalias quanto a presença de chumbo, zinco, cloro, sulfato, cádmio, bário, magnésio e cálcio nos igarapés Sumaúma e Murupu, igarapés afluentes do rio Cauamé em Boa Vista, estado de Roraima e aponta as atividades antrópicas como o principal causador do problema de contaminação dos igarapés.

Não somente na capital Boa Vista os problemas ambientais em relação aos igarapés estão ocorrendo, em Rorainópolis a segunda maior cidade do estado de Roraima Marques et. al (2007) relata que no igarapé Chico Reis, principal igarapé que corta a cidade e abastece a população, vem sofrendo com o lançamento de esgoto e lixo doméstico, retirada da mata ciliar, impermeabilização de suas margens, e que no decorrer da passagem pela cidade a água passa a ser considerada impotável.

Além dos processos de urbanização que vem sofrendo os mananciais, soma-se a atividade industrial e agrícola como fatores de degradação. Porém em se tratando de igarapés em Roraima a urbanização e o uso agrícola são os fatores mais degradantes dos recursos hídricos. Apesar de não ser o único responsável pela perda da qualidade da água, a agricultura, direta ou indiretamente, contribui para a degradação dos mananciais, isso pode se dar pela contaminação por substâncias orgânicas ou inorgânicas, naturais ou sintéticas, e ainda, por agentes biológicos. Amplamente empregada, muitas vezes de forma inadequada, as aplicações de defensivos, de fertilizantes e de resíduos derivados de criações intensivas de animais, são tidas como as principais atividades relacionadas à perda da qualidade da água nas áreas rurais (RESENDE, 2002).

Dentre os poluentes atribuídos de adubos químicos utilizados em agricultura, estão o Fósforo e o Nitrogênio, que chegam aos mananciais através do escoamento superficial e por processos erosivos do solo, causando enriquecimento

das águas, acarretando no processo de eutrofização que traz sérios prejuízos de desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos, sendo o nitrato o mais perigoso entre os nutrientes, pois favorece a proliferação exagerada de algas e plantas aquáticas, que podem causar a diminuição de luz na água, alterando o ambiente subaquáticos, além de consumo exagerado de oxigênio, causando a sua diminuição, culminando com a mortalidade de peixes e outros organismos (RESENDE, 2002).

Como vimos, a poluição pode ter origem química, física ou biológica, sendo que em geral a adição de um tipo destes poluentes altera também as outras características da água. Desta forma, o conhecimento das interações entre estas interações é de extrema importância para que se possa lidar da melhor forma possível com as fontes de poluição. De uma maneira geral, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água), gases e temperatura. As características químicas, nos aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas e as biológicas sob o ponto de vista da vida animal, vegetal e organismos unicelulares. Em geral, as consequências de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo d'água que o recebe e dos usos da água (PEREIRA, 2004).

Segundo Tucci, (1998 apud PEREIRA, 2004) existem as seguintes fontes de poluição: a) poluição atmosférica são classificadas em fixas (principalmente indústrias) e móveis (veículos automotores, trens, aviões, navios, etc.). Quanto aos fatores que causam a poluição dividem-se: naturais que são aqueles que têm causas nas forças da natureza, como tempestades de areia e queimadas provocadas por raios; e artificiais que são aqueles causados pela atividade do homem, como a emissão de gases de automóveis, queimadas, etc. b) poluição difusa se dá quando os poluentes atingem os corpos d'água de modo aleatório, não havendo possibilidade de estabelecer qualquer padrão de lançamento, seja em termos de quantidade, frequência ou composição, tendo como exemplos os lançamentos das drenagens urbanas, escoamento de água de chuva sobre campos agrícolas, c) poluição pontual e d) fontes mistas são aquelas que englobam características de cada uma das fontes anteriormente descritas.

Cada uma das fontes de poluição citadas determinam um certo grau de poluição no corpo hídrico atingido, que é mensurado através de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas (físicos, químicos e biológicos). Renovato,

Sena e Silva (2013) e Araújo et. al. (2007) apontam os seguintes parâmetros utilizados para controle da qualidade dos recursos hídricos: turbidez, pH, condutividade elétrica, cor, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, fosfatos, óleos e graxas, metais pesados, entre outros que dependem da disponibilidade de material e equipamento para análise.

A qualidade da água pode ser alterada com medidas básicas de educação e a implementação de uma legislação adequada. O saneamento básico é de fundamental importância para a preservação dos recursos hídricos, pois cada 1 litro de esgoto inutiliza 10 litros de água limpa. Essas medidas além de salvar vidas humanas ainda proporcionam economia dos recursos públicos (CARVALHO e SILVA, 2006).

O aumento e a diversificação dos usos múltiplos, o extenso grau de urbanização e o aumento populacional resultaram em uma multiplicidade de impactos que exigem evidentemente diferentes tipos de avaliação, novas tecnologias de monitoramento e avanços tecnológicos no tratamento e gestão das águas. Este último tópico tem fundamental importância no futuro dos recursos hídricos, pois os cenários de uso irregular estão aumentando e estão relacionados com uma continuidade das políticas no uso e gestão pouco evoluída conceitualmente e tecnologicamente (TUNDISI, 2003).

2.4 Apontamentos sobre a legislação e gerenciamento dos recursos hídricos

A década de 1970 no Brasil marca um intenso período de desenvolvimento econômico, processo de urbanização e crescimento demográfico que resultou em um aumento expressivo das demandas por água, ocasionando conflitos e a intensificação dos processos de degradação, comprometendo a qualidade e disponibilidade (FARIAS, 2015).

O Brasil, assim como a América Latina, passa por um processo de reestruturação visando atender as demandas da nova ordem mundial (globalização) e na busca desse desenvolvimento o Estado é visto como um entrave ao desenvolvimento das forças produtivas e no controle sobre os recursos naturais. É neste quadro que se formula a nova política pública no setor dos recursos hídricos. Isso tem se revelado na importação de modelos de gestão, seguindo paradigmas de outros países (VIANNA, 2003).

Rocha et al. (2011) destacam alguns fatos importantes no processo de gerenciamento das águas no Brasil, como à criação da Diretoria de Águas do Ministério da Agricultura, em 1933, e à edição do Código de Águas, em 1934, o início do processo de gestão das águas no Brasil, de forma mais abrangente. Outros fatos marcantes foram a criação do Departamento Nacional de Águas e Energia - DNAEE, em 1965, e a instituição do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH - por iniciativa do DNAEE, em 1978, objetivando o uso racional das disponibilidades hídricas das bacias hidrográficas federais.

A Constituição Federal de 1988 no artigo 21, inciso XIX “institui o sistema nacional de gerenciamento dos recursos hídricos e defini os critérios de outorga de direitos de uso”, dando origem a Lei nº. 9.433 de 08/01/1997, a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH), destacando o Brasil no cenário mundial como o país mais avançado em termos de legislação no setor de recursos hídricos (FARIAS, 2015).

Farias (2015) aponta ainda cinco instrumentos que viabilizam a gestão dos recursos hídricos, os quais são interdependentes e devem ser utilizados em integração com os instrumentos estabelecidos em outras políticas como, por exemplo, a Política Nacional do Meio Ambiente, pois assim seria possível uma gestão efetiva e bem-sucedida das águas. Os instrumentos estabelecidos são: plano de recursos hídricos, cobrança, outorga, enquadramento e sistemas de informações.

Os instrumentos de gestão possuem objetivos de aplicação distintos, enquadrando se nos seguintes eixos: instrumentos de disciplinamento (outorga), de incentivo (cobrança) e de apoio (sistemas de informação) (FARIAS, 2015). Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA, (2011), os Planos de Recursos Hídricos (PRH) se caracterizam como instrumentos de planejamento que orientam a atuação dos gestores com relação à recuperação, proteção, uso, conservação e desenvolvimento dos recursos hídricos.

O enquadramento dos corpos de água é outro instrumento com um caráter de planejamento, se refere ao estabelecimento de metas de qualidade a serem alcançadas de acordo com o uso pretendido. Possui dois objetivos principais: assegurar qualidade compatível com os usos a que forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição a partir de ações preventivas e permanentes (FARIAS, 2015). A Resolução CONAMA nº 357, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as

condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (MMA, 2005).

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é caracterizado como um ato administrativo onde o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado o direito de uso dos recursos hídricos por um determinado período, sendo um ato renovável que pode ou não ser suspenso parcial ou totalmente e é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos no inciso III, do art. 5º da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (FARIAS, 2015). Esse instrumento tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso aos recursos hídricos (ANA, 2011).

A cobrança pelo uso da água é um mecanismo educador, que reconhece a água como um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e dá ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivando a racionalização do uso da água e obtendo recursos para o financiamento de programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos. Os critérios gerais da cobrança são definidos pelos Conselhos de Recursos Hídricos (CRH) (LIMA, 2012).

O último instrumento estabelecido pela PNRH é o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH) que se constitui num sistema de coleta, tratamento, armazenamento, recuperação e difusão de informações relevantes sobre recursos hídricos e fatores relacionados à sua gestão, ou seja, é uma ferramenta de articulação. Tem como principais objetivos: reunir e divulgar dados e informações qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos do Brasil; atualizar e disponibilizar dados referentes à demanda dos recursos hídricos e fornecer subsídios para elaboração dos PRH (FARIAS, 2015 e LIMA, 2012).

Compreende-se a importância dos instrumentos destacados, os quais têm como objetivo principal a manutenção em termos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos. Porém alguns, com destaque para a cobrança pelo uso da água, se apresentam como um instrumento de acesso a mesma cruel e limitador para algumas realidades brasileiras, em específico para os pequenos produtores (FARIAS, 2015).

Segundo Vianna (2003) a Constituição Brasileira define a água como um bem público e indica o rumo que deve seguir a política nacional, mas o sistema brasileiro de Gestão dos Recursos Hídricos tende a se aproximar do modelo de negociação e regulação, baseado no pagamento pelo uso da água. Em alguns

estados existe uma paridade entre o poder público, sociedade civil e empresas ou usuários individuais, mas que em outros estados, ou bacias a sua composição é somente por usuários, sendo dificultada a presença de outros entes, neste caso, o modelo de negociação é desfigurado e o setor explorador dos recursos hídricos é amplamente favorecido.

Concomitante a instituição da PNRH pela Lei nº. 9.433/1997 foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH), estruturado com a intenção de promover a gestão dos recursos hídricos de forma integrada, participativa e descentralizada (FARIAS, 2015).

O SNGRH é composto por seis entes, a saber: 1. Conselho Nacional de Recursos Hídricos; 2. Agência Nacional de Águas; 3. Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; 4. Comitês de Bacias Hidrográficas; 5. Os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais do Distrito Federal e municipais e; 6 As agências de águas (BRASIL, 1997).

O estado de Roraima criou a Lei nº 547 de 23 de junho de 2006, que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta Lei foi fundamentada na Constituição Estadual e na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (RORAIMA, 2006).

Os Decretos nº 8.121-E, 8.122-E, 8.123-E e 8.124-E de 12 de julho de 2007, regulamentam incisos da Lei Estadual nº 547 de 2006 (RORAIMA, 2006), respectivamente (RORAIMA, 2007a, b, c, d):

- O Decreto 8.121-E regulamenta o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos, que será formado através da coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos (águas atmosféricas, superficiais e subterrâneas), bem como de fatores relevantes para a sua gestão no âmbito do Estado de Roraima.

- O Decreto 8.122-E cria, sob a presidência do Titular da Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) e a composição de seus membros.

- O Decreto nº 8.123-E regulamenta a outorga de direito de uso de recursos hídricos no território do Estado de Roraima, prevista nos artigos da Seção III e do Título III da Lei nº 547, de 23 de junho de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) no Estado de Roraima.

- O Decreto nº 8.124-E institui a Política Estadual de Educação Ambiental focada na gestão de recursos hídricos, de capacitação e de desenvolvimento tecnológico como veículos articuladores do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e do Sistema Estadual de Educação (SEE).

A lei Estadual nº 547/2006, foi elaborada com os fundamentos na Constituição Estadual e na Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos, que tem por objeto assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de águas superficiais, subterrâneas e meteóricas, assim como o aproveitamento racional e integrado, a proteção das bacias hidrográficas contra ações que possam comprometer o seu uso, a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado e o estímulo à acumulação de água, através de reservatórios artificiais, superficiais ou subterrâneos.

O Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEGRH) possui em sua formação instituições das esferas estaduais, federais e municipais organizadas em três sistemas: de Gestão, Afins e Correlatos, compostos por instituições públicas executoras.

A lei nº 547/2006 prevê que nos Comitês de Bacias Hidrográficas a participação do Poder Público, da sociedade civil organizada e dos usuários de Recursos Hídricos. Os Comitês de Bacia Hidrográfica são organismos colegiados que fazem parte do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e existem no Brasil desde 1988. A composição diversificada e democrática dos Comitês contribui para que todos os setores da sociedade com interesse sobre a água na bacia tenham representação e poder de decisão sobre sua gestão. Suas principais competências são: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia; arbitrar conflitos pelo uso da água, em primeira instância administrativa; estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água; entre outros (CBH, 2018).

3 METODOLOGIA

Foram realizados estudos preliminares no material cartográfico, bibliográfico e visitas em campo para se conhecer os aspectos gerais da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, assim como realização de revisão teórica dos principais conceitos relacionados à Geoecologia da Paisagem, identificando trabalhos que aplicaram esse método de análise para alcançar seus objetivos investigativos.

No período de agosto de 2016 a julho de 2017 foram realizados trabalhos em campo com o objetivo de identificar a quantidade de propriedades rurais, as atividades agropastoris presentes na microbacia do igarapé e informações sócio-econômicas-ambientais. Cabe esclarecer que a microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento era pertencentes a grandes latifúndios, que foi desmembrada e posteriormente loteada em pequenos lotes, comercializados no mercado da capital Boa Vista, totalizando no ano de 2016, 232 lotes ou propriedades, todas particulares, sendo percorrido assim, toda a microbacia, tanto do lado direito como esquerdo das propriedades que fazem limites com o igarapé e as que estão presentes na microbacia hidrográfica.

Foram identificadas 232 propriedades das quais, 82 propriedades não apresentavam nenhum tipo de atividade ou estrutura física (propriedades ainda não ocupadas) e as outras 150 apresentavam características de ocupação como a presença de casa, pomar, poço, atividades agrícolas, criação de animais, rede elétrica, etc. sendo destas 136 visitadas. Cabe lembrar que os lotes que não possuem estrutura física, já apresentam proprietários, porém ainda não ocupou o lote de fato. No total foram realizadas 12 visitas na região, compreendendo desde a cabeceira até o encontro do Igarapé com o rio Branco. De dezembro de 2017 a julho de 2018 foram feitas coletas de água no igarapé para análises químicas, físicas e biológicas.

Foi feito um questionário para a busca de informações a respeito das condições sanitárias, caracterização do meio físico, problemas ambientais, condições de uso e ocupação do solo, aplicados durante a visita em campo, nas 136 propriedades visitadas (60% de todas as propriedades ou lotes e 93% das que tinham estruturas físicas). Nas propriedades visitadas 90 estão na margem direita do igarapé e 46 na margem esquerda. As informações dos questionários tanto quantitativo como qualitativos foram analisados com frequências simples no software Microsoft Office Excel.

A microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento está inserida nas coordenadas geográficas: Norte (N) – Lat. 3° 08' 17,58" e Long. 60° 37' 00,15"; Sul (S) - Lat. 2° 52' 41,12" e Long. 60° 35' 01,25"; Leste (L) – Lat. 2° 59' 52,97" e Long. 60° 30' 57,69" e Oeste (O) – Lat. 3° 00' 33,08" Long. 60° 39' 46,88", distante a 22 km da cidade de Boa Vista – RR, com acesso pela estrada BVA-349 (margem esquerda) e pela BVA-347 (margem direita). O igarapé apresenta um comprimento de 32,1970 km, partindo da sua nascente que fica próximo da estrada (RR - 319) de acesso da Região do Passarão a até o encontro com a margem direita do rio Branco. A microbacia apresenta uma área total de 27.179,3948 hectares (Figura 1).

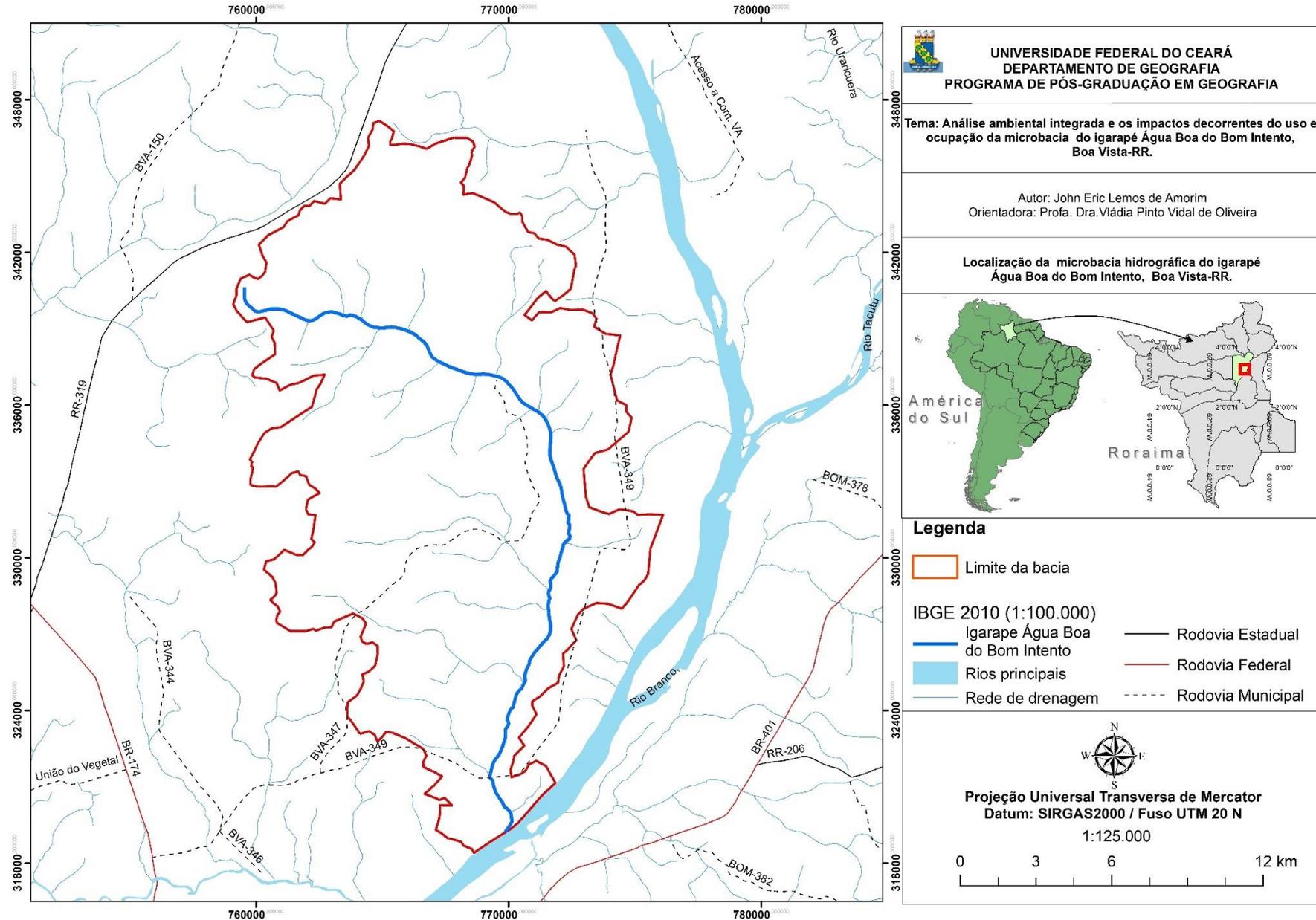
3.1 Elaboração da cartografia básica e temática

As informações sobre Recursos Hídricos e do Clima da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento foram extraídas do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Fundação Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (FEMARH) e do trabalho de Barbosa et al. (2007). Foram coletadas informações dos anos de 1910 e 2017 das cotas médias fluviométricas e temperaturas na Estação Fluviométrica da cidade de Boa Vista-RR, informações das médias de chuvas, temperaturas máximas, médias e mínimas dos meses e anos.

A base cartográfica vetorial utilizada consiste na Base Cartográfica Contínua do Estado de Roraima na escala de 1:100.000, homologada pelo IBGE (2015). Esta base vetorial serve de referência para a elaboração do mapa de localização e demais mapas.

A base de dados de Sensoriamento Remoto utilizada nesta pesquisa inclui os seguintes produtos: Imagens da missão topográfica SRTM (*Suttle Radar Topography Mission*) adquiridas originalmente na resolução espacial de ~30m, referente às cenas n02_w060_1arc_v3 e n02_w061_1arc_v3, disponíveis no banco de dados da *United States Geological Survey-USGS* (earthexplorer.usgs.gov).

Figura 1 - Mapa de localização geográfica da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Um conjunto de imagens de sensores remotos foram utilizadas, tais como as do sensor orbital *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat-8, referente a órbita/ponto 232/58, adquirida no dia 07/03/2014, disponível no banco de dados da *United States Geological Survey-USGS* (earthexplorer.usgs.gov). E do sensor Multiespectral Regular (MUX) do satélite CBERS-4, referente à órbita/ponto 175/97, adquirida no dia 10/11/2016. Disponíveis no banco de dados do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

Sobre essa base de dados que se extraiu as informações de relevo e de superfície do terreno. Toda análise se desenvolveu no Sistema de Projeção UTM – Zona 20N, e no DATUM WGS 1984, na escala de 1:20.000. Todos os procedimentos de processamento das imagens de Sensoriamento Remoto e de elaboração dos mapas temáticos foram realizados com o uso dos aplicativos ArcGis v.10.0.

O trabalho prático de campo foi dividido em duas fases, sendo a primeira fase desenvolvida em várias campanhas, sendo a primeira realizada no mês de agosto de 2016 e a última em julho de 2017. Nesta primeira foi realizado a visualização das feições na paisagem a serem estudados, reconhecimento espacial da microbacia de estudo, levantamento de todas as propriedades e suas localizações, identificação dos principais pontos a serem levantados como localização de lixões, fossas sépticas, pontos de degradação de solo, atividades agrícolas, localização das construções, pontos de cheia máxima, altitude do terreno, levantamento de nascentes secundários, entre outras informações; sendo todas estas informações lançadas em planilhas, digitalizadas e com seus respectivos pontos captados por GPS. A Segunda fase iniciou em dezembro de 2017 e finalizou em dezembro de 2018, e consistiu na coleta de água em cinco pontos do igarapé, da nascente a foz, para serem analisadas quanto as suas características químicas, físicas e biológicas.

3.2 Análise Morfométrica

Segundo Rodrigues, Silva e Cavalcante (2013), entende-se como unidade geoecológica a individualização, tipologia e unidades regionais e locais da paisagem.

A análise geoecológica da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento foi realizada em duas escalas, a regional e a local. Para a escala regional adotou-se como limite a área da microbacia do igarapé, presente na área de serrado (ecorregião

das Savanas das Guianas) e para a escala local, adotou-se como limite trecho da planície fluvial do igarapé, de sua nascente até a desembocadura no rio Branco.

A análise morfométrica da rede de drenagem do igarapé Água Boa do Bom Intento constitui um importante geoindicador das condições ambientais da bacia, uma vez que reflete os processos naturais e antrópicos incidentes.

Para Fraga et al. (2014) os estudos morfométricos em bacias hidrográficas são fundamentais na caracterização delas, bem como na determinação de suas potencialidades e limitações quanto ao uso do solo, favorecendo assim o planejamento adequado das atividades a serem desenvolvidas.

A morfometria de bacias hidrográficas é uma metodologia útil por caracterizar matematicamente aspectos geométricos das bacias, que por sua vez, possuem implicações sobre a hidrologia das bacias. Assim, pela morfometria é possível identificar determinadas tendências de comportamentos hidrológicos, sendo especialmente útil para aquelas áreas onde há escassez deste tipo de dados (FRANCO e SANTO, 2015)

O avanço tecnológico na área do geoprocessamento em ambientes de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o surgimento do Modelo Digital de Elevação (MDE) têm contribuído muito na execução de estudos envolvendo delimitação automática de bacia hidrográfica, aumentando a agilidade de obtenção e a confiabilidade dos resultados.

A aplicação desta ferramenta resulta na aquisição de uma imagem raster em tons de cinza, em que os maiores valores de pixel (pixels mais claros) refletem as principais respostas espectrais dos elementos da imagem raster original. Com isso é possível extrair da imagem somente, por exemplo, os pixels que refletem a vegetação, solo exposto, corpo hídrico por meio da ferramenta de reclassificação e posterior conversão para arquivo vetorial no aplicativo ArcGis 10.0.

A área limite da microbacia foi elaborada seguindo a delimitação mais usual e correta, que é a de topos de curva de nível, ou seja, divisores de águas. A partir daí constituiu-se o limite da área da microbacia em estudo.

A microbacia foi dividida em 3 cursos, sendo considerado;

- a) Alto curso: da nascente (03° 04' 34,41" -60° 39' 50,18") até a formação de leito do igarapé (03° 01' 18,24" -60° 33' 30,64");

- b) Médio curso: da formação do leito ($03^{\circ} 01' 18,24'' - 60^{\circ} 33' 30,64''$) até o curso do igarapé que sofre influência das cheias do rio Branco ($02^{\circ} 54' 21,93'' - 60^{\circ} 34' 37,17''$) e;
- c) Baixo curso: curso do igarapé que sofre influência das cheias do rio Branco ($02^{\circ} 54' 21,93'' - 60^{\circ} 34' 37,17''$) até o encontro com o rio Branco ($02^{\circ} 53' 14,36'' - 60^{\circ} 34' 10,24''$).

As altitudes e declividades máximas médias e mínimas foram obtidas automaticamente pelo software através do modelo digital de elevação. O perímetro também foi obtido automaticamente pelo software quando se gerou a microbacia de estudo. Para classificação das declividades na microbacia foram utilizados seis intervalos distintos de classes, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2009). O ordenamento dos cursos d'água foi realizado considerando a metodologia de hierarquização fluvial estabelecida por Strahler (1957).

Neste trabalho, utilizou-se o formato de arquivo shapefile (shp), que é amplamente utilizado em ferramentas de SIG. A checagem em campo foi realizada por amostragem baseada em metodologia proposta por Silva et al. (2011), para verificação, descrição e atualização da carta pré-existente.

Os índices e parâmetros sugeridos para o estudo analítico de uma bacia hidrográfica foram abordados de acordo com Christofolletti, (1980), Tricart (1965 apud STIPP, CAMPOS e CAVIGLIONE. (2010), Strahler, (1952 apud CHRISTOFOLETTI, 1980) Villela; Mattos, (1975 apud TRAJANO et al., 2012) assim como os trabalhos de Trajano et al. (2012), Calil et al. (2012), Cardoso et al., (2006) e Stipp, Campos e Caviglione (2010).

As classes de declividade foram separadas em seis intervalos distintos, como sugerido pela EMBRAPA (1979; 1999).

Foram realizados levantamentos dos números de canais, distância total de todos os canais, comprimento do canal principal, perímetro total da bacia, altitude máxima, média e mínima, comprimento do eixo da bacia, diferença entre altitude máxima e mínima da área drenada, diferença em metros ao longo do perfil longitudinal e área total da bacia. Além desses dados foram realizados para os cálculos de parâmetros morfométricos:

1) A hierarquia dos canais de drenagem (fluvial) consiste no processo de se estabelecer classificação de determinado curso d'água no conjunto total da bacia

hidrográfica na qual se encontra. Isto é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas. A ordem dos cursos d'água pode ser determinada seguindo critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957 apud CHRISTOFOLETTI, 1980). O utilizado neste trabalho é a classificação apresentada por Strahler, onde os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a 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; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores e assim sucessivamente.

2) Área da bacia (A): A área da bacia ou área de drenagem da bacia limitada pelos divisores topográficos da bacia ou simplesmente a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial. A área da bacia será medida em quilômetros quadrados (km²).

3) Comprimento do canal principal (C_{cp}): distância da foz até a nascente mais distante da mesma em quilômetros (km).

4) Comprimento do eixo da bacia (C_b): é a maior distância em linha reta de determinado ponto situado ao longo do perímetro da bacia a desembocadura. O comprimento é medido em quilômetros (km).

5) Gradiente dos canais (G_c) 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 (SANTOS et al., 2012) a fórmula é:

$$G_c = A_{max}/C_{cp}, \text{ onde:}$$

G_c = gradiente de canais em m/km;

A_{max} = altitude máxima da bacia em m;

C_{cp} = comprimento do canal principal em km.

6) Fator de forma (F_f) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial (eixo) da bacia (linha reta da foz ao ponto mais longínquo do espigão):

$$F_f = A/C_b^2, \text{ onde:}$$

F_f = fator de forma (adimensional);

A = área total da bacia (km²);

C_b = comprimento do eixo da bacia (km)

7) Índice de circularidade (I_c) assim como o coeficiente de compacidade, relaciona a forma da bacia com um círculo:

$I_c = (12,57 \times A)/P^2$ onde:

I_c = índice de circularidade (adimensional);

A = área total da bacia (km^2);

P = perímetro da bacia (km).

8) Coeficiente de compacidade (k_c) relaciona a forma da bacia com um círculo. É um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. De modo que quanto maior a irregularidade da bacia maior será o coeficiente de compacidade. Como o coeficiente de compacidade igual à unidade corresponde a uma bacia circular, ele possibilita a indicação de maior ou menor ocorrência de cheias à medida que se aproxima ou afasta da unidade (VILLELA E MATTOS, 1975 apud SANTOS et al., 2012). Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia:

$K_c = 0,28 \times P/\sqrt{A}$, onde:

K_c = coeficiente de compacidade (adimensional);

P = perímetro (km);

A = área total da bacia (km^2).

De acordo com Silva e Mello (2008 apud SANTOS et al., 2017), pode-se classificar as bacias hidrográficas em relação ao valor de k_c da seguinte forma:

1,00 $k_c < 1,25$ - Bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 $k_c < 1,50$ - Bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

$k_c > 1,50$ - Bacia não sujeita a grandes enchentes.

9) Densidade hidrográfica (D_h) relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água (CHRISTOFOLETTI, 1969 apud SANTOS et al., 2012):

$D_h = N/A$, onde:

D_h = densidade hidrográfica;

N = número total de rios ou canais;

A = área total da bacia (km^2).

Christofoletti (1969 apud Santos et al., 2012) sugere a utilização de N como o número de canais de primeira ordem, conforme classificação de Strahler (1952),

com o argumento de que isso conduz a resultados mais realistas sobre o comportamento hidrológico da bacia.

10) Amplitude altimétrica máxima da bacia (Hm): diferença altimétrica entre a altitude da foz (m) e a altitude do ponto mais alto do divisor topográfico (m). A variação de altitude média é um fator muito importante, pois a temperatura e precipitação estão relacionadas com a altitude. Variações de temperatura influenciam as perdas de águas que ocorrem na forma de evaporação e transpiração, já variações na precipitação atuarão diretamente no escoamento superficial e infiltração

11.1) Índice de sinuosidade (Is) é a relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial do canal principal. Este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor.

$Is = L/Ceb$, onde:

Is = índice de sinuosidade(adimensional);

L = comprimento do canal principal (km);

Ceb = comprimento do eixo bacia (km).

11.2) Índice de sinuosidade (Is) segundo Pissara (2004 apud Lira, Nascimento e Almeida, 2012) o índice de sinuosidade é a relação entre a distância da desembocadura do rio e a nascente mais distante (equivalente vetorial), medida em linha reta (Ceb), e o comprimento do canal principal (L). O índice de sinuosidade possui algumas classes, sendo apresentado na tabela 1, onde:

$Is = 100(L - Ceb)/L$, onde:

Is = índice de sinuosidade(adimensional);

L = comprimento do canal principal (km);

Ceb = comprimento do eixo bacia (km).

Tabela 1 - Classes do índice de sinuosidade

Classe	Descrição	Limites
I	Muito reto	<20%
II	Reto	20-29%
III	Divagante/encaixado	30-39%
IV	Sinuoso	40-49%
V	Muito sinuoso	>50%

Fonte: Pissara, (2004)

12) Relação de relevo (Rr) é a relação entre a amplitude altimétrica da bacia e o comprimento do canal principal. Segundo Schumm (1956 apud SANTOS et al., 2012), quanto maior o valor de Rr, maior será o desnível entre a cabeceira e o exutório, conseqüentemente maior será a declividade média da bacia.

$Rr = Hm/Cb$, onde:

Rr = Relação de relevo (m/km);

Hm = amplitude altimétrica máxima da bacia (m);

Ccp = comprimento do canal principal (km).

13) Densidade de drenagem (Dd) é a relação entre o comprimento total de canais e a área da bacia e para seu cálculo, devem-se considerar todos os rios tanto os perenes como os temporários (HORTON, 1945 apud SANTOS et al., 2012). Seu estudo indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo, assim, o índice que indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede e a área total da bacia:

$Dd = Lt/A$, onde:

Dd = densidade de drenagem;

Lt = comprimento total dos canais (km);

A = área total da bacia (km²).

14) Coeficiente de manutenção (Cm) O coeficiente de manutenção dos canais (Cm) foi proposto por Schumm (1956), como o inverso da densidade de drenagem. Essa constante, cuja unidade é quilômetros quadrados por quilômetros, tem dimensão de comprimento e aumenta em magnitude conforme a área de contribuição aumenta (NARDINI et al., 2013). Representa a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro quadrado, para sustentar um metro linear de canal de drenagem.

$Cm = 1/Dd*1000$, onde:

Cm = coeficiente de manutenção

Dd = coeficiente de densidade de drenagem (km).

15) Índice de rugosidade (Ir): O índice de rugosidade combina as variáveis, declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem, expressando-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (Hm) e a densidade de drenagem (Dd). Este índice mostra a relação

declividade com os comprimentos dos canais, sendo que quanto maior for o índice implica em relevo mais colinoso e dissecado (maiores declividades) e canais mais entalhados (CASTRO e CARVALHO, 2009).

A fórmula para esse cálculo é: $I_r = H_m \times D_d$, onde

I_r = índice de rugosidade

H_m = amplitude altimétrica (m) e

D_d = densidade de drenagem (m).

16) Comprimento médio dos canais (L_m):

$L_m = L_u / N_u$, onde

L_m = comprimento médio dos canais;

L_u = extensão total dos cursos d'água e

N_u = número total de cursos d'água.

17) Relação de bifurcação (R_b): Relação entre o número total de segmentos de determinada ordem e o número total dos segmentos da ordem imediatamente superior. Estes valores indicam o grau de dissecção da bacia hidrográfica, quanto maior for o valor do índice de bifurcação maior será o grau de dissecção, valores geralmente abaixo de 2 indica relevo colinoso (CASTRO e CARVALHO, 2009).

$R_b = N_w / N_{w+1}$, onde

R_b = Relação de bifurcação;

N_w = número de seguimentos de determinada ordem e

N_{w+1} = número de seguimentos da ordem imediatamente superior.

3.3 Levantamento dos aspectos socioeconômicos e dos fatores de degradação ambiental

Foram realizados estudos preliminares no material cartográfico, bibliográfico e visitas em campo para se conhecer os aspectos gerais da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento.

No período de agosto de 2016 a julho de 2017 foram realizados trabalhos em campo com o objetivo de identificar a quantidade de propriedades rurais, as atividades agropastoris presentes na microbacia do igarapé e informações sócio-econômicas-ambientais. Cabe esclarecer que a microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento foi toda loteada por seus proprietários em pequenos lotes,

comercializados no mercado da capital Boa Vista, totalizando no ano de 2016, 232 lotes ou propriedades, todas particulares, sendo percorrido assim, toda a microbacia, tanto do lado direito como esquerdo. As atividades de campo foram complementadas através de carta imagem, o qual auxiliou no processo de caracterização dos lotes. No levantamento identificamos todas as propriedades que fazem limite com o igarapé.

Das 232 propriedades, 82 não apresentavam nenhum tipo uso ou atividades e as 150 restantes apresentavam características de ocupação como a presença de casa, pomar, poço, atividades agrícolas, criação de animais, rede elétrica, etc. sendo destas 136 visitadas in loco. Cabe lembrar que os lotes que não possuem estrutura física, já apresentam proprietários, porém ainda não ocupou o lote de fato. No total foram realizadas 12 visitas na região, compreendendo desde a cabeceira até o encontro do igarapé com o rio Branco.

De dezembro de 2017 a dezembro de 2018 foram feitas coletas de água no igarapé para análises químicas, físicas e biológicas.

Foi feito um questionário para a busca de informações a respeito das condições sanitárias, caracterização do meio físico, problemas ambientais, condições de uso e ocupação do solo, aplicados durante a visita em campo, nas 136 propriedades visitadas (60% de todas as propriedades ou lotes e 93% das que tinham estruturas físicas).

Na definição do uso e ocupação do solo da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento foram utilizadas fotografias aéreas da área da microbacia, pertencentes ao município de Boa Vista, na escala 1:100.000 com resolução espacial de 30 cm. A utilização do aplicativo de Sistema de Informação Geográfica (SIG), ArcGis 10.0, foi possível gerar mapa temático de uso do solo para a microbacia hidrográfica de estudo.

As informações dos questionários tanto quantitativo como qualitativos foram analisados com frequências simples no software Microsoft Office Excel.

Para delimitação das áreas de preservação, foi considerada conforme o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente.

3.4 Análise da qualidade da água superficial

O desenvolvimento dos recursos hídricos não pode se desassociar da conservação ambiental, já que na essência envolve a sustentabilidade do homem no meio natural (TUNDISI, 2003). As substâncias presentes na água determinam seu conceito de qualidade estando relacionados com seu uso e características por ela apresentadas. Um conjunto de parâmetros compõe o padrão de potabilidade, que tornam a água própria para o consumo humano (BRASIL, 2006).

O Ministério da Saúde publicou no Diário Oficial da União do dia 14 de dezembro de 2011 a Portaria nº 2.914, de 12/12/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). Esta portaria revoga e substitui integralmente a Portaria MS nº 518/04 que estabelecia os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Portaria 2.914/11 estabelece os padrões de turbidez; de potabilidade para substâncias químicas (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção), com valores máximos permitidos; de radioatividade; além dos padrões de aceitação para o consumo humano para parâmetros como o cloreto, a dureza, cor aparente, turbidez. É recomendado por esta Portaria que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

A Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), define água potável como aquela destinada para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

No artigo 34 da Portaria 2.914 é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

No Brasil, o controle da qualidade da água para consumo humano tornou-se uma questão de saúde pública a partir da década de 70 com o decreto federal nº 79.367 de 09/03/1977, que estabelecia como competência do Ministério da Saúde (MS) a definição do padrão de potabilidade da água para consumo humano. As normas e o padrão de potabilidade da água foram instituídos pela portaria nº 56/Bsb/

1977 (BRASIL, 1977) que se constituiu na primeira legislação federal sobre a potabilidade de água para consumo humano editada pelo Ministério da Saúde seu anexo portaria nº 36 de 19 de janeiro de 1990 (BRASIL, 1990).

A resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

3.4.1 Amostragem e Coleta

Para a coleta de água superficial foram utilizadas garrafas PET de 300 ml, as amostras foram coletadas contra a correnteza. As amostras foram identificadas e conservadas em gelo e foram transportadas até o laboratório de química da Universidade Estadual de Roraima – UERR, para a análise microbiológica. Os parâmetros físico-químicos foram determinados *in loco*.

3.4.2 Determinação dos parâmetros físico-químicos

Os parâmetros pH e Temperatura foram determinados utilizando um pHmetro portátil da marca HANNA, modelo 424. Para a determinação da condutividade e Sólidos Totais Dissolvidos (TDS), utilizando-se um condutivímetro da marca HANNA, modelo HI 9835. A unidade de condutividade é dada em uS e Sólidos Totais Dissolvidos, em ppm. Para a determinação da turbidez, utilizou-se um turbidímetro da marca HANNA, modelo HI 98703. A unidade é dada em NTU (nefelométrica). Todos esses parâmetros foram medidos *in loco*.

3.4.3 Análises microbiológicas

Para análise microbiológica usou-se cartelas COLIPAPERO da Alfakit, uma cartela com meio de cultura em forma de gel desidratado usado para análise de coliformes termotolerantes e totais. Antes de manusear as cartelas, lavou-se as mãos para evitar qualquer tipo de contaminação que venha interferir nos resultados e utilizou-se luvas. Em seguida, as amostras foram colocadas em béqueres, as cartelas foram imergidas nas amostras até serem completamente umedecidas, após isso as cartelas foram recolocadas na embalagem plástica, identificadas e levadas para

estufa de incubação por 15 horas a temperatura de 36-37°C. Após 15 horas de incubação se procedeu à contagem das colônias considerando os dois lados da cartela. No qual os pontos em azul indicam os coliformes fecais, em vermelho e azul, coliformes totais e em verde para Salmonella. Contados os pontos com as respectivas cores multiplicou-se o valor da contagem por 100, que é o fator de correção.

3.4.4 Análises de Dados

Os resultados obtidos foram comparados com os estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 (MMA, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 (MMA, 2001) que dispões sobre a balneabilidade de recursos hídricos superficiais.

Os dados foram tabulados em planilhas simples e as informações discutidas em procedimentos descritivos, uma vez que os parâmetros avaliados não apresentam quantitativo e repetições significativos para análise estatística ou comparações mais específicas.

4 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA REGIÃO DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO

4.1 Condições Geológicas, Geomorfológicas e Pedológicas

A área de estudo está presente na Formação Boa Vista (Pleistoceno Superior – Holoceno), que é o resultado geomorfológico de um arrasamento erosional que preencheu totalmente o Graben do Takutu com mais de 2.000m de sedimentos provenientes da destruição de remanescentes do Grupo Roraima (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997) e na formação Areias Brancas (Figura 2), que são áreas úmidas abertas sendo associadas a areias brancas, depósitos desenvolvidos no Terciário e Quaternário, formados pelos processos constante de intemperismo químico do relevo de escudos cristalinos e mobilização do manto de intemperismo (saprólito) pela oscilação do freático, com pequenos igarapés que drenam estes ambientes (CARVALHO, 2014b).

Os lavrados onde está o igarapé Água Boa do Bom Intento são áreas de baixa a média altitude (de 80 a 160m) localizadas no centro sul do estado, planos a suavemente ondulados, com depressões no terreno (abaciamento) que geram sistemas de lagos perenes e estacionais. Na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento a altitude máxima da microbacia é de 89,995 m e a menor cota é de 60,174 m a nível do mar (Figura 3).

Reis et al. (2003) caracteriza o estado de Roraima em 4 domínios, sendo Guiana Central onde está localizado a região do igarapé Água Boa do Bom Intento. Esse domínio caracteriza-se por associações geológicas, idades e feições estruturais específicas, de erosões e deposições cíclicas, desde o jurássico, e à alternâncias climáticas (VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005). Na área do domínio da Guiana Central, Reis et al. (2003) assinalaram ampla sedimentação cenozoica relacionada a formação Boa Vista (Neogeno) e Areias Brancas (Pleistoceno Superior – Holoceno).

O solo é um componente ambiental complexo, e variações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. São importantes definidoras de padrões ecológicos e do próprio uso da terra (MELO et al., 2010).

Na região da formação Boa Vista, domínio Guiana Central apresentam os solos da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento classificados em dois tipos

principais: Argissolo Acizentado alumínico e Latossolo Amarelo alumínico (CPRM, 2003; ZEE, 2002).

A área da microbacia apresenta uma área total de 271,82 km², composta essencialmente por terrenos planos ou suavemente ondulado, predominando os Argissolos Acizentados com 204,01 km², (75,06 %) e os Latossolos Amarelos com 62,97 km² (23,16%). No limite norte é possível observar Argissolo Amarelo com 2,42 km² (0,89%) e nas calhas junto ao rio Branco a ocorrência de Neossolos Flúvicos com 2,42 km² (0,89%) (Figura 4).

Os solos dos serrados são solos com severas limitações químicas, que em grande parte, são ditadas pela natureza geológica do substrato (material de origem) e das condições climáticas (MELO et al., 2010; VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005). Apresentam baixa fertilidade natural, baixa saturação de bases, elevada saturação por alumínio. Porém, apresentam boas características morfológicas e físicas, que quando bem manejados no que diz respeito a sua fertilidade podem ter bons índices de produção agrícola (VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005).

Os Argissolo Acizentado e Latossolo amarelo são solos bem desenvolvidos, formados a partir de sedimentos argilosos e argilo-arenosos referidos ao Quaternário-Pleistoceno e cobertura Sedimentar Terciária à Pleistocênica. Apresentam perfis da classe dos Latossolo Amarelo espessura em torno de 200cm, com sequência de horizontes A, Bw e C, com transições, em geral planas e gradual ou difusa, enquanto nos Argissolos apresentam como horizonte diagnóstico o Bt (textural), característica que o difere da classe do Latossolo Amarelo, ocorrendo geralmente associadas na paisagem (VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005).

Os Argissolo Acizentado e Latossolo Amarelo são solos profundos, bem drenados com características bastante uniformes ao longo do perfil, com horizonte A fraco ou moderado, e teores de carbono baixos.

Figura 2 – Mapa geológico da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

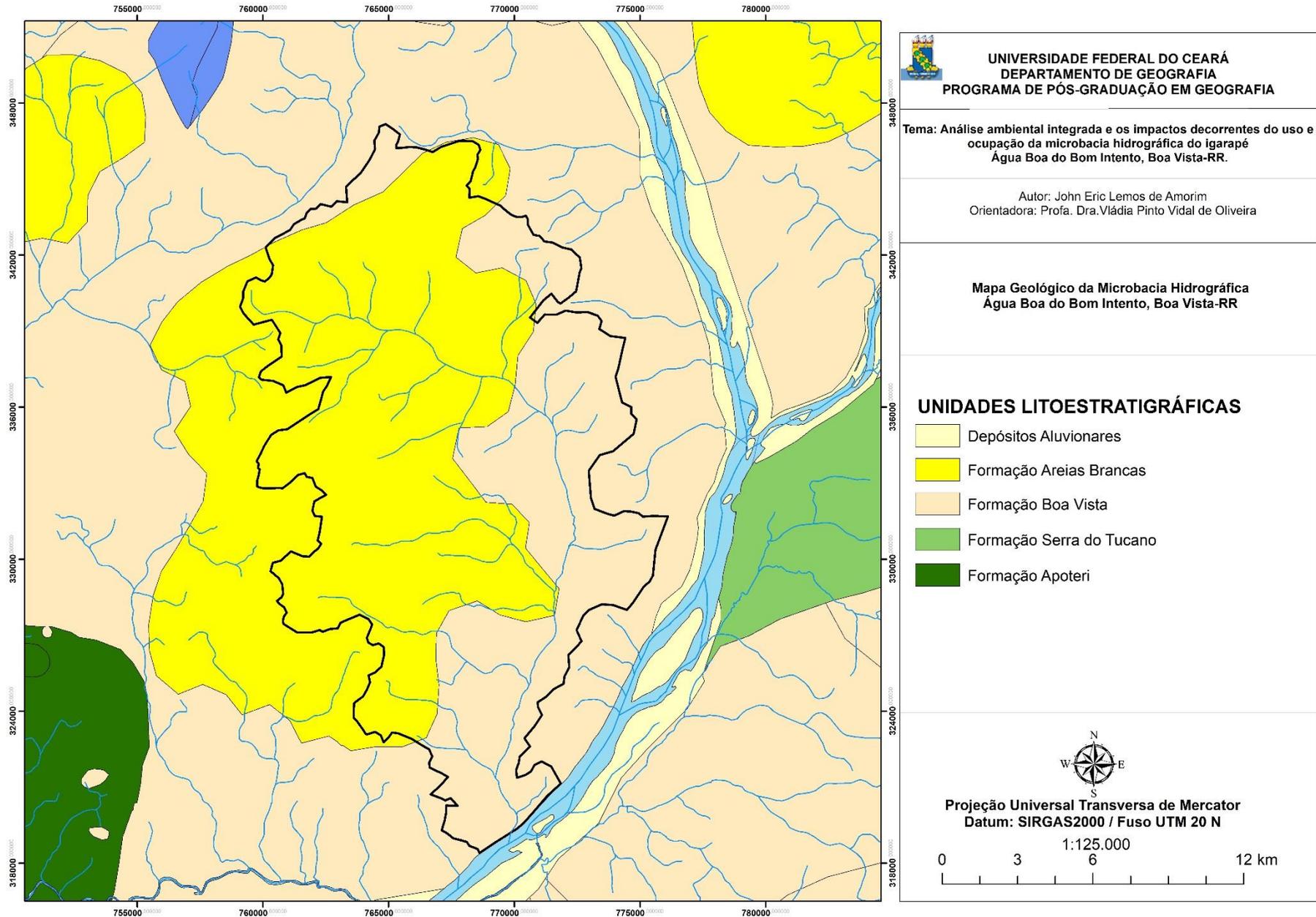


Figura 3 – Mapa hipsométrico e perfil topográfico da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

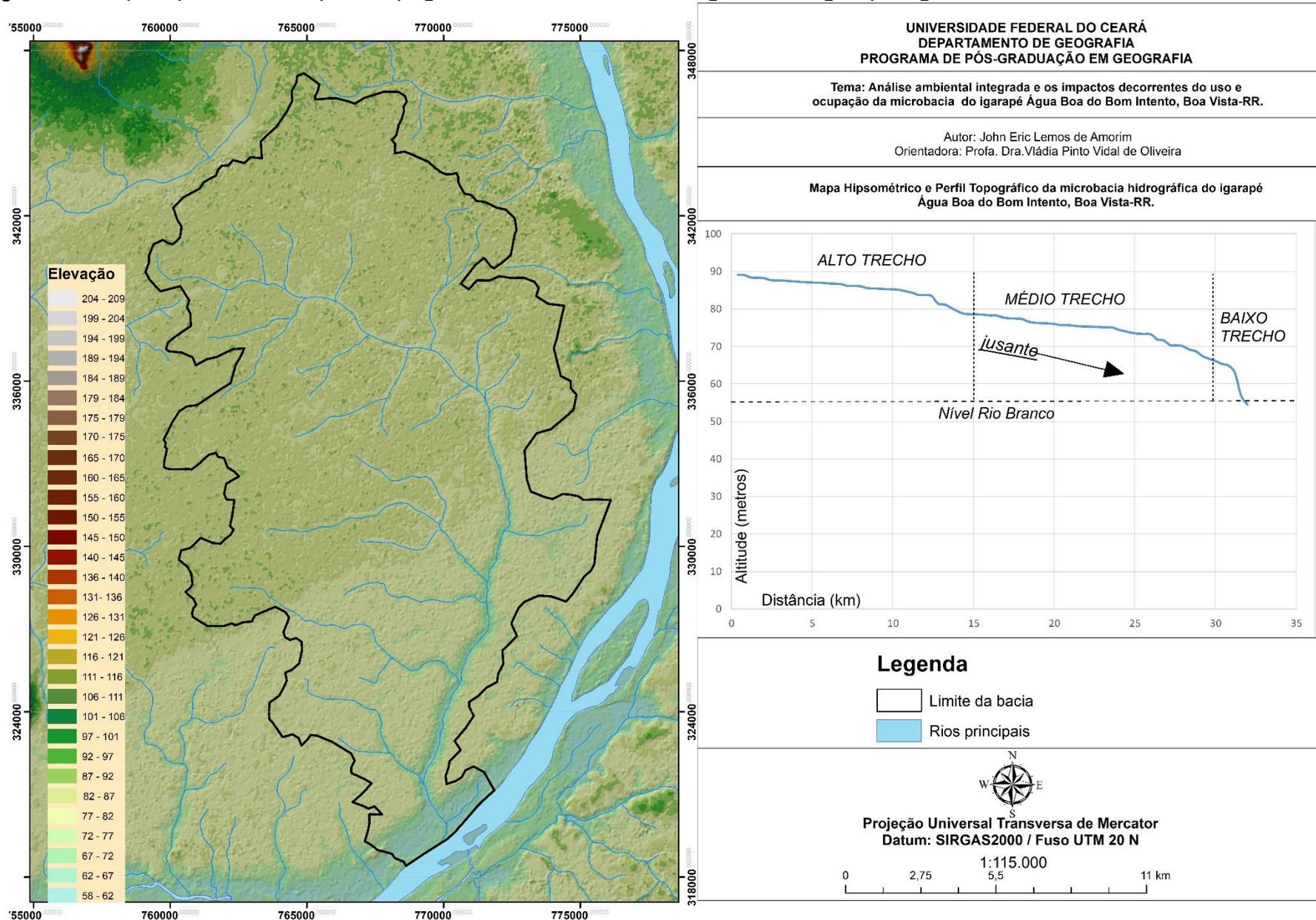
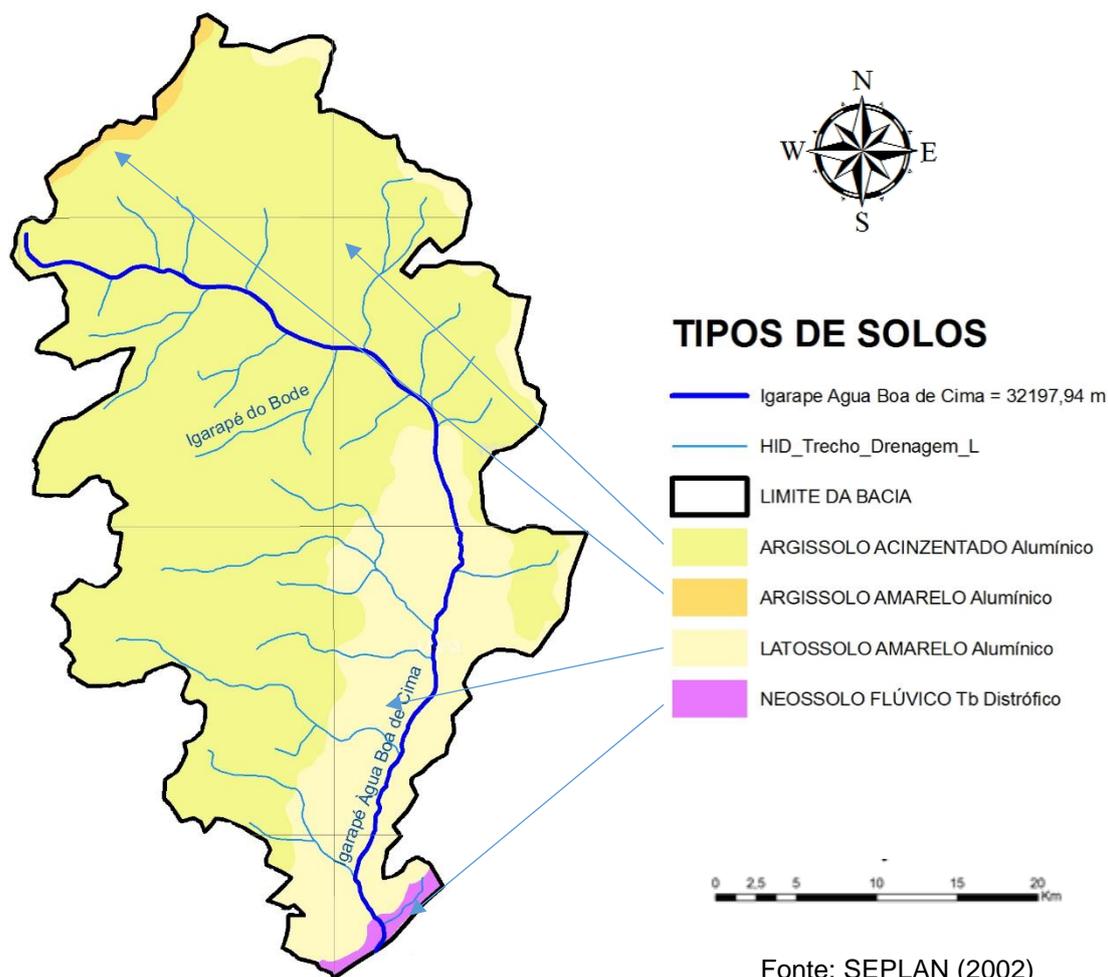


Figura 4 – Mapa de solos da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Esses solos apresentam textura média (15 a 35% de argila) a argilosa (35 a 60% de argila), altamente intemperizados e ausência de cerosidade (MELO et al., 2010; VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005). Quando secos são duros (coesos) principalmente entre 20 – 50 cm de profundidade, sendo uma das maiores limitações ao uso com plantas perenes, devido à dificuldade de enraizamento (MELO et al., 2010).

Como características desses solos, eles apresentam baixa fertilidade natural, ácidos a fortemente ácidos, com baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , e K^{+}), com Al dominando o complexo de troca, embora não superior a $0,5 \text{ cmolckg}^{-1}$ de solo. O fósforo disponível é baixo, sendo um dos fatores mais limitantes a exploração agrícola, baixo teor de matéria orgânica principalmente pela ação constante do fogo e rápida mineralização, apresentam valores inferiores a 2%. São solos que requerem corretivos e fertilizantes para produzir de forma satisfatória

(MELO et al., 2010). Já no encontro do igarapé com o rio Branco, principal rio do estado de Roraima, há presença de Neossolo Flúvico, que pertence as áreas de calha do rio Branco (várzea), áreas que alagam nos períodos de maior precipitação pluviométrica.

O Neossolo Flúvico encontrado são solos jovens (Sedimentos do Quaternário, período Holocênico) derivados do depósito de sedimentos transportados pelas águas fluviais do rio Branco (várzea). Apresenta textura indiscriminada dependendo da composição do material originário, são excessivamente a imperfeitamente drenados. Devido receberem adição de material transportado pelo rio, durante as cheias anuais, apresentam alta concentração de matéria orgânica, sendo solos com melhores níveis de fertilidade, com maiores valores de bases trocáveis e maiores valores de para CTC, quando comparados ao Latossolo amarelo e Argissolo Acinzentado (MELO et al., 2010; VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005).

A cabeceira que corresponde ao alto curso do igarapé, é representado por um relevo plano, originado pelo entalhamento incipiente da drenagem. A drenagem é constituída por pequenos igarapés, efluentes do igarapé Água Boa do Bom Intento, marcados por alinhamentos de buritis (*Mauritia flexuosa*) em um sistema de vereda, mostrando a influência da dissecação atual em avanço sobre a área de campo.

O relevo na área da microbacia é predominantemente plano, variando a altitude máxima na nascente de 84,08 metros e de 63,05 metros na foz. Na foz, em ambos os lados do igarapé, sentido sul-norte existem pequenos declives que vão de suave a ondulado (3 a 8%) a ondulado (8-20%), o qual vai aplainando em sentido norte da paisagem (0 a 3%). Nas porções oeste e leste, quanto mais se afastam das calhas do igarapé, maior a presença de relevo plano (Figura 5). Como características nas regiões de solos planos, ocorre a formação de uma grande quantidade de lagos perenes ou estacionais no entorno da microbacia, principalmente na porção norte da microbacia.

Na cabeceira do igarapé, o lavrado apresenta um sistema de lagoas perenes ou estacionais relacionadas a redes de drenagens jovens e pouco desenvolvidas (Figura 6) Elas se formam em regiões planas associadas a bacias pequenas, geralmente sem influência de descargas fluviais de médio e grande porte, existentes na Formação Boa Vista (SIMÕES-FILHO et al., 1997).

As áreas que predominam sistemas lacustres, os limites geográficos de uma bacia não são claramente definidos. Sander et al. (2008) verificou que tanto os

Figura 5 – Mapa de declividade da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

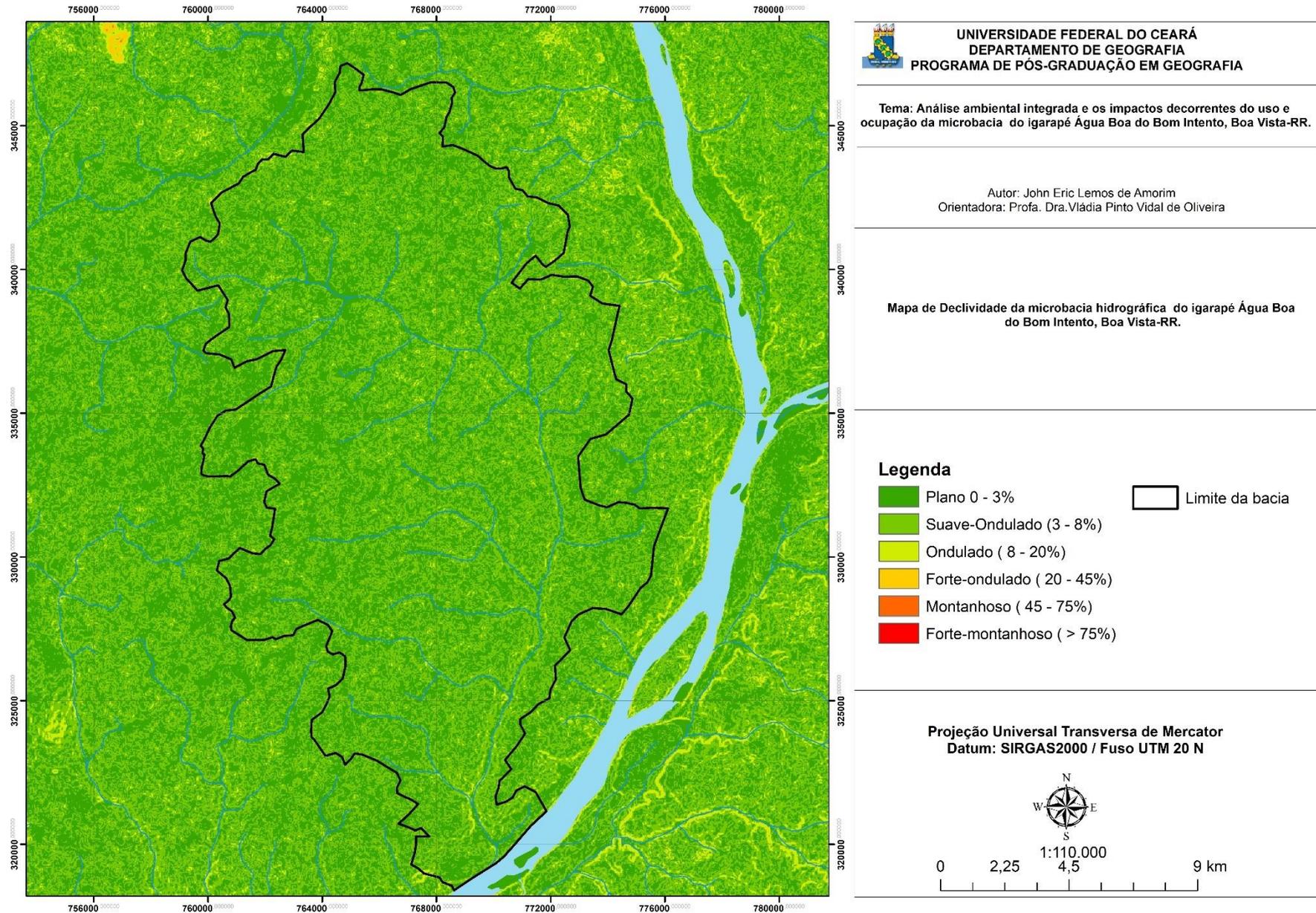
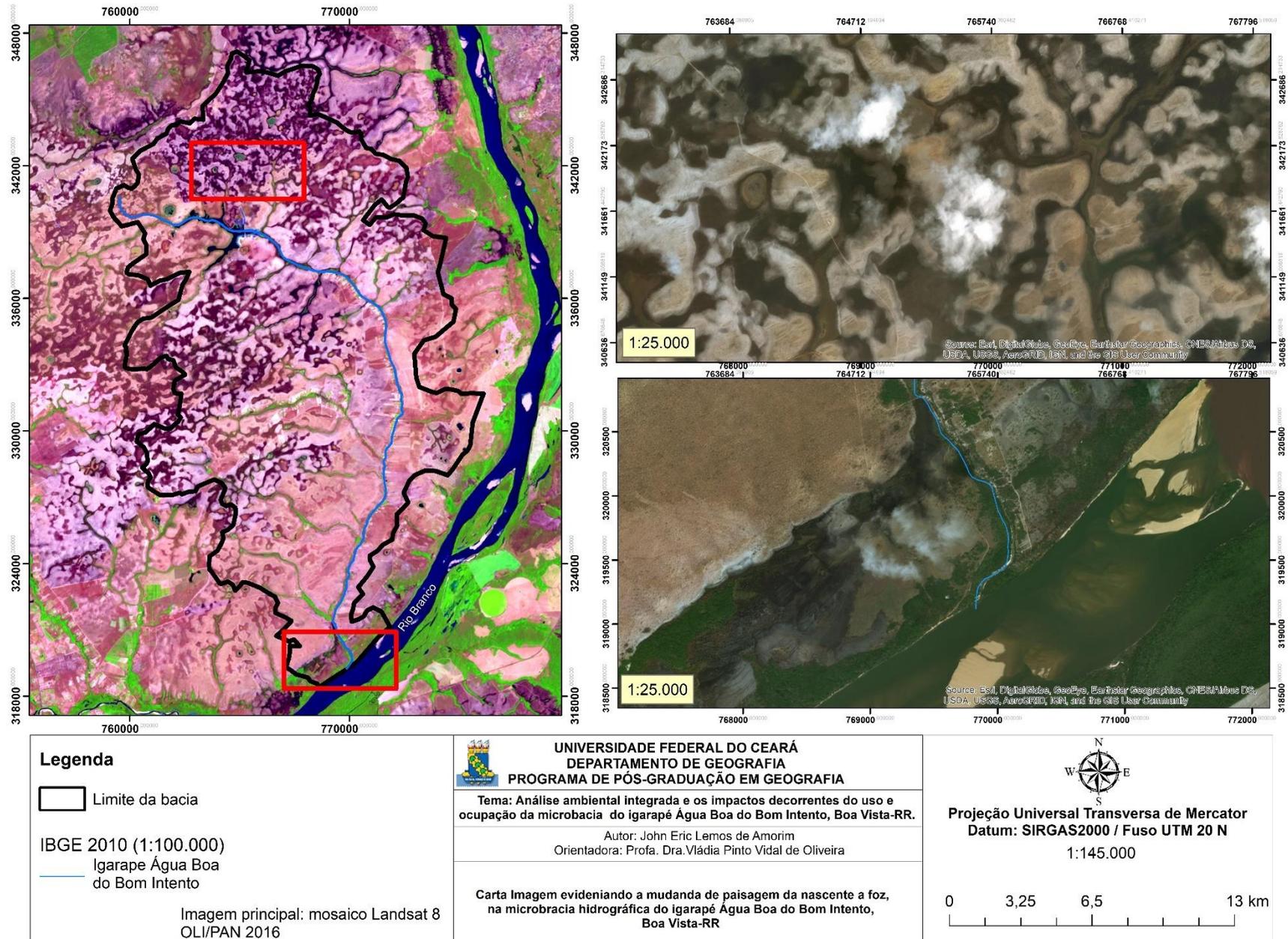


Figura 6 – Carta imagem evidenciando a paisagem da nascente e da foz, na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



lagos quanto as baixadas encontram-se interconectados por pequenos canais, definindo uma rede de padrão anastomosado que, durante os períodos de cheia, liga as águas superficiais do sistema lacustre com a redes de drenagem das bacias vizinhas.

Essas regiões se destacam para a conservação tanto pela importância hidrológica quanto pela fauna e flora associada. As lagoas estão diretamente relacionadas à recarga dos aquíferos e podem ou não estar interligadas entre si, ou com igarapés e buritizais (CARRANZA, 2006).

Na foz, o igarapé sofre influência das cheias do rio Branco, caracterizando uma várzea bem definida que sobrepõe uma grande área do igarapé, o qual dificulta o arraste de sedimentos depositados em sua foz.

4.2 Aspectos Climáticos

Os dados de clima da região do igarapé Água Boa do Bom Intento, serão representados por estudos realizados na cidade de Boa Vista, uma vez que este a única referência mais próxima e que está presente no Bioma Cerrado.

A microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento está localizada na região do Lavrado, o qual apresenta clima úmido e marcado por estações de secas prolongadas de até seis meses, essa região encontra-se inserida entre dois centros de alta precipitação: as Guianas que recebem diretamente a umidade atlântica traída pelos ventos alísios de leste a nordeste e a Amazônia Central, onde se encontra o máximo da zona de convergência intertropical (SIMÕES-FILHO, TURCQ e SIFEDDINE, 2010).

O clima que caracteriza a região dos lavrados de Roraima é o tropical monçônico do tipo Awi (tropical úmido sem estação fria) pela classificação de Köppen, com altas temperaturas médias anuais de aproximadamente 26°C e estação seca acentuada com pico entre dezembro e março e o período de chuvas que ocorrem de entre os meses de abril a setembro, que concentra cerca de 80% dos totais anuais precipitados ao longo do ano (SILVA et al., 2015). Araújo et al. (2001) acrescenta que nos meses de junho e julho ocorrem as maiores precipitações do ano com médias superiores a 330 mm. Essa condição diverge ao observado na maior parte da Amazônia, onde o seu período chuvoso é entre os meses de outubro a março (BARBOSA e MIRANDA, 2005; SANDER, 2015; SILVA et al., 2015).

A série histórica mais completa da região está estabelecida na cidade de Boa Vista (capital de Roraima), levantada de um pouco mais de um século (1910 a 2014) na Estação de Meteorologia de Boa Vista, situada na porção centro-sul dos lavrados locais, apresentou uma média total de 1.637,7 mm/ano (SILVA et al., 2015). Essa média é bem semelhante as apresentadas por Araújo et al. (2001) e Barbosa et al. (2007), onde apresentaram para o período de 1910-2000 uma média anual de 1.634,00 mm/ano e média mensal da umidade relativa do ar varia de 66-82% (Figura 7).

FEMARH, (2017) apresenta dados históricos das médias em dois períodos: de 1923 a 1997 (74 anos de coletas) com precipitação média de 1678,6 mm/ano e dos anos de 1999 a 2017 de 1739,7 mm/ano, um aumento de 3,64%, nos últimos 18 anos na quantidade de chuvas no estado.

Em relação aos meses de maior intensidade de chuvas, no período de 1923 a 1997 se destaca a média do mês de junho com 352,9 mm/mês e no segundo período de 1999 a 2017 o mês de maio com média nos últimos anos de 340,3 mm/mês (Tabela 2).

Na figura 8 é possível observar o regime pluviométrico, variável importante para se conhecer o período de maior potencialidade erosiva da chuva (maio a julho) e de estiagem (janeiro a março). Através do conhecimento do sistema de distribuição do regime hídrico anual é possível determinar o planejamento das atividades e estipular melhor suas potencialidades e limitações.

Tabela 2 – Dados de precipitação dos anos de 1923 a 1997 e de 1999 a 2017.

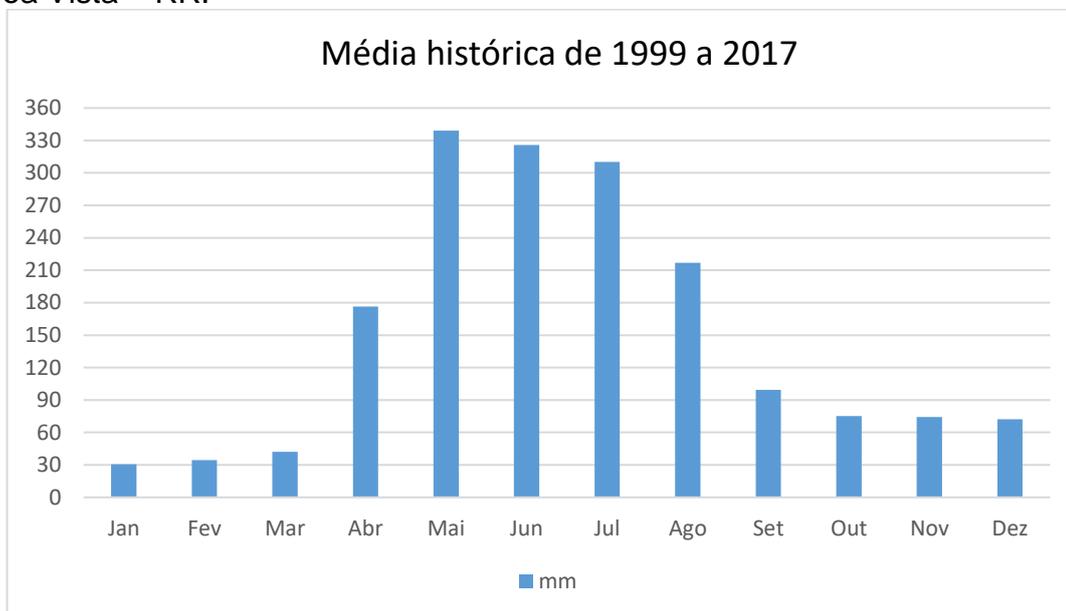
ANO	Normal (1923-1997)		Normal (1999-2017)		
	Mm	Dias	Mm	Dias	°C
JAN	29,3	4	30,2	5,1	29,2
FEV	24,7	3	36,4	5,3	29,3
MAR	47,8	5	45,7	5,4	29,5
ABR	122,2	10	173,8	11,1	29,1
MAI	291,2	19	340,3	19,9	28,3
JUN	352,9	23	321,6	21,4	28,4
JUL	335,1	19	293,8	21,0	27,9
AGO	209,7	17	205,4	17,1	28,4
SET	97,1	8	94,3	9,1	29,7
OUT	67,6	5	67,2	6,6	30,0
NOV	56,8	5	66,5	6,1	30,0
DEZ	44,2	5	64,6	6,2	29,4
TOTAL	1678,6	123	1739,7	134,2	29,1

Fonte: FEMARH, 2017

A temperatura se comporta de forma semelhante ao longo dos anos, sendo a temperatura média máxima é de 30,0°C, nos meses de estiagem e de temperatura média mínima de 27,9°C no período de chuvas.

Nos meses de novembro a março, durante a vigência da estação seca, há a presença de uma massa de ar Equatorial Atlântica (Norte) que atua na região de lavrados, promovendo ventos alísios constantes, sendo denominados localmente de Cruviana, que são responsáveis por favorecer a dissipação da umidade do ar e redução das chuvas (SILVA et al., 2015).

Figura 7 – Médias históricas de precipitação dos anos de 1999 a 2017, no município de Boa Vista – RR.



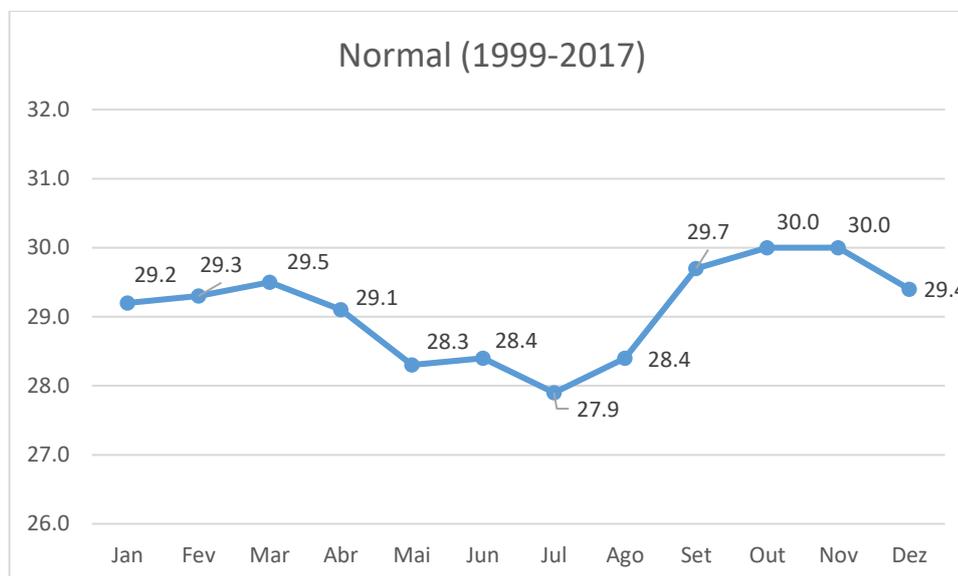
Fonte: FEMARH, 2017

A região do lavrado está localizada totalmente no hemisfério Norte, porém as estações do ano, para Roraima, são determinadas pelo período de chuva e pelo período de estiagem, conhecidos localmente como inverno e verão. Quando no hemisfério Norte é inverno (boreal), nos meses de dezembro a março, é chamado regionalmente de “verão”, devido a extrema queda dos volumes pluviométricos, e quando é verão no hemisfério Norte, nos meses de junho a setembro, regionalmente chamado de “inverno”.

Esses períodos extremos (quatro meses de chuvas intensas e quatro meses de extrema falta de chuva) segundo Barbosa (1997), possui uma estreita relação com o tipo de vegetação e do relevo local, pois em ambos os casos, a

pluviosidade se torna, em parte, responsável pela manutenção da paisagem fisionômica do presente.

Figura 8 – Temperaturas médias mensais de 1999 a 2017, no município de Boa Vista-RR.



Fonte: FEMARH, 2017

4.3 Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

O lavrado é um ecossistema único, sem correspondente em outra região do país que apresenta a característica de possuir uma diversidade de recursos hídricos (lagos, igarapés, rios). Os lavrados são cortados por uma gama de igarapés com veredas de buritizais, o qual demonstra a sua importância como reserva hídrica e ainda como viveiros de diversos animais.

O igarapé Água Boa do Bom Intento é um dos afluentes da margem direita do rio Branco, que é o principal rio do Estado. O seu regime hidrográfico é definido por um período de cheia nos meses de março a setembro, sendo a maior cheia no mês de julho, podendo estender-se até setembro.

Na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, ocorre a presença de lagos que apresentam importante papel na paisagem do lavrado, possuindo formas góticas, circulares, elipsoidal e geminas, estão presentes principalmente na parte Norte da microbacia, e muitos estão ligados ao igarapé, os quais constituem suas nascentes. Na sua grande maioria são influenciados pela sazonalidade, ou seja, grande parte é intermitente, devido apresentarem tamanho pequeno e pouca

profundidade, correspondendo com cerca de 65% do total dos lagos segundo estudos realizados por Meneses, Costa, Costa (2007).

Na estação da seca os lagos menos profundos podem, por vezes, secar totalmente, enquanto os demais apresentam uma redução drástica de seu espelho d'água e durante o período de chuvas estes lagos se enchem e frequentemente suas águas se conectam com as das baixadas e de outros corpos lacustres, separados por pequenas elevações de perfil convexo e fraco declive, mostrando um solo arenoso, de granulometria fina à média (SANDER et al., 2008).

Quando não estão interligadas as nascentes de igarapés, apresentam importância por acumularem água por um período determinado do ano, que são fundamentais para a recarga do lençol freático, que abastece o igarapé de maneira intermitente.

Os lagos surgiram quando o pediplano pós-formação Boa Vista aplainou essa área deixando algumas depressões, onde inúmeras lagoas, geralmente de formas circulares ocuparam estas depressões isoladas por tesos, e a partir do transbordamento de várias lagoas em coalescência formam-se os igarapés e cursos d'água locais, onde os igarapés originam sistemas de veredas com drenagem contínua, criando o entalho de talvegue (margens), instalando os igarapés (SIMÕES-FILHO, TURCQ e SIFEDDINE, 2010). Nas margens vão se penetrando elementos de floresta, árvores, arbustos e palmeiras formando uma área verde de mata ciliar.

A região do Igarapé Água Boa do Bom Intento está no sistema aquífero Boa Vista que apresenta as seguintes características, segundo ZEE (2002): aquífero Intergranular descontínuo, livre a semiconfinado, por vezes confinado. Alta potencialidade, permeabilidade na faixa de 6,7 a 8×10^{-4} m/s e transmissividade na faixa 1,3 a 3×10^{-2} m² /s. Água de boa qualidade com baixos teores de sais dissolvidos (condutividade elétrica média de 33 microS/cm²). Aproveitamento por poços tubulares com média de 40 metros de profundidade, com vazões de produção de até 79,2 m³ /h.

4.4 Vegetação

Segundo Schaefer e Vale Júnior (1997) o processo de construção da paisagem dos lavrados presente no extremo norte da Amazônia Brasileira está diretamente ligado a eventos tectônicos, erosionais e flutuações climáticas do

passado. Essa cobertura vegetal se desenvolve sobre extensa superfície plana e levemente ondulada, com dissecação variando de muito baixa a baixa, esculpidas em rochas sedimentares pleistocênicas e ígneo-metamórficas (ZEE, 2002).

Segundo Veloso et al. (1975), vários estudos foram realizados para a determinação da tipologia vegetal para as regiões de Roraima, onde Burt-Davy em 1938 classificou dos tipos de vegetação para os trópicos, onde citou pela primeira vez o termo savana para formações herbáceas tropicais. Azevedo em 1950 apresentou o termo cerrado e para a formação arbustiva e herbáceas para o Brasil. Já em 1951 Oviedo e Valdes usaram o termo savana para designar as savanas Venezuelanas, mas somente a partir de 1806 é que o termo foi inserido no vocabulário fitogeográfico.

O termo savana, cerrado e lavrado são sinônimos e podem ser usados para identificar a paisagem de vegetação aberta situada nos limites internacionais do Brasil, Guiana e Venezuela (BARBOSA et al., 2007). O termo lavrado é o mais estabelecido pela população local para se determinar áreas de campos abertos, com vegetações predominantes de gramíneas, com poucas árvores, com relevo plano a levemente ondulado e com presença de lagos nas épocas de maior intensidade de chuvas.

Por definição fitogeográfica, o lavrado faz parte da ecorregião das Savanas das Guianas que pertence ao Bioma Amazônia (FERREIRA, 2001; BARBOSA e MIRANDA, 2005).

O estado de Roraima possui o maior bloco contínuo de lavrados do extremo norte da Amazônia brasileira, com grandes semelhanças com o Bioma do Cerrado da região central do Brasil, porém os lavrados Roraimenses, apresenta funcionamento e florística diferentes (BARBOSA et al., 2007).

Pelo fato de serem constituídas por um conjunto diversificado de fitofisionomias, formadas por mosaicos não florestais (formação abertas) e florestais, associadas a diferentes tipos de solo e clima, a Ecorregião das Savanas das Guianas é classificada de forma diferente do Cerrado do Brasil Central, uma vez que possui vegetação aberta, dominada pelo estrato herbáceo (ervas e capins), eventualmente com árvores e arbustos em diferentes densidades (BARBOSA et al., 2007)

As áreas de lavrado apresentam alta concentração de indivíduos em poucas espécies, sendo consideradas as espécies chaves a *Curatella americana* L. (Dilleniaceae), *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth., (Malpighiaceae) e *B. coccolobifolia* Kunth. (Malpighiaceae), que representam cerca de 60-70% do número de indivíduos e mais de 80% do total de biomassa viva acima do solo nas savanas de Roraima

(BARBOSA, 2001). Somadas a outras espécies arbóreas comuns, como *Bowdichia virgilioides* Kunth. (Fabaceae), *Himatanthus articulatus* (Vahl.) Woods. (Apocynaceae), *Antonia ovata* Pohl. (Loganiaceae), *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae), *Xylopia aromática* (Lam.) Mart. (Annonaceae), e mais cinco espécies descritas em Barbosa e Fearnside (2004, 2005), formam a base do estrato arbóreo-arbustivo de toda a área de lavrados abertas de Roraima.

Barbosa et al. (2007) contabiliza mais de 250 espécies do estrato herbáceo como Poaceae, Cyperaceae e outras ervas de pequeno porte, além de 71 espécies (52 gêneros e 30 famílias) de plantas arbóreo-arbustivas

O lavrado é drenado por igarapés, que na sua grande maioria são intermitentes, consorciados com *Mauritia flexuosa* (SIMÕES-FILHO, TURCQ e SIFEDDINE, 2010), conhecidos popularmente como Buritis.

As savanas de Roraima são classificadas em Savana (Savana Arbórea Densa - Sd, Savana Arbórea Aberta – As, Savana Parque – Sp, Savana Graminosa ou Gramíneo-Lenhosa – Sg) Savana Estépica (Savana Estépica Arbórea Densa – Td, Savana Estépica Arbórea Aberta – Ta, Savana Estépica Graminosa – Tg) e Outros Sistemas (Ilha de Mata, Mata de Galeria, Matas de Buritis ou Buritizais) como demonstra Barbosa e Miranda (2005).

Dentre estas, a área de estudo está presente nas seguintes fisiografias (Figura 9):

- Savana Parque (Sp): agrupam-se principalmente na região centro e oeste das savanas, limites com floresta estacional de transição. Entretanto, não são contínuas e podem ser percebidas facilmente em outras áreas. Caracteriza-se por uma distribuição agrupada dos elementos lenhosos, o que pode lhe conferir uma fisionomia em moitas, apresentando uma elevada área basal, densidade de indivíduos e grau de cobertura. A *Curatela americana* L (caimbé) e as *Byrsonima* spp (mirixis e muricis) as espécies características dessa tipologia.

- Savana Graminosa ou Gramíneo-lenhosa (Sg): localizada ao longo de toda a bacia do alto rio Branco, caracteriza-se pelos campos que se estendem pelas ondulações do pediplano de Boa Vista, entremeados de lagoas temporárias, às vezes permanentes, e densa rede de drenagem ladeada por veredas de buritis. Esses campos podem ser divididos em duas sub-unidades paisagísticas: 1 – campo limpo – caracterizado pela dominância do extrato graminoso e pela presença ou não de espécies sub-arbustiva *Byrsonima verbascifolia* (L) DC. (Mirixi orelha de burro) e 2 –

campo sujo – ainda com forte presença do extrato graminoso, mas observadas com maior densidade de espécies arbóreo-arbustivas de pequeno porte, principalmente de *Byrsonima* cf *intermedia* A. Juss. e *B. crassifolia* (L) H.B.K, além de raros indivíduos de *C. americana* L.

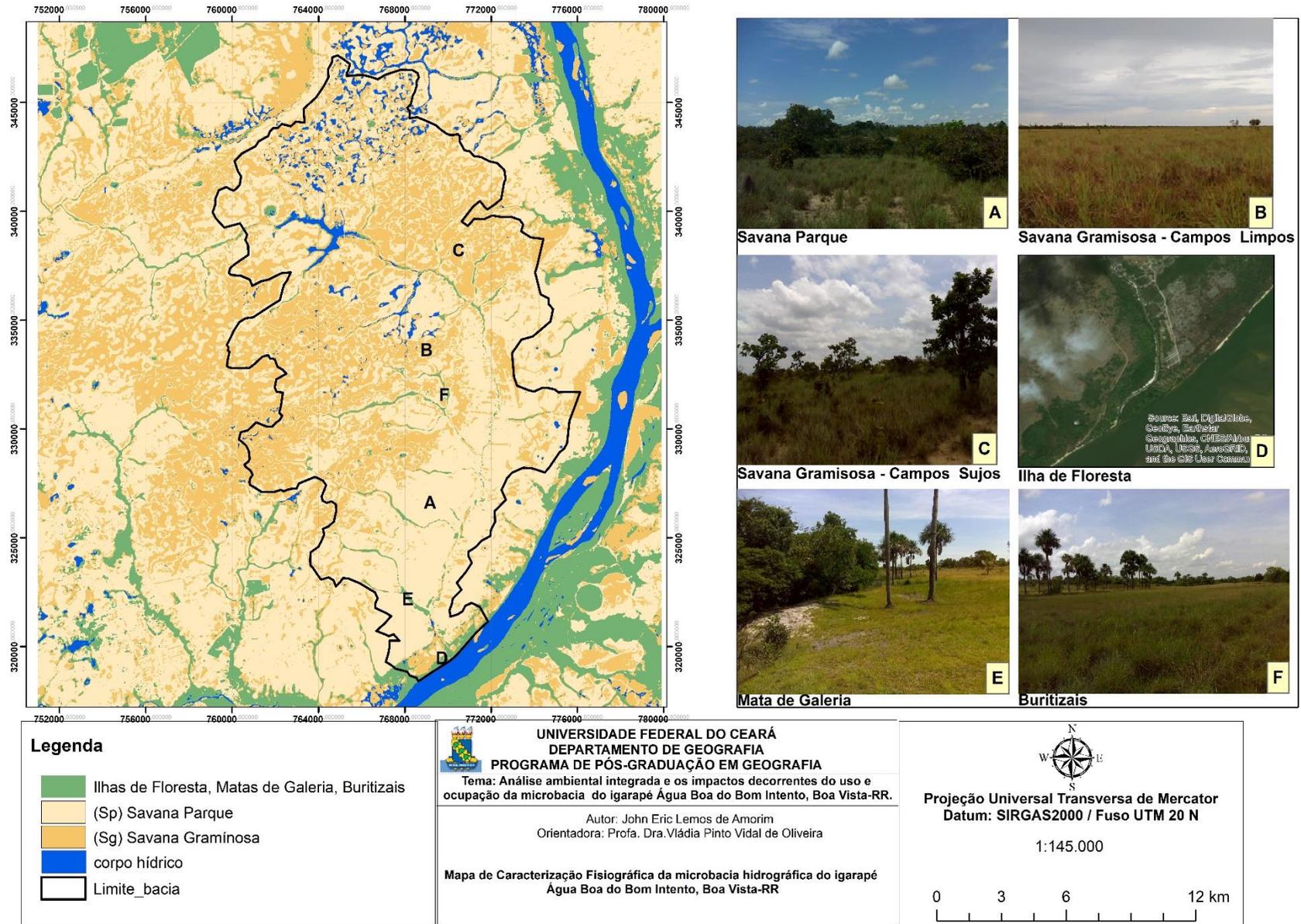
- Outros sistemas: distribuídas pelas savanas encontra-se na região outras formações distintas como: 1 – Pequenas Ilhas de Florestas (ilha de mata), geralmente de forma circular ou elíptica, 2 – Matas de Galeria às margens dos igarapés ou rios que drenam a região e 3 – Matas de Buritis ou Buritizais que acompanham pequenos cursos d'água, geralmente estacionais, muito comum principalmente não região da Formação Boa Vista. Embora distantes de uma fisionomia graminosa com esparsas árvores, estes ecossistemas florestais são parte integrante do grande mosaico de unidades vegetais que formam a paisagem geral das Savanas de Roraima.

As savanas gramíneo-lenhosa ou campo limpo predominam nas áreas de cabeceira, são áreas repletas de sistemas lacustres e muito planas, praticamente são constituídas somente de gramíneas adaptadas a períodos de solos inundados ou muito encharcados. Essas áreas, historicamente são utilizadas para criação de bovinos de corte em regime extensivo.

Nas demais áreas no entorno da bacia predominam as Savana parque e as Savana gramíneo-lenhosa ou campo sujo, áreas também muito utilizadas pelos produtores de gado de corte com regime extensivo de criação e atualmente estão sendo utilizadas para o plantio de grãos (soja, milho, milheto, sorgo, arroz), com maior destaque para a cultura da soja. Nas demais encontram-se pequenas áreas circulares de ilhas de matas, mais presentes próximos ao igarapé e ao rio Branco.

As matas ciliares estão presentes ao longo do igarapé, apresentam espessura irregulares, e em alguns cursos são ausentes, predominando gramíneas. As matas ciliares se destacam onde existe um maior dinamismo da paisagem, tanto no que diz respeito à hidrologia, quanto ao que se refere à ecologia e a geografia da área. As áreas de buritizais são mais frequentes nas cabeceiras do igarapé e pouco expressiva ao longo do recurso hídrico. Isso se deve principalmente à falta de áreas encharcadas que é mais frequente na cabeceira, e essencial ao desenvolvimento desse tipo de vegetação.

Figura 9 – Mapa de caracterização fisiográfica da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



5 ANÁLISE MORFOMÉTRICA COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL INTEGRADO

A água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência humana e o desenvolvimento da sociedade. A conservação de áreas de produção e armazenamento de água se torna primordial, uma vez que este recurso natural está cada vez mais escasso. Nesse sentido, o planejamento em áreas de bacias hidrográficas é fundamental para a preservação dos recursos hídricos (NARDINI et al., 2013).

Segundo Teodoro et al. (2007), a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais executados em análises ambientais, e tem como objetivo elucidar várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional.

A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica consiste na caracterização de parâmetros fisiográficos, que são indicadores físicos da bacia. Esta caracterização tem grande aplicação como indicadores para previsão do grau de vulnerabilidade da bacia a fenômenos como enchentes, desmatamentos, poluição, inundações e erodibilidade (CARDOSO et al., 2006).

Quanto à temática do planejamento ambiental, um leque de inúmeras formas de estudos, sob os mais diferentes níveis de abordagem, pode ser vislumbrado. Uma dessas formas constitui certo tipo de análise que pode ser enunciada por meio do estudo das bacias hidrográficas, enquanto células de planejamento ambiental (ALBUQUERQUE, 2012)

Segundo Soares et al. (2016) as avaliações morfométricas podem ter diferentes aplicações para o gerenciamento de bacias hidrográficas, tais como: prever o comportamento hidrológico, identificar alterações ambientais, auxiliar o zoneamento territorial, gerar bases para manejo integrado, priorizar áreas de intervenção e subsidiar o processo de gestão.

A microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento está ao norte do município de Boa Vista, estado de Roraima, sendo um tributário do rio Branco. Da sua desembocadura até a capital Boa Vista, são 13 km em linha reta, onde se observa a proximidade com a área urbana e os problemas futuros de urbanização que isso poderá causar a área do igarapé. Constitui-se de uma vegetação típica local, o lavrado, que domina em toda a área da microbacia. O lavrado é formado por árvores

de pequeno porte, com caules retorcidos e o solo é coberto por gramíneas ralas. Ao longo do curso de água, encontram-se as matas de galarias ou ciliares. Nas áreas encharcadas predominam os buritizais (*Mauritia flexuosa*).

As matas ciliares são áreas protegidas, definidas como Área de Preservação Permanente – APP, segundo o Código Florestal (BRASIL, 2012), presentes em torno das redes de drenagem, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Para conhecer os ciclos hidrológicos de uma bacia, é necessário o conhecimento das características físicas e biológicas, pois estas exercem influência na infiltração, no deflúvio, na evapotranspiração e nos escoamentos superficial e sub superficial. As características geomorfológicas, como forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem e o solo, bem como o tipo da cobertura vegetal influenciam na produção de água de escoamento, de infiltração, de evaporação e conseqüentemente sobre a taxa de sedimentação, assim como no caráter e extensão dos seus canais, sobre a disponibilidade de sedimentos e a taxa de formação de deflúvio. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia também é afetado pelas ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio rural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico (BARRETO e OLIVEIRA, 2017).

Entender as inter-relações existentes envolvidas nos processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica depende da expressão da dinâmica da água e de uso da terra em termos qualitativos e quantitativos, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES e CASTRO, 2003).

Tonello et al. (2006) mencionam que a quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para o planejamento dos recursos hídricos quando todas as características de forma, processos e inter-relações existentes são expressas de forma quantitativa; e os índices são tratados de maneira conjunta.

Bacias hidrográficas são definidas como áreas nas quais a água escoar para um único ponto de saída, conhecido como seção de controle. Todos os corpos d'água que nascem nas cabeceiras de uma bacia fluem para a seção de controle, também conhecida como exutório. Portanto, consiste em uma área na qual ocorre uma captação da água proveniente da atmosfera e que é convertida em escoamento, a partir de limites geográficos, conhecidos como divisores de água, e direcionamento

do fluxo para a seção de controle. O termo bacia hidrográfica faz referência a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água (SOUSA e OLIVEIRA, 2017).

A bacia hidrográfica do igarapé apresenta uma área de 271,79 km² e perímetro de 108,65 km, considerada de média a grande dimensão e podendo ser classificada como uma sub-bacia do rio Branco, principal rio do Estado de Roraima. Segundo Faustino (1996 apud TEODORO et al., 2007) as sub-bacias são definidas por unidades de medidas, os quais as áreas possuem entre 100 a 700 km².

A bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento apresenta uma hierarquia de 3^o ordem (Figura 10), (Tabela 3 e 4), segundo a classificação proposta por Strahler (1952 apud Christofolletti, 1980), indicando ser pouco ramificada. O total é de 36 canais, dos quais 75,00% são de primeira ordem, 22,23% de segunda ordem e 2,77% de terceira ordem. Os canais de 1^o ordem são a maior parte dos canais, com comprimento médio de 3,26 km, indicando grande área de captação com baixa declividade e grande extensão a ser percorrida pela água até os canais de ordens superiores.

A classificação e denominação da bacia de estudo é a apresentada por Calil et al. (2012) e Teodoro et al. (2007), onde microbacia é formada por canais de 1^a, 2^a e até 3^a ordem, então sendo a bacia do Igarapé Água Boa do Bom Intento classificada como uma microbacia. Tonello et al. (2006) também corrobora com essa definição, onde sistemas de drenagem que apresentam ordenamento inferior a ou igual a quatro são comuns em pequenas bacias hidrográficas.

Figura 10 – Mapa das ordens dos canais da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR

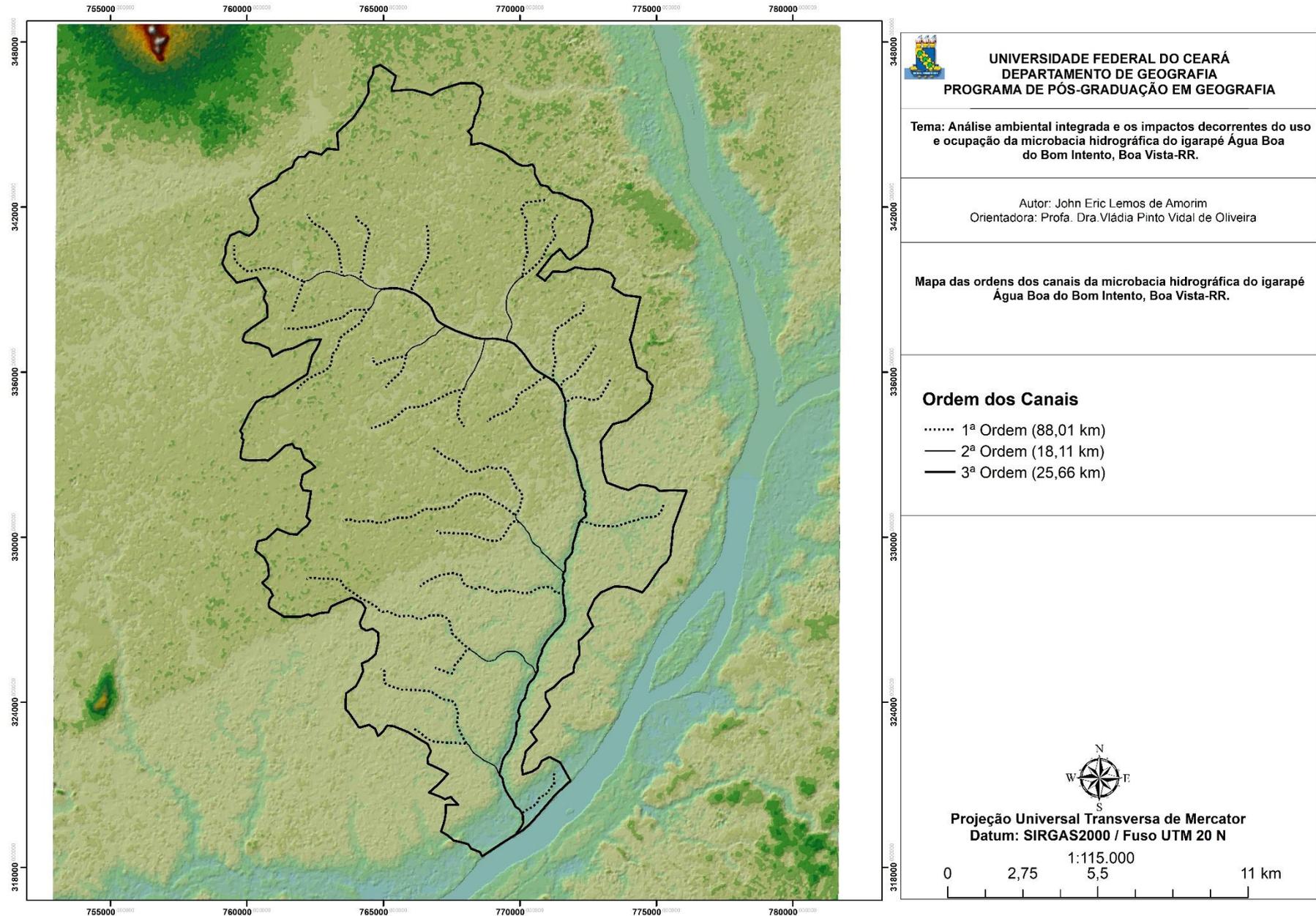


Tabela 3 – Parâmetros morfométricos da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

	Característica Morfométricas	Unid	Nº
Características geométricas	Área da microbacia	Km ²	271,79
	Perímetro da microbacia	Km	108,65
	Padrão de drenagem	-	Dendrítica
	Canais de 1ª ordem	-	27
	Comprimento do eixo da bacia (Ceb)	Km	29,01
	Coefficiente de compacidade (Kc)	-	1,84
	Fator de forma (Ff)	-	0,32
	Índice de circularidade (Ic)	-	0,28
Características de relevo	Altitude máxima da bacia	m	89,99
	Altitude média da bacia	m	75,08
	Altitude mínima da bacia	m	60,17
	Altitude máxima do canal – nascente	m	84,08
	Altitude mínima do canal – foz	m	63,05
	Amplitude altimétrica máxima (Hm)	m	26,94
	Índice de rugosidade (Ir)	-	0,01
	Gradiente dos canais (Gc)	m/km	2,79
	Relação de relevo (Rr)	m/km	0,92
Características da rede de drenagem	Comprimento do canal principal (Ccp)	Km	32,17
	Comprimento total dos canais (Ctc)	Km	131,78
	Comprimento vetorial do canal principal	Km	23,66
	Densidade de drenagem (Dd)	Km/km ²	0,48
	Coefficiente de manutenção (Cm)	m ²	2080,00
	Densidade hidrográfica (Dh)	Canais/km ²	0,10
	Índice de sinuosidade (Is)	-	1,11
	Índice de sinuosidade (Is) Pissara, 2004)	%	9,82
	Ordem da drenagem	-	3ª

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 4 – Hierarquia fluvial, porcentagem, relação de bifurcação e relação entre o número e extensão dos canais em cada ordem da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista, RR.

Ordem	Número de canais				Relação de bifurcação	Extensão dos canais (Km)	Comprimento médio dos canais (km)
	D	E	T	%			
1ª	16	11	27	75,00	-	88,01	3,26
2ª	06	02	08	22,23	3,37	18,11	2,26
3ª			01	2,77	8,00	25,66	25,66
Total	22	13	36	100,00		131,78	

Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo de microbacias melhora a compreensão, com maior detalhe, das relações existentes entre os componentes ambientais e as atividades antrópicas, gerando bases para identificar cenários de risco e subsidiar a formulação de políticas públicas.

O comprimento do canal principal é de 32,17 km (nascente a foz) com uma rede de drenagem total de 131,78 km.

O clima da região da microbacia do igarapé Água Boa do Intento é bem definido, possui duas estações (seca e úmida). A estação da seca é presente nos meses de outubro a maio, com precipitação média de 51,77 mm e período de chuvas que vai dos meses de abril a setembro, com precipitação média de 238,20 mm. Na estação de seca há uma redução significativa da contribuição das nascentes, uma vez que há menor número de igarapés tributários neste período, o que ocasiona grandes diferenças sazonais das vazões resultantes.

Os canais fluviais de primeira ordem são intermitentes, sofrendo paralização do seu fluxo ou se apresentam totalmente secos nos períodos de estiagem vigorosas, indicando a necessidade de manutenção e implementação de ações de proteção ambiental das áreas ao redor das nascentes, para que as mesmas não sofram alterações hidrológicas provocadas por ações antrópicas, uma vez, que as redes fluviais de drenagem são de baixa hierarquia fluvial. Dentre os seus afluentes, somente um conhecido como igarapé Brasileirinho é perene, de segunda ordem, e está presente na margem direita, compreendendo o médio curso do igarapé Água Boa do Bom Intento e drena grande parte da área central (lavrado) da microbacia do igarapé. Os demais canais de primeira e segunda ordem que pertencem a microbacia, tem seus fluxos interrompidos no período de estiagem.

O conhecimento das hierarquias fluviais é de extrema importância, pois é necessária para o planejamento de ações efetivas para o manejo integrado da bacia hidrográfica, pois as bacias de ordem superior são formadas pelo conjunto de contribuintes de ordem hierárquica inferior, assim medidas de manejo devem ser iniciadas nas bacias hidrográficas destes últimos.

Segundo Ferrari et al. (2013), o padrão de drenagem diz respeito ao arranjo dos cursos d'água sendo influenciado pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela geomorfologia da região e pelas diferenças de declive; podendo os padrões serem: dendrítico, em treliça, retangular, paralelo, radial ou anelar.

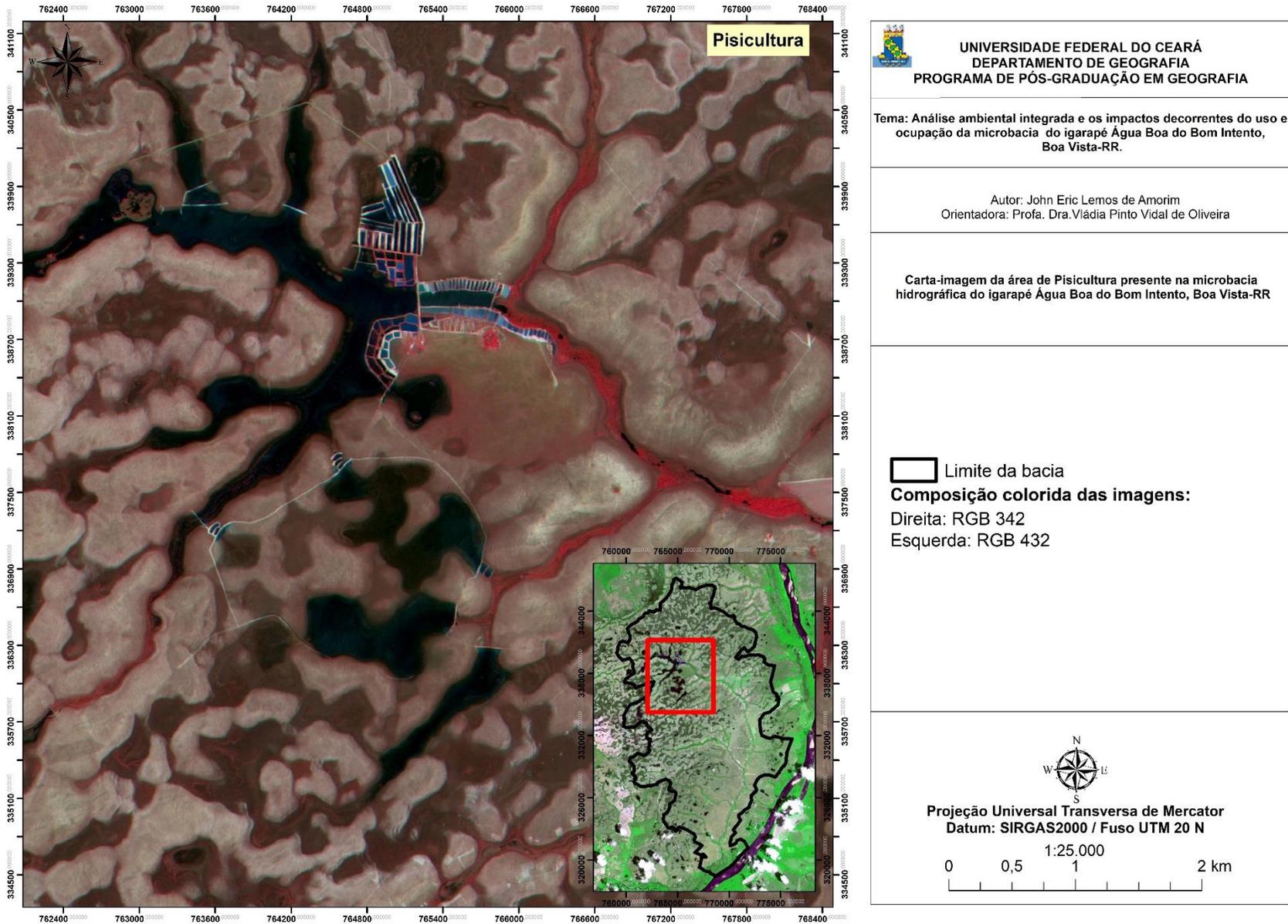
O sistema de drenagem da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento é do tipo dendrítico ou arborescente de acordo com a classificação de Christofolletti (1979), sendo o canal de 3ª ordem, de acordo com a classificação de Strahler (1957 apud Christofolletti, 1980).

A microbacia hidrográfica em estudo possui uma barragem na sua cabeceira (próximo a nascente), desde os anos de 1970, que ao longo dos anos foi ampliada e está sendo utilizada para abastecer tanques de criação de peixes. Essa barragem, juntamente com os tanques, inundam a montante da barragem uma área de aproximadamente 256,60 hectares. O proprietário desta área não permitiu a entrada para a coleta de dados sobre o igarapé Água Boa do Bom Intento. Como as áreas a jusante da barragem foram loteadas e ocupadas a partir dos anos de 1996, não foi possível obter relatos dos moradores a respeito de alteração do fluxo hídrico após a construção da barragem, ou outra informação sobre o regime hídrico como picos de cheia e seca, inundações, enchentes, alteração da vegetação e biota. Os moradores não relatam qualquer tipo de interferência da barragem e alguns desconhecem a existência da mesma (Figura 11).

O coeficiente de compacidade (K_c) é um coeficiente adimensional que varia de acordo com a forma da bacia, independente do seu tamanho. Quanto mais irregular ($K_c > 1$) for a forma da bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente menor ou igual a 1 ($K_c \leq 1$), corresponderia a uma bacia circular. Quanto mais próximo da unidade maior a possibilidade de uma bacia ser susceptível a enchentes. O coeficiente de compacidade da bacia em estudo é de 1,84, sendo considerada esta bacia como alongada e menos sujeitas a eventos de enchentes, em condições normais de precipitação. O formato geométrico (fator de forma e o índice de circularidade) da bacia é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o formato alongado da bacia denota menor possibilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda sua extensão. Dessa forma, menor a probabilidade de uma grande quantidade de água vinda de diferentes tributários contribuir simultaneamente à calha principal, reduzindo o risco de extravasamento da água no canal.

De acordo com Santos et al., (2017), o coeficiente de compacidade maiores de 1,50 classifica a microbacia como não sujeita a grandes enchentes em condições normais de precipitação.

Figura 11 – Carta imagem da área de piscicultura presente na cabeceira do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Franco e Santo (2015) citam que os fatores naturais que contribuem para o desenvolvimento ou intensificação das inundações estão àqueles relacionados com a topografia da bacia de drenagem, como o gradiente da encosta, o tipo de rede fluvial, o tamanho e forma da bacia, regime pluviométrico, além da geologia local, tipos de solos e cobertura vegetal. Os fatores de origem antrópica se caracterizam por intervenções diretas ou indiretas da atividade humana sobre a bacia hidrográfica, caracterizando-se por modificações na rede de drenagem, no uso e ocupação de áreas marginais aos rios e alterações da dinâmica sedimentar da bacia. De certo modo enchentes e inundações são palavras sinônimas, porém em trabalho realizado por Franco e Santo (2015) na sub-bacia do rio Luís Alves-SC, relacionou a palavra inundações como alterações causadas por condições naturais e enchentes relacionadas a alterações antrópicas, ou seja, causadas pelo homem.

Soares et al. (2016) encontrou valores elevados na grande maioria das sub-bacias de estudo, com índices superiores a 1,5 de coeficiente de compacidade, indicando que são menos propensas a eventos de enchentes. Barreto e Oliveira (2017) encontraram Kc de 1,70 na bacia do Urupuca-MG, classificando a bacia como de forma alongada e pouco susceptível a enchentes.

Coutinho et al. (2011) encontraram coeficiente de compacidade igual a 1,75; na bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo-MG, o qual refleti tendência a não ocorrência de grandes enchentes e valores de fator de forma igual a 0,33 indicando tendência a não ocorrência de grandes enchentes.

De acordo com o Fator de forma (Ff) a microbacia apresentou um valor de 0,32 ou seja, próximo de 0, sendo assim, pode-se classificá-la como uma rede de drenagem com tendência a ser alongada. Valores próximos a 1,0, indicam bacias circulares. A forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia (NARDINI et al., 2013). Segundo Cardoso et al. (2006) quanto menor o fator de forma, menos sujeitas a enchentes estão a bacias em condições normais de precipitação.

Santos et al. (2012) encontrou Fator de forma (Ff) de 0,27 e 0,29 para a sub-bacia Perdizes e Fojo respectivamente, no município de Campo de Jordão –SP como bacias alongadas e pouco susceptíveis a enchentes.

Outro fator que reforça que a bacia é menos sujeita a enchentes é o índice de circularidade (Ic), uma vez que índices próximos de 1, tende a forma circular e quanto menor a medida, mais próxima de se tornar alongada. O índice de circularidade

encontrado foi de 0,28, caracterizando-se assim a bacia como alongada/retangular, possuindo menor concentração de deflúvio.

É importante salientar que além desses índices, outros fatores podem estar relacionados às enchentes, como a cobertura vegetal, a duração das chuvas e a permeabilidade dos solos.

Nos períodos de chuvas intensas, presentes nos meses de maio a setembro, ocorrem cheias constantes e picos de inundações quando da ocorrência de chuvas que apresentam as características de baixa intensidade, longa duração e cobrir grandes áreas. Nos períodos de chuvas intensas, a precipitação média é de 330 mm/mês, aumentando o volume das águas do igarapé, podendo atingir em média 5 metros acima do nível em períodos de seca, causando inundações que invadem as margens da planície fluvial em até 200 metros do seu leito normal, com maior frequência de inundação nos 2/3 final do igarapé, devido sofrer influência das cheias do rio Branco. O formato da bacia alongada, mesmo com capacidade grande de escoamento, sofre a influência das fortes chuvas amazônicas que atingem grandes áreas. O relevo plano de entorno da bacia auxilia no avanço das águas.

Com o mapeamento das áreas propensas a inundações (planície de inundação) é possível a orientação quanto ao planejamento territorial e ambiental, contraindicando o estabelecimento destes espaços com construções de residências, benfeitorias rurais e plantações (Figura 12).

O Gradiente dos canais refere-se ao declive de cursos de cursos d'água, medidos em metros de desnível por quilômetro de extensão de curso. O gradiente de canal influi nos processos de aporte/deposição de sedimentos e na natureza dos sedimentos (seixos, areia, silte e argila) transportados e ou depositados (FERNANDES, 2014).

Considera-se importante ressaltar que o relevo exerce influência no perfil do solo, nas relações de precipitação e deflúvio devido à velocidade do escoamento superficial, nas taxas de infiltração e caracteriza áreas de preservação (COUTINHO et al., 2011).

O gradiente dos canais é de 2,79%, classificando o relevo como “plano” de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da Embrapa (1999). O igarapé apresenta calhas rasas, de leito arenoso e de pouca turbulência de fluxo. Estas alterações refletem em alternância de processos de transporte e deposição de sedimentos.

Segundo Coutinho et al. (2011) a ausência de cobertura vegetal, o tipo de solo, intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultando em enchentes mais pronunciadas, causando degradação a bacia.

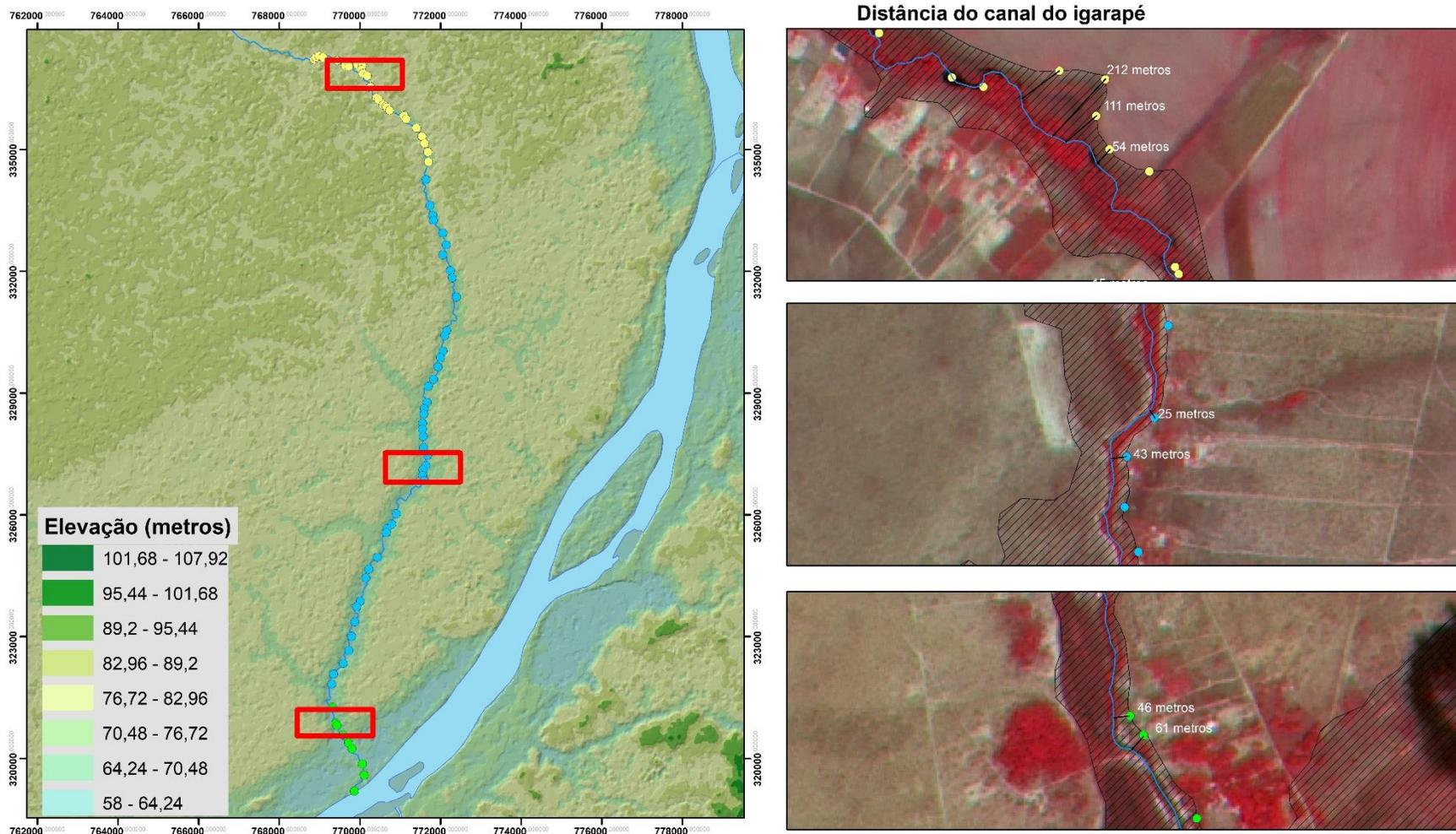
O conhecimento da declividade numa bacia hidrográfica é de fundamental importância não apenas para com o cumprimento da legislação ambiental, mas também como forma de racionalizar o manejo e a gestão dos recursos hídricos (TONELLO et al., 2006).

Nardini et al. (2013) encontraram declividade média de 15,4%, classificando o relevo como “forte ondulado” de acordo com as classes de declividades e tipos de relevo (EMBRAPA, 1999).

Em termos de características de relevo, a microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento apresenta altitude máxima do ponto mais alto do divisor topográfico de 89,99 metros de altura e altitude na foz de 63,05 metros de altura ao nível do mar, sendo a Amplitude altimétrica (Hm) da bacia de 26,94 metros, indicando um relevo plano a suave ondulado, o que influencia em uma maior radiação, maior evapotranspiração e maior temperatura, menores velocidades de escoamento superficial sobre os terrenos, resultando em uma rede de drenagem pouco ramificada, de pequeno comprimento e de menor ordem.

Segundo Barbosa et al. (2005), a altitude na região de Formação Boa Vista, onde está a microbacia do igarapé, é de 80 a 100 metros. Quanto menor as altitudes mais altas são as temperaturas e maior quantidade de energia é absorvida e utilizada para a evaporar a água. A microbacia de estudo apresenta orientação Norte-Sul, localizada no hemisfério Norte e próxima da linha do Equador, o qual proporciona maior quantidade de calor e maiores taxas de evapotranspiração. O relevo plano presente na microbacia proporciona maior exposição a luz solar do que bacias que estão presentes em relevo acidentado.

Figura 12 – Mapa com as cotas de alagamento presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Legenda

Trecho

- alto trecho
- médio trecho
- baixo trecho

área de inundação interpretada



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Tema: Análise ambiental integrada e os impactos decorrentes do uso e ocupação da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

Autor: John Eric Lemos de Amorim
 Orientadora: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira

Mapa com as cotas de alagamento presentes na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR



Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum: SIRGAS2000 / Fuso UTM 20 N

1:90.000



A relação de relevo permite comparar a altimetria das regiões, demonstrando que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, maior será o escoamento superficial direto da água das chuvas, o que reflete numa menor relação infiltração deflúvio, provocando erosão (STRAHLER, 1957 apud NARDINI, 2013).

Como observado a extensão do canal principal predomina entre 80 m e 100 m, caracterizando terreno suave e aplainado, o que pode ser indicativo de escoamento lento, podendo ser a geologia um fator de forte influência devido ao relevo de característica deposicionais.

Pelo valor encontrado de 0,92 m/m em Relação de relevo (Rr), verifica-se que, a microbacia em estudo, apresenta menor escoamento superficial de suas águas, devido o relevo mais plano e pouco susceptível a enchentes em condições normais de precipitação.

Soares et al. (2016) ressaltam que para a indicação mais precisa da probabilidade de ocorrências de enchentes em bacias hidrográficas, sugere-se a análise conjunta de outros indicadores, como o índice de circularidade (Ic), e coeficiente de compacidade (Kc), além do gradiente topográfico, tipologia de solos, padrões de uso e ocupação do solo e regime das precipitações pluviométricas.

A relação de relevo por curso demonstra que o alto e o baixo curso do igarapé apresentam um valor de 5,66 e 7,47 m/m respectivamente caracterizando que existe um escoamento de suas águas mais pronunciado nesses dois cursos e mais suave no médio curso do igarapé, que apresenta relação de relevo de 0,71 m/m. O médio curso tem maior tendência a acumulação de sedimentos e a enchentes, porém devido o baixo curso sofrer barragem das águas do rio Branco, é o local de maior acúmulo de sedimentos e o mais susceptível a enchentes, uma vez que o volume de águas da bacia do rio Branco predomina sobre o igarapé Água Boa do Bom Intento.

O alto curso, denominado de cabeceira ou nascente, caracteriza-se por apresentar canais em ambos os lados da microbacia, em solos planos, com lagos profundos e interligados, com energia de fluxo e capacidade de transporte de sedimentos mais pronunciado que no médio curso que se caracteriza por possuir um canal de segunda ordem perene, conhecido como igarapé Brasileirinho e menor capacidade de escoamento, devido apresentar declividade suave quando comparado com o alto e baixo curso.

O baixo curso possui a maior relação de declividade, porém sobre barramento das águas do rio Branco (foz) apresentando grande volume de sedimentos acumulados em seu leito. Sofre influência das águas do rio Branco devido principalmente, possuir grande parte do seu curso, dentro da área de preservação permanente – APP do rio Branco.

O relevo plano no entorno da microbacia, forma lagoas temporárias que no período de chuvas intensas, acumulam e geram maiores condições de infiltração auxiliando na recarga do subsolo, que auxiliará na manutenção hídrica do igarapé ao longo dos períodos de estiagem. Desta forma, o tipo de uso e a cobertura do solo podem influenciar na capacidade de produção de água, da sua qualidade e do seu regime sazonal e, ou a intermitência dos seus canais.

O relevo plano proporciona, juntamente com o tipo de vegetação e clima bem definido, áreas na microbacia, propícias a atividade agrícola, porém demanda práticas de manejo e uso da terra de maneira cuidadosa, uma vez que os efeitos do uso da terra poderão refletir diretamente sobre a qualidade ambiental dos recursos hídricos, principalmente sobre os canais de 1ª ordem.

A cobertura vegetal na área da microbacia é predominantemente composta por gramíneas, (cerrado) e por uma fina mata ciliar no entorno do igarapé, que pode estar ausente em pequenos cursos. A remoção da vegetação, associada ao relevo e concentração de chuvas, são fatores que causam grande fragilidade ao ambiente natural, principalmente a processos erosivos que podem ser propagados a outras áreas adjacentes, principalmente nas margens do igarapé. Assim, a declividade e a cobertura vegetal tornam-se fatores importantes na tomada de decisão de um manejo adequado da microbacia hidrográfica, visto que sofrem influência da precipitação efetiva, do escoamento superficial e do fluxo de água no solo.

Considerando que os solos da microbacia são classificados como Argissolo acizentado e Latossolos amarelos, ambos possuem elevada capacidade de desagregação devido a elevada erodibilidade e forte limitação a trafegabilidade, é indicado o cuidado do uso desses solos principalmente quando a retirada da cobertura vegetal, especialmente para a urbanização e agricultura.

Em trabalhos realizados por Vale Júnior et al. (2009) nos cerrados de Roraima, os Latossolos e Argissolos apresentam boa infiltração de água no solo e o relevo predominantemente planos, sugerem baixas perdas por erosão. Estes solos apresentam cerca de 10% de argila e uma média de 80% de areia, caracterizando

solos altamente permeáveis. Apesar desta classificação, os processos erosivos dos solos nestas áreas, podem ser intensos, acelerados se os plantios forem morro abaixo, portanto, recomenda-se o plantio em curva de nível, evitando-se longas rampas e mantendo a vegetação natural nas cabeceiras de erosão.

As redes de drenagem das ramificações de 1ª e 2ª ordem apresentam um padrão paralelo ao igarapé principal, presentes em Argissolos Acinzentados em relevos planos a suavemente ondulados. Nos Latossolos Amarelos há menor presença de canais de dissecação do relevo, predominando os de 2ª ordem.

Nos Latossolos, o intemperismo é mais avançado, sendo a superfície desenvolvida sob condição de maior permeabilidade, manifestando-se, portanto, uma drenagem menos dissecada nas partes mais baixas da microbacia hidrográfica.

Na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento o relevo é de tipologias plano a suave-ondulado com rampas longas e solos profundos com alta capacidade de retenção de água no subsolo. Essa acumulação é favorecida pela intensa precipitação que excede a evapotranspiração, favorecendo a formação de lagoas em todo o perímetro da microbacia, que garante a lenta infiltração e abastecimento dos aquíferos responsáveis pelas distribuições e recargas das nascentes e cursos d'água nos períodos de poucas chuvas.

Segundo Soares et al. (2016), a compreensão e identificação dos gradientes de declividade na bacia hidrográfica é fundamental no processo de planejamento ambiental, pois subsidia o entendimento da interação entre os eventos de precipitação e de deflúvio, a delimitação das áreas de preservação permanente, do potencial erosivo e de uso do solo. A tomada de decisão quanto ao manejo correto do solo deve ser avaliada em relação ao tipo de vegetação, ao relevo e a precipitação, uma vez que poderá causar impacto na qualidade da água da bacia, causado principalmente pelo escoamento superficial e no fluxo de água no solo. Um solo mal manejado, desprovido de vegetação e com declividade, ampliam-se as possibilidades de processos erosivo e conseqüentemente degradação da bacia hidrográfica.

Vale Júnior e Souza (2005) relatam que os solos dos lavrados Roraimenses apresentam um horizonte coeso entre o horizonte A e B, que torna estes solos bastante endurecidos quando secos e, durante o período chuvoso, a velocidade de infiltração de água é bem reduzida, criando um gradiente de infiltração que os tornam muito susceptíveis a erosão, principalmente do tipo laminar. Assim, a vegetação é de suma importância no processo de proteção do solo, principalmente em solos com

características físicas presente na bacia, pois exerce papel fundamental na redução da erosão superficial e auxiliando na infiltração da água.

O índice de rugosidade (I_r) apresentou coeficiente baixo, com 0,01 o qual pode confirmar o reflexo da amplitude altimétrica e densidade de drenagem, indicando vertentes de baixa declividade e de pouca extensão.

O índice de sinuosidade (I_s) de 1,11, caracteriza redes de drenagem retilíneas, onde a o arraste de sedimentos está em constante movimento, com poucos pontos de acumulação, podendo ser agravado pela ação antrópica. Segundo Freitas (1952 apud SANTOS et al., 2012), valores de I_s próximos a unidade indicam canais retilíneos, valores de I_s superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais. A sinuosidade refere-se ao trajeto em curvas (meandros) dos cursos d'água mais desenvolvidos, enquanto os cursos d'água juvenis apresentam trajetos mais retilíneos (FERNANDES, 2014). O índice de sinuosidade mostra também que o canal do igarapé favorece um maior transporte de sedimentos e tem pouca capacidade de retenção de água em sua calha, reduzindo o pico de cheia na microbacia, principalmente quando os períodos de chuvas diminuem, o qual se inicia em outubro.

Esses dados acima são confirmados também pelo índice de sinuosidade descrito por Pissara (2004 apud LIRA, NASCIMENTO e ALMEIDA, 2012), qual o valor foi de 9,82% se enquadrando como muito reto, ou seja, o curso do canal de água do igarapé é muito retilíneo.

Diferentemente dos igarapés amazônicos localizados em áreas de floresta, existem poucos meandros em forma de lagos, que durante as cheias se interligam com o igarapé. Souza e Oliveira (2017) caracteriza o rio Juruá-AC por apresentarem meandros, muitos dos quais abandonados, em forma de lagos, que se apresentam desde parciais a totalmente colmatados.

Santos e Moraes (2012) enquadraram os canais de drenagem da bacia hidrográfica do rio Verde-TO, como meandros de baixa sinuosidade, com valor de I_s igual a 1,3. Soares et al. (2016) encontraram índices de sinuosidade (I_s), nas sub-bacias do rio Itapecuru, Estado do Maranhão, canais de formas transicionais entre as tipologias retilíneas com I_s de 1,33 a 1,37 e canais que possuem maior tendência sinuosa com I_s de 1,75 a 1,66. Abud et al. (2015) encontraram altos índices de sinuosidade nas sub-bacias dos rios Xapuri e Xipamanu, no estado do Acre, com I_s entre 1,66 a 2,87 caracterizando rios com média a alta sinuosidade.

Sistemas de drenagem com canais de tendência retilínea tendem a apresentar fluxo de água mais rápido (NARDINI et al., 2013) e maior transporte de sedimentos. Na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, apesar da tendência retilínea dos canais de drenagem, a velocidade do escoamento e seu potencial erosivo são atenuados devido à baixa declividade, porém os tipos de solos apresentados na área da bacia, contribuem para a possibilidade do desencadeamento de processos erosivos.

A densidade da drenagem (Dd) tem várias atuações na dinâmica de uma bacia hidrográfica, pois resulta da inter-relação entre o clima, a vegetação e a sua litologia (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A densidade de drenagem (Dd) é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, sinalizando claramente o direcionamento para o planejamento e manejo das bacias hidrográficas (ANDRADE et al., 2008). O cálculo da densidade de drenagem considerou toda a rede de drenagem, correlacionando-a com a área total da bacia. Na microbacia em estudo, os valores de densidade de drenagem são de 0,48 km de canais/km². De acordo com Villela e Mattos (1975 apud TEODORO et al., 2007) considera que valores menores que 0,5 km/km² são bacias que apresentam baixa densidade de drenagem, indicando que na microbacia de estudo, possui baixa capacidade de escoamento superficial e maior infiltração (permeabilidade), devido provavelmente, ao relevo plano da área. Segundo Cardoso et al. (2006), a Dd indica a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, sendo assim, o índice indica o grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. O estudo da densidade de drenagem por curso confirma esta tendência de baixa capacidade de drenagem, sendo os valores para alto, médio e baixo curso 0,45, 0,41 e 0,48 km/km² respectivamente.

Andrade et al. (2008) encontraram Dd de 0,46 km/km², na bacia hidrográfica do rio Manso-MT caracterizando que a bacia possui baixa capacidade de drenagem. Já Alves e Castro (2003) encontraram Dd de 4,92 km/km² o qual caracteriza grande capacidade de escoamento superficial associado à intensa dissecação.

Os valores da densidade de drenagem ajudam no planejamento do manejo da bacia hidrográfica, auxiliando na determinação dos tipos de usos para essas áreas. Segundo Fernandes (2014) quanto maior a densidade de drenagem de uma

determinada área, mais acidentada é a respectiva área, o que difere da área estudada. O sistema de drenagem, de acordo com Strahler é de ramificação de 3ª ordem, que significa pouca ramificação e apresentando maiores distancias entre os cursos d'água.

A rede de drenagem é extremamente importante para caracterização e manejo das bacias hidrográficas, determinando suas características de escoamento superficial e o potencial de produção e transporte de sedimentos. Observa-se que estas propriedades hidrológicas são de grande importância para o manejo da bacia, especialmente no contexto ambiental e são diretamente influenciadas pelas características da rede de drenagem (SOUSA e OLIVEIRA, 2017).

As bacias que apresentam baixa densidade de drenagem (Dd) possuem menor capacidade de escoamento das águas de precipitações, porém, isto potencializa as infiltrações das águas subterrâneas, ampliando a recarga do lençol freático e reduzindo os efeitos dos picos de vazão. A necessidade de uso do solo e a ocupação devem ser feitas de forma ordenada, para garantir a devida infiltração de água subterrânea, reduzindo, assim, os riscos de inundações pelo extravasamento dos canais fluviais e de escassez nos períodos de estiagem.

O processo de ocupação no entorno do igarapé é característico de pequenas propriedades, ocupando os canais de terceira e segunda ordem, ficando as áreas de primeira ordem nas grandes propriedades. A morfometria de bacias hidrográficas é uma metodologia útil por caracterizar matematicamente aspectos geométricos das bacias, que por sua vez, possuem implicações sobre a hidrologia das bacias. Assim, pela morfometria é possível identificar determinadas tendências de comportamentos hidrológicos, sendo especialmente útil para aquelas áreas onde há escassez deste tipo de dados (Figura 13)

Nessas condições de ocupação dos canais, o mais agravante são as propriedades no entorno do canal principal, devido ao grande número de pequenas propriedades que, ocupando a margem, desrespeitam as áreas de inundação naturais e as áreas de preservação permanente, com a construção de benfeitorias (casas, poços, galpões, fossas sépticas, galinheiros, etc) e pequenas plantações, podendo acarretar em maiores possibilidades de poluição hídrica.

Quanto as grandes propriedades que englobam os canais primários, onde se plantam culturas anuais como a soja, milho e sorgo, as nascentes apresentam solos com características hidromórficos, ácidos que dificultam o cultivo agrícola, sendo estas áreas descartadas pelos produtores, porem devido à proximidades aos canais,

o uso de agrotóxicos e adubos químicos possam comprometer a qualidade da água. Sobre a pecuária extensiva os produtores não têm interesse de proteger as nascentes da ação direta do gado nessas áreas, e que por enquanto, devido à baixa tecnologia de produção pecuária, a lotação animal/campo é muito baixa, mas que não redime ações de proteção.

Ao longo do curso da drenagem do Água Boa do Bom Intento, há a presença de sedimentos em seu leito de areia quartzosa, proveniente principalmente do arrasto superficial decorrente de processo fluvial, em área que sofreram retirada de vegetação superficial, causando erosão superficial, ou até mesmo voçorocas. Em períodos de chuvas, o arraste de sedimentos torna a água turva, que após o fim das chuvas, os sedimentos mais finos em suspensão são arrastados a foz, permanecendo as areias em seu leito, que sofrem movimentações a cada período de cheias. O igarapé apresenta águas rasas, mornas e ácidas, de pouca condutividade elétrica e baixo teor de material em suspensão.

Dessa forma, a densidade de drenagem (Dd), adquire importância como instrumento de análise da paisagem, sobretudo para identificação de possíveis focos de susceptibilidade geomorfológica (SILVA et al., 2009).

A densidade hidrográfica (Dh) indica a média da quantidade de canais por quilometro quadrado de uma bacia, demonstrando sua capacidade hídrica e competência na formação de novos canais fluviais (SANTOS; MORAIS, 2012). A densidade hidrográfica é de 0,10 canal/km², índice considerado muito baixo, ou seja, um valor bem abaixo de 1 canal/km². Em trabalhos realizados por Teodoro et al. (2007) onde a densidade hidrográfica foi 0,95 canal/km² e por Stipp, Campos e Caviglione. (2010) com valores de 0,73 canal/km², foram ambos considerados baixos, caracterizando que na microbacia em estudo, os canais estão em processo de formação e expansão. O baixo índice de canais informa que grande parte das gotas de chuva que cai na superfície do solo da bacia, tem dificuldade de encontrar um canal e escoar.

A densidade hidrográfica por curso demonstrou que os valores são baixos, sendo seus valores 0,35, 0,20 e 0,43 canal/km² respectivamente, confirmando que a microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento apresenta baixa densidade de canais (Figura 14).

Figura 13 – Carta imagem demonstrando a disposição dos lotes em uma área da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

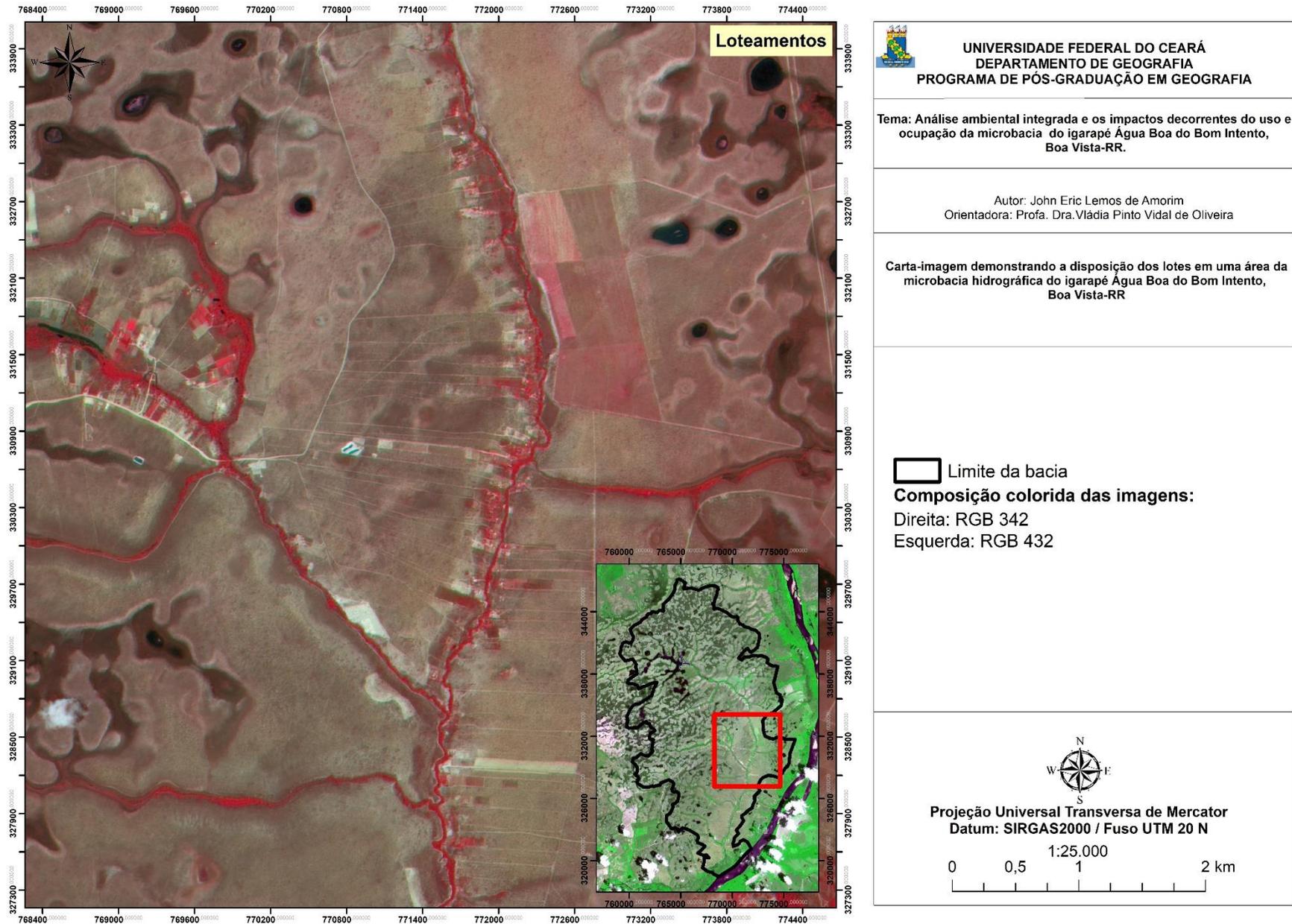
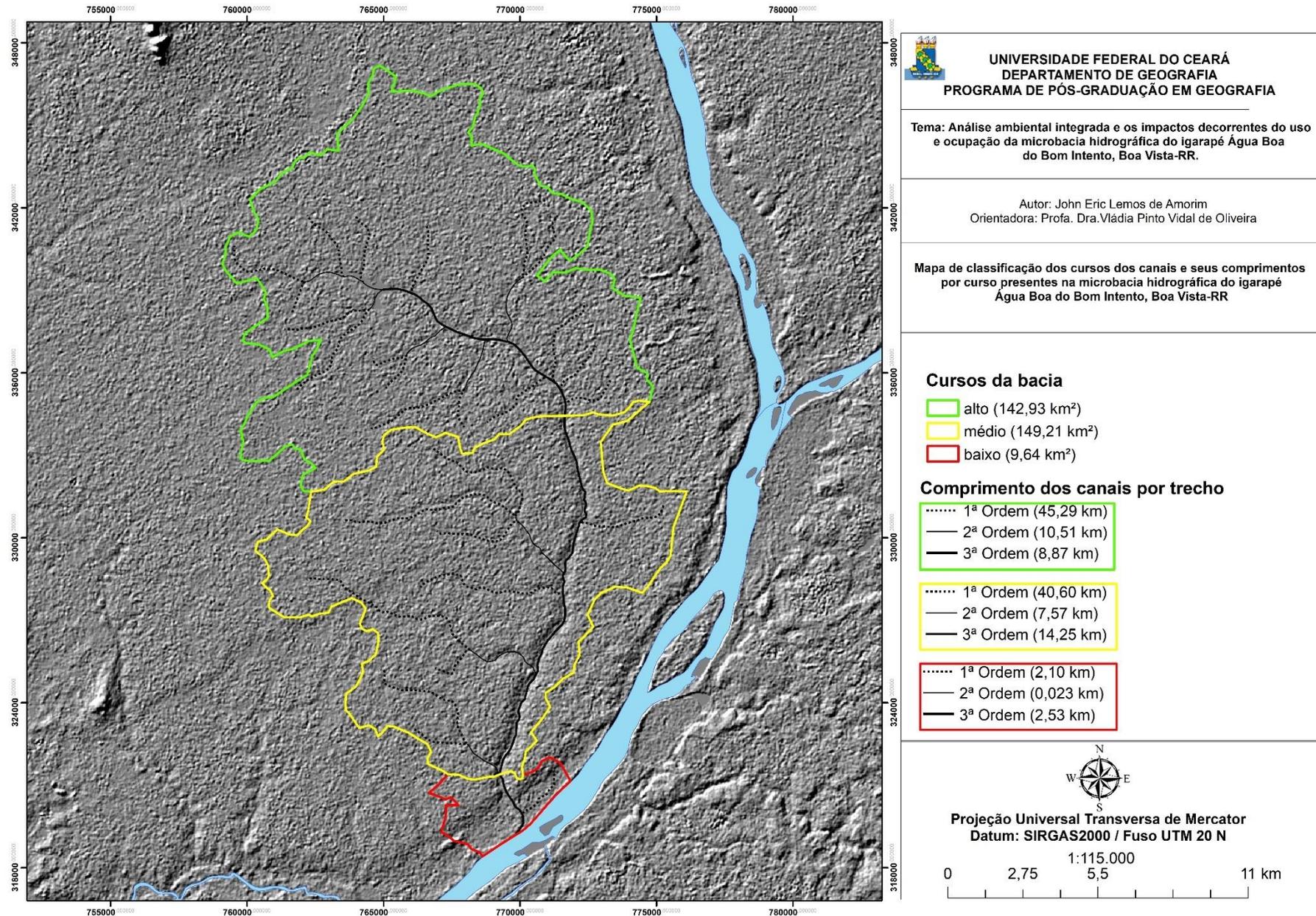


Figura 14 – Mapa de classificação dos cursos dos canais e seus comprimentos por curso presentes na microbacia hidrográfica do Igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR



O coeficiente de manutenção (C_m) representa a área mínima necessária, em metros quadrados para a manutenção de um metro de canal de escoamento, e aumenta na medida em que o relevo se torna mais plano. Como a microbacia é de tipologia plana, menor a quantidade de canais de drenagem, principalmente onde se encontram os Argissolos Amarelo. Em solos planos quando ocorrem chuvas de grande intensidade, concentrando as águas superficiais, forma fluxos preferenciais, gerando desta forma, os canais que compõem a rede de drenagem, diferente do que ocorre em relevos acidentados, onde o escoamento superficial tende a seguir a declividades natural do terreno, escavando o solo nos pontos de menor resistência ao cisalhamento, proporcionando uma concentração maior de canais naturais e, por sua vez, maior densidade de drenagem.

Em termos de balanço hidrodinâmico, o resultado obtido do coeficiente de manutenção (C_m) é de 2080 m^2/m de área para manter perene cada metro de canal da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento.

Santos e Moraes (2012) constataram na bacia hidrográfica do Lago Verde-TO, o (C_m) de 602,96 m^2/m , é explicado devido ao alto percentual de áreas com declividade inferior a 3% (EMBRAPA, 1999), fator preponderante para o baixo escoamento fluvial e pouco entalhamento de novas drenagens. Esta característica é evidenciada na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento. Já em trabalho realizado por Alves e Castro (2003) no rio do Tanque/MG o C_m é de 203,25 m^2/m , demonstrando que esse coeficiente é baixo e mostram que há uma riqueza de corpos de água. Assim, o C_m para a microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento é alto, caracterizando que há uma grande deficiência de corpos d'água, favorecendo o acúmulo de água superficial e maior possibilidade de infiltração de água no solo.

Os valores do coeficiente de manutenção continuam os mesmos se comparamos por curso da microbacia, o qual confirmam uma grande deficiência de corpos d'água ao longo da microbacia.

O padrão de drenagem da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento é enquadrado como dentrítico ou arborescente. De acordo com Christofolletti (1980), esse padrão é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme, ou em estruturas sedimentares horizontais, como ocorre na área de estudo, com presença de fração argila, ou seja, com a dominância de caulinitas seguidas de oxihidróxidos de ferro e alumínio (VALE JUNIOR e SOUSA, 2005).

Uma bacia hidrográfica pode englobar diferentes padrões geométricos para seus rios e uma gama de subtipos definidos como é o caso do rio Juruá onde predomina o padrão de drenagem dendrítico e treliça embora apresenta alguns canais de padrão retangular, paralelo e radial (SOUZA e OLIVEIRA, 2017)

Quanto a relação de bifurcação (R_b) os maiores valores foram os de drenagem de segunda ordem em relação a de terceira ordem, devido à grande quantidade de seguimentos de baixa hierarquia fluvial. Os valores para segunda ordem são de 3,37 e a de terceira ordem 8,00. Esses valores de bifurcação indicam que nas áreas de nascentes o relevo é medianamente dissecado, presente em um relevo bastante plano, enquanto no médio ao baixo curso as áreas são fortemente dissecadas, com colinas suaves e relevos planos a levemente ondulados.

Segundo Castro e Carvalho (2009), quanto maior for o índice de bifurcação, maior será o grau de dissecção de uma bacia. Apesar da microbacia hidrográfica apresentar topografia suave e baixa declividade, as nascentes estão em zonas de relevo bem dissecados. Lira, Nascimento e Almeida (2012) encontraram relação de bifurcação equivalente a 2 na bacia hidrográfica do igarapé Amaro – AC, indicando que a bacia apresenta mediano grau de dissecção do relevo. Castro e Carvalho (2009) relatam índice de bifurcação de 1,38 a 2,83 classificando o relevo menos dissecado em áreas com colinas mais suaves à relevos mais dissecados, com morros e colinas bem desenvolvidos respectivamente.

Em trabalhos realizados por Calil et al. (2012), Costa et al. (2007), Botelho (1999), Stipp, Campos e Caviglione. (2010) e Castro e Carvalho (2009) é muito presente nas cabeceiras ou nascentes, relevo mais dissecados, com topos convexos, resultando em maior escoamento superficial, contribuindo para o aprofundamento dos vales e maior dissecção nas vertentes. Nas áreas dos lavrados Roraimenses, as cabeceiras dos igarapés estão em relevos planos, com pouca presença de tributários, de tamanho reduzido e rasos. Os solos são encharcados e com grande presença de matéria orgânica em suas margens, com a presença ou não de mata ciliar. Essas nascentes são freáticas, difusas e localizadas em brejos (solos hidromórficos).

6 PROCESSO DE OCUPAÇÃO E FATORES DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Quando se fala em problemas ambientais na Amazônia Brasileira, é comum o pensamento sobre o desmatamento florestal, a questão fundiária, o saneamento básico, mas, no entanto, outro ponto tão importante quanto esses, mas que vem recebendo importância nos últimos anos, é a qualidade dos recursos hídricos das águas dos rios e igarapés da Amazônia.

Ao mesmo tempo que o homem vem se utilizando de recursos da biosfera como se fossem inesgotáveis, todos os dias são lançados à natureza o desafio de ter que assimilar novos produtos artificiais, desconhecidos dos agentes naturais, incapazes, portanto, de promover o controle de seus usos e riscos, ultrapassando os limites da capacidade dos ciclos naturais e dos fluxos de energia.

Gorayeb (2008) em estudos geográficos no rio Caeté, Amazônia Oriental, relatou que as pressões antrópicas ainda não comprometeriam de modo significativo e irreversível a grande abundância de água existente na região amazônica e que as pressões progressivas e intensas que eles estavam sofrendo, sendo um ecossistema sensível e vulnerável, poderiam restringir cada vez mais as perspectivas de desenvolvimento social e de sustentabilidade ambiental.

Um dos processos que causam degradação na qualidade ambiental dos recursos hídricos é o aumento da concentração populacional nas margens de rios, uma das características das cidades na Amazônia, como Belém (PA), Manaus (AM) e Boa Vista (RR). As atividades humanas impactam a qualidade da água e causam interferências em sua quantidade, pois o aumento da concentração populacional, demanda uma maior infraestrutura urbana e de serviços e conseqüentemente, maior uso dos recursos naturais e sem planejamento prévio, dá origem a vários impactos ambientais.

Vários trabalhos realizados em igarapés e rios na região amazônica, relatam processo de degradação de sua qualidade, física, química e biológica, e a adição de um tipo destes poluentes altera também outras características da água. Em Manaus, Ferreira et al. (2012) relataram um aumento da concentração de íons de hidrogênio, na condutividade elétrica e na quantidade de material em suspensão em igarapés que são provenientes de áreas urbanas.

Lopes (2010) relata que 97% do esgoto do estado do Pará é indevidamente despejado nos rios e que esse problema é agravado pelo lançamento de rejeitos

industriais, os quais trouxeram dados alarmantes. Além da contaminação causada por microorganismos, decorrente do lançamento indiscriminado de esgotos, observou-se a grande presença de metais pesados na composição da água dos rios, em quantidades acima do permitido pela Resolução 357/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). O cádmio (metal que, se ingerido, pode causar câncer), foi encontrado em altas quantidades no rio Pará, rio Dendê e no rio Murucupi.

Santos (2005) relatou uma grande quantidade de lixo e de uma grande quantidade de casas que lançam esgoto diretamente no leito e nas margens do igarapé Judia no Acre.

Cunha et al. (2003) no Amapá, encontraram níveis acima do aceitável de concentração de coliformes fecais no igarapé da Fortaleza, e que a população vem ocupando cada vez mais, novas áreas ribeirinhas para urbanização, causando a deterioração das matas ciliares, erosão das margens e assoreamento intensivo.

Em Boa Vista, estado de Roraima vários igarapés urbanos sofreram processo de urbanização, tendo suas nascentes soterradas, suas matas ciliares retiradas, suas margens impermeabilizadas ou sendo inteiramente soterrados, como relatam Souza, Oaigen e Lemos (2007) - igarapé Caranã, Reis Neto et. al. (2006) – igarapés Caranã, Grande e Paca, Vasconcelos e Veras (2007) - igarapé Tiririca, Marmos (2002) – rio Cauamé e Souza (2015) – igarapé Mirandinha, Mecejana, Tiririca e Caxangá.

O sistema de drenagem natural da cidade de Boa Vista é formado pelo rio Branco e seus afluentes, sendo o principal afluente na área urbana o rio Cauamé. Além desses, o sistema de drenagem se compõe por uma densa e complexa rede de igarapés e lagoas que possuem regime permanente (perenes) ou temporário (intermitentes) durante o ano.

A cidade de Boa Vista está presente na ecorregião dos cerrados ou lavrados, como é denominado pela população local, e se caracteriza por apresentar uma grande diversidade de recursos hídricos como lagos, igarapés e rios. Os igarapés em particular, são muito utilizados como balneários tanto em áreas urbanas como em áreas rurais. Muitos desses igarapés, loteados como chácaras de lazer ou sítio, já sofreram intenso processo de urbanização, devido a chegada do perímetro urbano, como é o caso do igarapé Caranã, que está inteiramente dentro do perímetro urbano, o qual sua nascente está presente no conjunto Cruviana, passando pelos bairros

Jardim Equatorial, Alvorada, Dr. Silvio Leite, Jardim Primavera, Piscicultura, União, Senador Hélio Campos e Jardim Caraná, tendo neste último, a localização de sua foz, que desagua no rio Cauamé e hoje está com suas águas impróprias para o consumo e lazer.

O igarapé Água Boa do Bom Intento apresenta uma extensão de 32 quilômetros e destes 27 foram loteados, em ambas as margens, como os mais diversos tamanhos e utilidades, sendo o igarapé Água Boa do Bom Intento um dos limites desses lotes.

E com o processo de loteamento, se dá início as construções de benfeitorias como residências, poços, galpões, fossas negras, fossas sépticas, granjas e plantações, aumentando o potencial de degradação ambiental, e sem os estudos e os conhecimentos das viabilidades e limitações ambientais para a instalação dessas benfeitorias, os problemas de degradação ambiental podem se agravar, gerando processos de recuperação que podem levar anos.

O agronegócio representa hoje o principal vetor de impacto ambiental no lavrado onde, atualmente, a maior parte das áreas de produção de grãos de Roraima estão no lavrado, se destacando as culturas do arroz e da soja. Campos, Pinto e Barbosa, (2008) relatam que a principal consequência da expansão das monoculturas é o impacto sobre os recursos hídricos e a perda de biodiversidade.

Os principais impactos são causados pela ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na margem de rios e lagos, a canalização de grandes volumes de água para irrigação, a percolação de fertilizantes e a pulverização aérea de inseticidas e herbicidas. Alterações como estas geram mudanças na qualidade da água e na composição da comunidade de organismos aquáticos, com repercussões em todos os níveis da cadeia trófica, afetando também os organismos terrestres.

Os processos de ocupação nas áreas de lavrado, onde está inserido a microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, podem causar alterações na estrutura física dos canais, no aporte de sedimentos, no regime hidráulico e no fluxo de matéria e energia. É fundamental o conhecimento atual dos processos que causam impactos, para o desenvolvimento de ferramentas e atitudes que possam recuperar ou evitar maiores danos ao ambiente que estejam presentes na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento.

Os processos de classe de uso e ocupação do solo delimitadas em: pastagem, culturas anuais, áreas de preservação permanente, sítios/balneários, lagoas e piscicultura estão presentes na Figura 15 assim como as principais atividades causadoras de impactos ambientais, suas consequências e medidas mitigadoras na microbacia do igarapé estão apresentadas na figura 16.

As principais atividades impactantes no processo de ocupação da microbacia do igarapé Água Bom do Bom Intento e que são a fonte potencial de poluidores de recursos hídrico identificados são as construções de infraestrutura que a eles estão interligados a produção de lixo e de resíduos de esgoto doméstico e sanitário, aos plantios agrícolas e suas práticas culturais de manutenção das plantações, tanto em quintais como os plantios comerciais, que geram processos erosivos, degradação da mata ciliar (APP) e a criação animal causa problemas ambientais devido a geração de efluentes residuais provenientes dos seus dejetos.

A forma de uso da maioria das propriedades presentes na microbacia do igarapé é para sítios e balneários. As atividades humanas são mais frequentes no período de estiagem (outubro a maio), pois o igarapé se encontra raso e as águas refrescantes são ideais para banho, pois neste período do ano, as temperaturas são as mais quentes.

No período de chuvas a utilização das águas para banhos é menos procurado, pois o igarapé se apresenta profundo e com as águas correntes muito fortes. Outro fator que dificulta a exploração do igarapé para balneabilidade é o acesso dos proprietários aos lotes, pois as estradas de acesso nas épocas de chuvas se tornam intrafegáveis.

Figura 15 - Mapa de uso e ocupação da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR

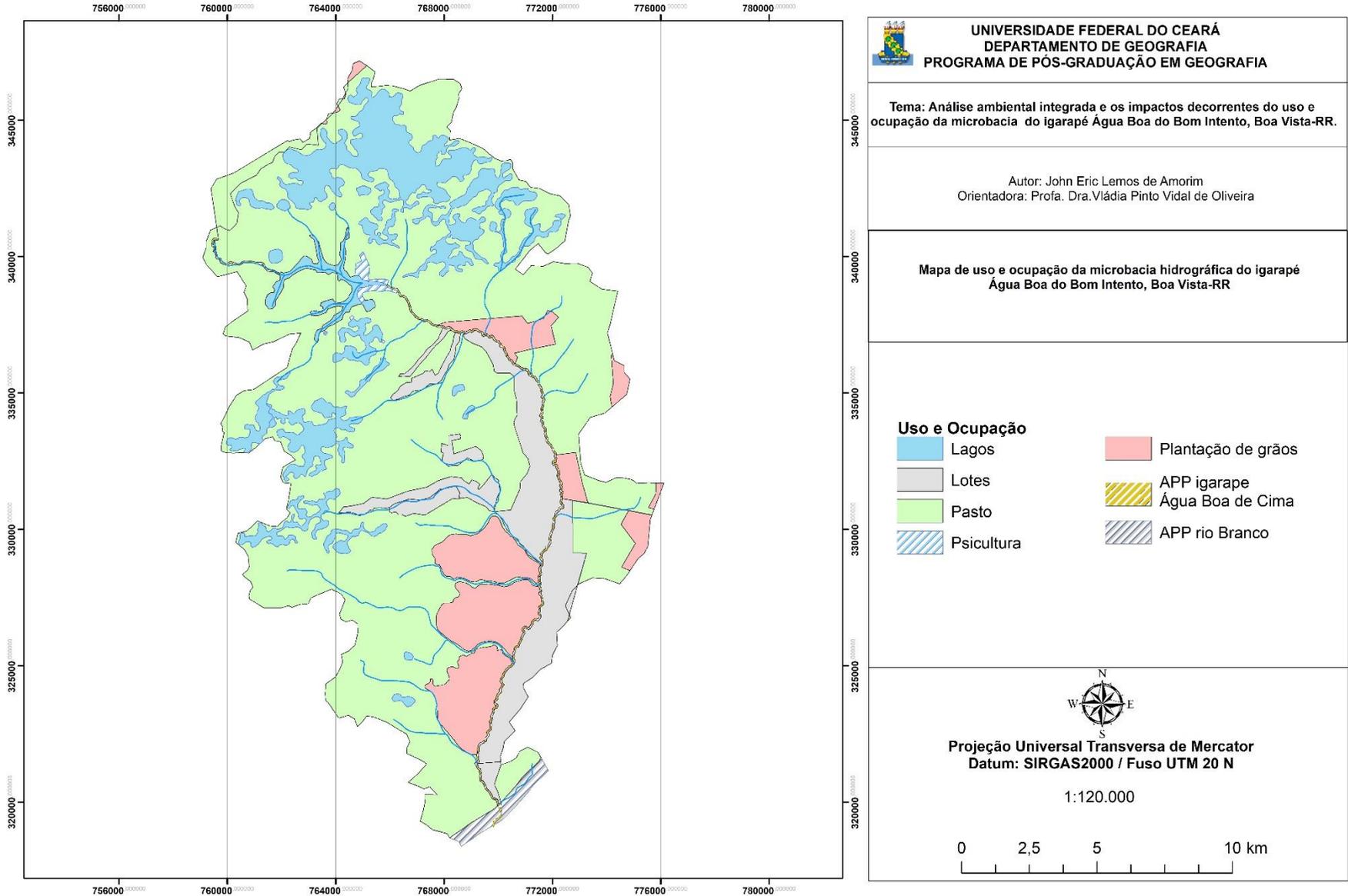
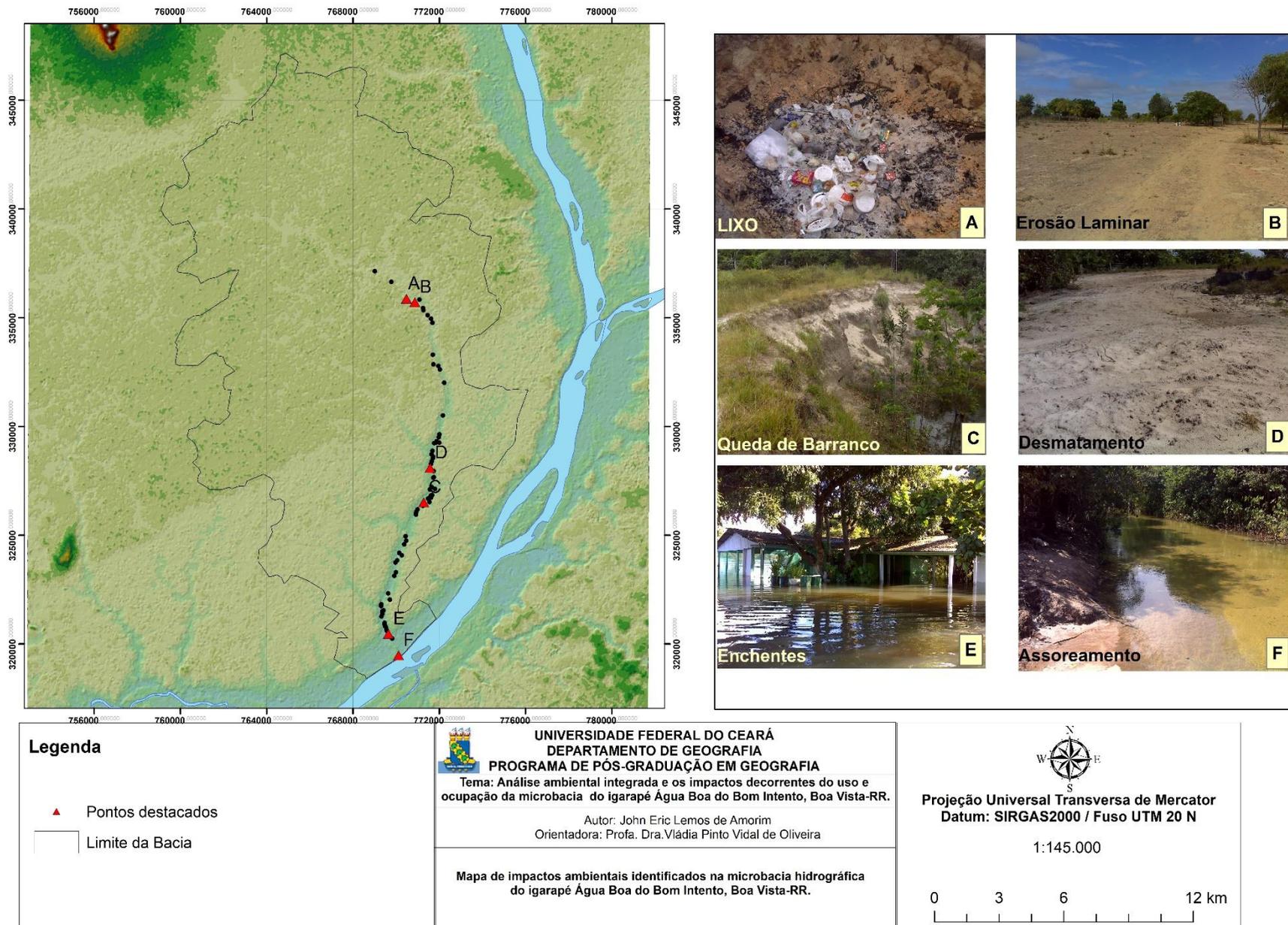


Figura 16- Mapa de impactos ambientais identificados na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR



6.1 Construções de Benfeitorias e seus Impactos

Após o loteamento das áreas do entorno do igarapé e a colocação a venda para o mercado, o novo proprietário do lote inicia seu processo de ocupação, e grande parte dos novos proprietários, não fazem levantamento histórico sobre as características dos solos, do clima, do regime pluviométrico, da planície de inundação, do relevo e legislação ambiental.

A instalação de infraestrutura está relacionada com o poder aquisitivo dos proprietários e visa o emprego de melhores condições de ocupação semelhantes as apresentadas nos centros urbanos. Inicialmente constroem pequenas instalações, como barracões ou pequenas “malocas” como representada na Figura 17. Segundo Kobiyama, Mota e Corseuil, 2008) definiu a urbanização como o conjunto de três ações: (1) retirada da vegetação, (2) revestimento do terreno com concreto e (3) rejeição de água (escoar a água da chuva o mais rápido possível).

Normalmente essas primeiras estruturas ficam localizada as margens do igarapé, pois garante acesso imediato as águas do canal fluvial. Nesse processo inicia-se os primeiros problemas relacionados ao impacto ambiental, pois Áreas de Preservação Permanente (APP) não podem sofrer nenhum tipo de intervenção. As Áreas de Preservação Permanente (APP) são as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, desde a borda da calha do leito regular. Para cursos de água com até 10 (dez) metros de largura, considera-se a APP de 30 (trinta) metros de largura, o qual pode ser utilizada como referência para o igarapé Água Boa do Bom Intento, como informa o novo Código Florestal, Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012).

Nas propriedades presentes na microbacia do Igarapé Água Boa do Bom Intento, os impactos negativos relacionados com a construção de residências ou estruturas temporárias nas APP's são a retirada ou supressão da vegetação, erosão, produção de lixo, impermeabilização da margem e construções de fossas negras e sépticas.

A retirada da vegetação ou supressão tem como objetivo a limpeza ao redor da casa e posterior introdução de plantas frutíferas. Em algumas propriedades as árvores nativas de maior porte são preservadas e em algumas é retirada toda a vegetação.

Kobiyama, Mota e Corseuil (2008) relatam que a preservação e conservação da mata ciliar são de extrema importância para o equilíbrio ambiental e qualidade da água, devido contribuírem para a estabilização de taludes e encostas, manutenção da morfologia do rio e amortecendo as inundações, retenção de sedimentos e nutrientes, mitigação da temperatura da água e do solo, fornecimento de alimento e habitat, manutenção de corredores ecológicos, paisagem e recreação, entre outros.

Posteriormente é introduzido outras infraestruturas como casa, rede elétrica, rede de água, perfuração de poço, fossa séptica entre outras.

Assim como as benfeitorias vão sendo concluídas, também vão se estabelecendo pomares, hortas, pequenos plantios (feijão, milho, melancia, maracujá, abacaxi), criações animais (galinhas, patos) e jardins (Figura 18).

No processo de ocupação, os impactos que o homem causa no ambiente são inevitáveis, porém é agravado quando não se observa ou não se conhece as características físicas e biológicas do ambiente e o que a legislação ambiental prevê. Muitas obras de infraestruturas são feitas em locais inadequados, principalmente nas margens e dentro do leito do igarapé, ou seja, em Áreas de Preservação Permanente (APP), locais que devem ser preservados. Foram identificadas várias atividades antrópicas na margem e no leito do igarapé como: desmatamento, construções de casas, quiosques, escadas em alvenaria, poços amazonas, fossa séptica, impermeabilização da margem, galinheiros, pocilgas, plantações que causam processos de degradação.

Das 136 propriedades visitadas em 70 foram identificados impactos na APP, como as imagens abaixo demonstram (Figura 19).

O Código das Águas lançado em 1934 através do Decreto nº 24.643 (BRASIL, 1934), informa que os proprietários de águas públicas marginais são obrigados a se abster de fatos que prejudiquem ou embarquem o regime e o curso das águas exceto, se para tais fatos forem especialmente autorizados por alguma concessão.

Muitos proprietários que causam alteração nas áreas de APP estão passivos de multas e de processos administrativos. A remoção dos obstáculos produzidos e reparação das ações irregulares devem ser realizadas o mais breve possível, para que seja restabelecido o equilíbrio ambiental.

Figura 17 – Obras de infraestruturas presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Figura 17.1 - Infraestruturas iniciais construídas em áreas de preservação permanente (APP).



Figura 17.2 - Infraestruturas iniciais construídas em áreas de preservação permanente (APP).



Figura 17.3 – Construções iniciais de barracão em madeira e alvenaria



Figura 17.4- Construção de casas em alvenaria



Figura 17.5 – Instalações de rede hidráulica e sanitária



Figura 17.6 – Rede elétrica.



Figura 17.7 – Instalação de poço artesiano
Fotos: John Amorim (2016)



Figura 17.8- Perfuração de poço amazonas



Figura 17.9- Construção de fossas negras

Figura 18 – Plantios e Infraestruturas rurais instaladas nas propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista–RR.



Figura 18.1 – Plantios de grãos.



Figura 18.2 Pocilga



Figura 18.3 – Tanques de criação de peixes



Figura 18.4 – Plantio de macaxeira



Figura 18.5- Galinheiro



Figura 18.6 – Plantio de abacaxi



Figura 18.7 – Plantios ornamentais e frutíferas
Fotos: John Amorim (2016)



Figura 18.8 – Plantio de maracujá



Figura 18.9 – Plantio de graviola

Figura 19 – Construções em APP e impactos ambientais nas propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista–RR.



Figura 19.1 – Impermeabilização da margem.



Figura 19.2 – Impermeabilização da margem



Figura 19.3 – Maloca em alvenaria e madeira



Figura 19.4 – Mesas e bancos no leito do igarapé



Figura 19.5- Queda de barranco



Figura 19.6 – Escavações em APP



Figura 19.7 – Assoreamento
Fotos: John Amorim (2016)



Figura 19.8 – Erosão na margem



Figura 19.9 – Esgotamento sanitário

Segundo a lei nº 12.651, em seu Art. 3º, a Área de Preservação Permanente – APP é área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

Os proprietários que apresentam irregularidades em APP, podem solicitar junto ao órgão ambiental competente, regularização para a recuperação de APP. O Novo Código Florestal, lei nº 12.651 (BRASIL, 2012) apresenta possibilidades de regularização ambiental, como prevê o Artigo 53. As APP's consolidadas são áreas ocupadas antes de 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias, atividades agrossilvipastoris, ecoturismo ou turismo rural e que possam continuar presentes desde que, não estejam em área que ofereça risco às pessoas e ao meio ambiente e que sejam observados critérios técnicos de conservação do solo e da água, sendo proibidas a utilização de novas APP's. O órgão ambiental poderá comprovar a situação de área consolidada por meio de fotos de satélite, referentes à período anterior a 22 de julho de 2008. Nas demais situações, ou seja, aquelas que não se enquadrem em áreas consolidadas, as APP's terão de ser recuperadas.

Para o acesso ao igarapé, em muitas propriedades é comum a ceifa, capina ou corte da vegetação que fica abaixo das maiores árvores na APP, chamadas de plantas de sub-bosque, que consiste de uma mistura de mudas e plantas jovens de árvores do dossel, juntamente com arbustos, ervas e gramíneas (Figura 20).

Figura 20 – Áreas de preservação permanentes que sofrem retirada de vegetação de sub-bosque e cobertura do solo, localizadas em propriedades presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Segundo a legislação, essa retirada é considerada como atividade eventual ou de baixo impacto ambiental, quanto a abertura de pequenas vias de acesso interno e suas pontes e pontilhões, quando necessárias à travessia de um curso d'água, ao acesso de pessoas e animais para a obtenção de água ou à retirada de produtos oriundos das atividades de manejo agroflorestal sustentável (BRASIL, 2012), o que seria uma área média de 3 metros linear na margem do igarapé ou de acordo com a justificativa a ser apresentada pelo usuário, porém em muitas propriedades essa retirada se estende ao comprimento do terreno, entre os limites da propriedade que margeiam o igarapé.

Assim grande parte dos proprietários não obedecem a essa margem de uso da APP, estando eles cometendo infração ambiental.

A recuperação de APP pode ser iniciada com o isolamento ou proteção para que a mesma possa se regenerar naturalmente, ou mesmo o plantio de espécies nativas de crescimento mais rápido como mari-mari (*Cassia moschata*), sucuba (*Himatanthus articulatus*), paricarana (*Bowdichia virgilioides*), jenipapo (*Genipa americanana*), cajá (*Spondias mombin*), entre outras. O plantio dessas espécies nativas, proporcionam o sombreamento do solo, auxiliando no crescimento e desenvolvimento de plantas de sub-bosque, ervas e gramíneas, aumentando o sucesso da regeneração da APP. Em APP que apresentam solo encharcado recomenda-se o plantio de buriti (*Mauritia flexuosa*) e açai (*Euterpe oleracea*).

A prática sustentável a ser adotada quanto ao acesso ao recurso hídrico, ou seja, ao igarapé Água Boa do Bom Intento, é a utilização de plataformas de madeira, o qual evita o contato direto dos usuários com o solo e a vegetação da margem do igarapé (Figura 21).

A construção de píer em alvenaria ou a impermeabilização da margem em alvenaria é outro fator de impacto ambiental, pois causa a desconfiguração natural, aumenta o escoamento superficial e reduz ou impede a infiltração de água ao solo. A impermeabilização de grandes áreas aumenta a quantidade de água superficial e conseqüentemente o arraste de sedimentos, lixo e outros materiais presentes na superfície para o leito do igarapé (Figura 22).

Figura 21 – Píer e plataforma de madeira para acesso ao igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Uma questão a ser observada durante o levantamento em campo, é a ocupação irregular de lotes pertencentes a APP do rio Branco, porém é um processo complexo a ser trabalhado, uma vez que a área de loteamento foi realizada pelo governo do estado de Roraima, para o assentamento agrário (agricultura familiar). Outro fator limitante são as inundações anuais provenientes das cheias do rio Branco, sendo que em algumas propriedades 100% da área é coberta pelas águas do rio (Figura 23).

6.1.1 Esgoto doméstico

Sander et al. (2012) informa que não é fácil o estabelecimento de um limite do ambiente fluvial, pois depende do aspecto temporal e da estrutura espacial. A partir dos levantamentos feitos nas propriedades que limitam com o igarapé é frequente a presença de casas, plantações, criações, poços e fossas em APP, que sofrem inundações anuais ou esporádicas pela falta de conhecimento dos seus proprietários sobre o comportamento do ciclo hidrológico e principalmente sobre a ocorrência de eventos extremos.

A Figura 24 demonstra as problemáticas das ações antrópicas que causam risco a saúde humana, através da contaminação dos recursos hídricos por dejetos humanos e animais, além da proliferação de lixo no igarapé. Foram identificadas 52 casas em alvenaria ou madeira que são alagadas no período da cheia, sendo 2 no alto curso, 30 no médio curso e 20 no baixo curso.

Figura 22 – Construções em alvenaria nas margens do igarapé água Boa do Bom Intento, Boa Vista–RR.



Figura 22.1 – Escada em alvenaria.



Figura 22.2 – Escadas em alvenaria



Figura 22.3 – Impermeabilização da margem



Figura 22.4 – Impermeabilização da margem



Figura 22.5 – Impermeabilização da margem



Figura 22.6 – Impermeabilização da margem



Figura 22.7 – Escada em alvenaria



Figura 22.8 – Escada em alvenaria



Figura 22.9 – Escada em alvenaria

Fotos: John Amorim (2016)

Figura 23 – Áreas que sofrem influência do regime hídrico do rio Branco sobre o igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Fotos: John Amorim (2017). Imagem: Google Earth Pro, (2018)

O esgoto doméstico são as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários. Os esgotos domésticos são constituídos primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microorganismos (bactérias, vírus, etc), nutrientes (nitrogênio, fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais. Um dos maiores problemas da contaminação das águas por esgoto é a presença de coliformes fecais, pois eles são indicadores da qualidade da água, podendo ser capazes de desenvolver ácido, gás e aldeído na presença de sais biliares ou agentes tensoativos presentes nos detergentes (PEREIRA, 2004).

Figura 24 – Construções em locais irregulares que alagam nos períodos de chuvas, localizadas às margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Figura 23.1 – Barracão período estiagem



Figura 23.2- barracão período chuvas



Figura 23.3 – Casa período estiagem



Figura 23.4 - Casa período chuvas



Figura 23.5 – Poço período estiagem



Figura 23.6- Poço período chuvas

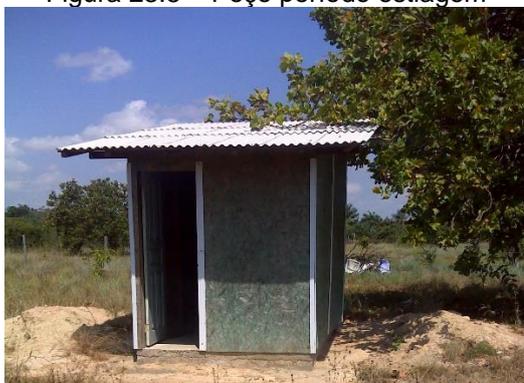


Figura 23.7 – Fossa período estiagem



Figura .8- Fossa período chuvas

Fotos: John Amorim (2016/2017)

Nas propriedades que apresentam estrutura mínima de água em rede, é comum que as águas dos chuveiros e torneiras sejam dispostas a céu aberto, reutilizadas para regar plantas e dessedentação animal (aves), principalmente pelo fato de que, a maioria das propriedades não apresentam redes de esgoto suficientemente instaladas. As águas provenientes de pias de cozinha devem ser encaminhadas para tratamento (fossas sépticas) uma vez que essas águas dispostas ao solo, atraem insetos e outros animais proliferadores de doenças, assim como também liberam mal cheiro, contamina o solo e podem causar doenças aos animais que à utilizam.

A fossa negra é um buraco no chão, onde os dejetos são acumulados, causando contaminação do lençol freático nas propriedades rurais. Além de contaminar a água pelo solo, compromete a água consumida pela família por causa de transbordamentos e por lixiviação pelo lençol freático chegando aos poços. A fossa séptica consiste em uma caixa onde os esgotos domésticos são depositados. Têm a função de separar e transformar a matéria sólida contida nas águas de esgoto, descarregando-a no terreno por meio da infiltração no solo, onde se completará o tratamento. Os sumidouros têm a função de poços absorventes, recebendo os efluentes diretamente das fossas sépticas e permitindo sua infiltração no solo. Os sumidouros devem ter as paredes revestidas de alvenaria de tijolos e ter enchimento no fundo de cascalho (IWANO, 2010, KOBAYAMA, MOTA e CORSEUIL, 2008).

Nas propriedades visitadas foi raro o uso de fossa séptica, sendo a fossa negra a mais utilizada na maioria das propriedades. Outro fator identificado é que os poços amazonas não respeitam a distância mínima de 50 metros entre a fossa e o poço. Além disso os poços devem estar na parte de cima do declive do terreno, uma vez que as águas do lençol freático se movimentam para as regiões mais baixas.

A preocupação ambiental em relação as fossas negras é que em 42 propriedades, elas sofrem transbordamento devido serem cobertas com as águas do igarapé durante o processo de cheias que ocorrem no período chuvoso. As inundações podem acarretar contaminações, quando os poços e fossas sépticas se rompem e transbordam espalhando os detritos que antes estavam alojados. Uma das consequências é a proliferação de animais peçonhentos, como mosquitos, moscas, roedores e a ingestão de água que podem estar contaminadas por microorganismos patogênicos que transmitem inúmeros doenças aos seres humanos.

Destas 42 propriedades que apresentam fossas que transbordam, 13 estão presentes no alto curso do igarapé, 15 no médio curso e 11 no baixo curso. Essas fossas devem ser abandonadas e se possível serem preenchidas com solo e introduzido plantios para que os resíduos sejam utilizados como adubo. Além das fossas, foram identificados 12 poços amazonas que também sofrem processo de transbordamento, sendo cobertas pelas águas do igarapé, sendo 4 localizadas no alto curso, 2 no médio curso e 11 baixo curso. Como medida mitigadora, esses poços devem ser abandonados, sendo soterrados com areia ou tampados em definitivo. A prática de utilização de poços abandonados como fossa e/ou lixeiro é proibido segundo a legislação ambiental.

Uma das soluções para a eliminação das fossas negras e fossas sépticas é a utilização de Estação de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes (ETEZR). Esse tipo de tratamento de esgoto doméstico é o resultado da busca por alternativas de saneamento mais sustentáveis e ao mesmo tempo mais baratas. Trata-se um processo de filtração física em brita e areia, e um biofiltro constituído pela zona de raízes. O oxigênio das plantas fornecido através do rizoma possibilita o desenvolvimento de microorganismos que se alimentam de parte dos poluentes presentes no esgoto. Esse sistema que utiliza plantas é eficiente porque o processo de degradação da matéria orgânica (mineralização, nitrificação, desnitrificação) é muito completo, devido à grande biomassa. Além disso, são removidos não só a carga orgânica como também nutrientes (fósforo e nitrogênio) que levam a eutrofização das águas, elimina patógenos como coliformes e substâncias inorgânicas como fenóis e metais pesados. As plantas utilizadas nesses sistemas podem ser utilizadas como áreas de jardins (AGLIARINI JUNIOR, PAROLIN e CRISPIM, 2011; LEMES et al., 2008).

6.1.2 Lixo inorgânico e orgânico

Os hábitos e costumes urbanos de consumo de produtos industrializados são estendidos aos frequentadores e moradores presentes na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, implicando na produção exacerbada de lixo e a forma como esses resíduos são tratados ou dispostos no ambiente. O lixo orgânico e inorgânico gerado nas propriedades da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento apresentam como forma principal de destinação, o recolhimento e

encaminhamento para a cidade de Boa Vista e queima em buracos ou sobre o solo a céu aberto

Alguns moradores separam o lixo orgânico do inorgânico, recolhendo o inorgânico para serem descartados no lixo urbano da cidade de Boa Vista e o orgânico utilizado para a alimentação animal e as folhagens e restos culturais para a queima. O levantamento em campo demonstra que das 136 propriedades visitadas, em 43 o lixo é recolhido e encaminhado para a cidade, em 75 propriedades são queimados sobre os solos e ou em buracos e em 18 propriedades não havia nenhum tipo de atividades de ocupação. Em relação a queima do lixo inorgânico, foi verificado que garrafas de vidro e latas de alumínio são resíduos retirados e que podem ser reaproveitados ou reciclados, porém não existe uma preocupação com o rejeito que apresentam substâncias que conferem características de inflamabilidade, corrosividade, oxirredução ou toxicidade (pilhas, lâmpadas fluorescentes, óleos lubrificantes, graxas, baterias, embalagens de agrotóxicos)

O grande desafio atual e que deve ser feito a curto prazo é a não geração, redução, reutilização e descarte final ambientalmente adequados aos desejos sólidos produzidos na microbacia do igarapé. A educação ambiental é fundamental nesse processo, estimulando o descarte correto e auxiliando no processo de reciclagem, o qual promove a inclusão social, a geração de emprego e a conservação do meio ambiente.

Em algumas propriedades existem iniciativas de evitar o descarte aleatório, principalmente nas margens ou no igarapé (Figura 25), através de placas avisando seus frequentadores ou a colocação de lixeiras.

O Brasil possui uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010 e reúne os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão de resíduos sólidos (BRASIL, 2010). É fruto de ampla discussão com os órgãos de governo, instituições privadas, organizações não governamentais e sociedade civil. Devemos tomar conhecimento sobre leis que visam a conservação ambiental para que possamos perpetuar os recursos hídricos para a atual e futuras gerações.

Figura 25 – Placas de sinalização alertando sobre o descarte do lixo, as margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Segundo CEMPRE (2018), a composição média em peso do lixo domiciliar brasileiro é descrito na tabela 5 abaixo:

Tabela 5 – Composição média do lixo domiciliar no Brasil

Componentes	Percentual (em Peso)
Matéria Orgânica	51,4
Papel e papelão	13,1
Plástico	13,6
Alumínio	0,6
Aço	2,3
Vidro	2,4
Outros	16,7

Fonte: CEMPRE (2018),

CEMPRE (2018) alerta que no futuro poderemos nos defrontar com sérios problemas de disponibilidade de água potável e de elevação dos custos para sua adução e tratamento, em função da poluição e da queda de produção de mananciais e dos conflitos do uso múltiplo não planejado (irrigação, lazer, navegação, esgoto, etc.).

A prática de queimar o lixo causa contaminação do solo e do ar podendo ainda causar contaminação do lençol freático e das águas do igarapé, como por exemplo, locais de queima que sofrem alagamentos durante as cheias.

A dispersão de lixo ao longo do igarapé causa aspectos negativos, como odores desagradáveis, proliferação de vetores e degradação da paisagem natural, pois esses resíduos acabam acumulando nas estruturas de retenção a jusante, na própria calha do igarapé e nas margens (APP).

Pereira (2004) informa que a composição do lixo depende de fatores como o nível educacional, poder aquisitivo, hábitos e costumes da população. Nos levantamentos realizados, foram identificados os mais diversos tipos de material descartados sobre o solo, margens e leito do igarapé.

Na Tabela 6 abaixo segue a lista de materiais e seu tempo de decomposição no ambiente.

Tabela 6 – Tempo de decomposição de alguns materiais na natureza

Materiais	Tempo de decomposição
Papel	De 3 a 6 meses
Panos	De 6 meses a 1 ano
Filtro de cigarro	Mais de 5 anos
Chicletes	Mais de 5 anos
Madeira pintada	Mais de 13 anos
Náilon	Mais de 20 anos
Sacos plásticos	Mais de 30 anos
Isopor	Mais de 80 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Garrafas PET	Mais de 400 anos
Fralda descartáveis tradicionais	Mais de 600 anos
Vidro	Mais de 100.000 anos
Pneus	Indeterminado

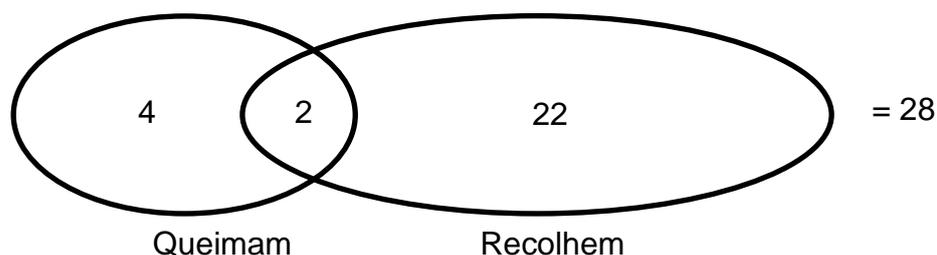
Fonte: MMA/MEC/IDEC, 2005.

O hábito de queima de lixo é muito presente nas propriedades onde existem moradores fixos, pois estes não se deslocam frequentemente para a cidade, sendo a prática de recolher o lixo e encaminhar para a cidade de Boa Vista, dos proprietários

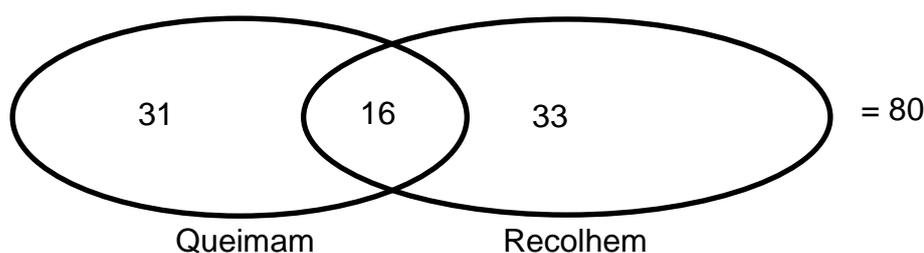
que utilizam as águas do igarapé para o lazer durante os finais de semana. Foram identificadas a queima do lixo em buracos, buracos com anilhas em alvenaria ou sobre o solo. A Figura 26 representa os totais de propriedades visitadas por curso que realizam as atividades de queima do lixo, recolhem e/ou recolhem e queimam.

Figura 26 – Totais de propriedades visitadas que realizam atividades de queima e/ou recolhimento do lixo para cidade.

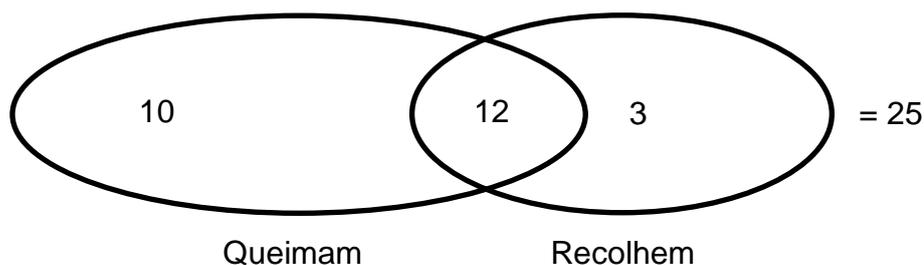
Alto curso



Médio curso



Baixo curso



Elaboração: John Amorim (2018)

Em 3 propriedades foram caracterizadas o descarte do lixo de forma aleatória, onde o lixo estava disperso no entorno da casa, como demonstra a figura 27. As práticas de tratamento de lixo orgânico e inorgânico, como também o hábito de lançamento de lixo nas estradas de acesso aos lotes, deverá ser combatida com futuras campanhas de sensibilização ambiental e de reaproveitamento de lixo orgânico.

Figura 27 – Práticas de descarte de lixo nas propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Figura 27.1 – Descarte ao redor da casa



Figura 27.2- Buraco para descarte e queima



Figura 27.3 – Buraco par descarte e queima



Figura 27.4 – Buraco para descarte



Figura 27.5 – Buraco para descarte e queima



Figura 27.6 – Descarte e queima em anilhas



Figura 26.7 – Descarte e queima em anilhas
Fotos: John Amorim (2016)



Figura 26.8 – Quima sobre o solo

O recolhimento do lixo nas propriedades e encaminhamento para descarte através de sistema de recolhimento de lixo realizado pela Prefeitura Municipal de Boa Vista é até o momento, a forma mais correta do tratamento do lixo doméstico (inorgânico) e ao orgânico o mesmo poderá ser utilização na complementação da alimentação animal (restos de alimentos, frutas, verduras), como cobertura morta do solo (capim ceifado, folhas) ou como a produção de compostagem (restos de frutas, verduras, folhas).

Segundo Iwano, (2010) o melhor caminho para o lixo rural é fazer a coleta seletiva e a compostagem com os materiais orgânicos. O composto orgânico é resultado da fermentação e digestão de microrganismos, bactérias, fungos, nos resíduos vegetais, dejetos de animais, lixo, etc. Quando bem preparado, o composto é um produto de cor escura, rico em nutrientes, com 50 a 70% de matéria orgânica.

6.2 Atividades Agropecuárias e seus Impactos

Para um manejo de solo adequado é importante o mapeamento destes para facilitar a determinação da sua vocação agrícola, com reflexo direto na conservação de solo e água e na preservação ambiental, em sentido amplo.

A região do lavrado tem uma maior facilidade a ocupação humana ao da região de floresta, principalmente a características como: solo plano a levemente ondulado, presença de gramíneas e de vegetação arbórea dispersa (a vegetação garante acesso fácil e manejo com pouca mão-de-obra para a instalação de moradias e plantações) e a presença de recursos hídricos, o qual este, garante uma abundante fonte de água.

Na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento os solos estão localizados em relevo plano a suavemente ondulado, o que auxiliam no processo de mecanização, porém com uso limitado devido ao período prolongado de estiagem, (quando não se utilizada irrigação).

Os solos do lavrado mesmo com alta deficiência química, ainda podem ser facilmente manejados através da introdução de adubos químicos (fertilizantes), utilizados principalmente, nas grandes lavouras de grãos. O cultivo de grãos somente é rentável se praticado em grandes áreas, o que demanda grande quantidade de capital e conhecimento técnico, gerando um processo de concentração fundiária e de renda.

Nas pequenas propriedades a aquisição de fertilizantes, muitas vezes, é inviável, devido aos altos custos, porém é utilizado nas pequenas propriedades para o cultivo de frutícolas e olerícolas, que demandem pequenas áreas. Os fertilizantes sintéticos utilizados de forma abusiva poluem o solo e as águas, onde podem intoxicar e matar diversos seres vivos dos ecossistemas. O excesso de fertilizante, principalmente o fósforo e o nitrogênio, causam a proliferação de algas que pode acarretar em eutrofização da água. Os esgotos domésticos lançados nos recursos hídricos também são ricos em fósforo e nitrogênio. Com o crescimento dos microorganismos que se alimentam desses nutrientes aumenta o consumo de oxigênio no meio aquáticos, acarretando a morte das espécies aeróbicas, então a água passa a ter a presença predominante de seres anaeróbicos (algumas espécies são tóxicas), que produzem ácido sulfídrico, causando odor característico de ovo podre.

Os principais poluentes da atividade agrícola são os defensivos agrícolas. Os defensivos químicos empregados no controle de pragas podem destruir indiferentemente espécies nocivas e úteis. Existem praguicidas extremamente tóxicos, mas estáveis, que podem causar danos imediatos, mas não causam poluição a longo prazo. Pereira (2004) relata que um dos problemas do uso de praguicidas é o acúmulo ao longo das cadeias alimentares, pois se forem usados de forma indevida, acumulam-se no solo, contaminando as plantas, os animais que se alimentam das plantas e assim prosseguindo o ciclo de contaminação. As chuvas também podem transportar os inseticidas, infiltrando no solo ou transportados aos recursos hídricos, pelo lençol freático ou arraste superficial.

Outro fator de impacto ambiental, é a geração de sedimentos provenientes das atividades de manejo do solo, principalmente nas práticas de completa ausência de cobertura vegetal, causando baixa rugosidade superficial e maior quantidade de partículas disponíveis para o transporte e maior disponibilidade a erosão.

O cultivo da soja está em forte crescimento no estado de Roraima, principalmente nas áreas de lavrado, passando de 32 para 40 mil hectares, e isso vem sendo fortalecido por políticas públicas estaduais, assim como o custo da terra, produção de sementes adaptadas a região, integração lavoura pecuária e acesso rápido ao mercado internacional e sazonalidade à safra brasileira (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2018).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa herbácea anual cujo alto teor proteico de seus grãos (38%) e sua fácil adaptação aos diversos tipos de clima e fotoperíodo, devido a suas inúmeras variedades, a colocam entre as principais oleaginosas do mundo, sendo entre elas a mais cultivada (BARRETO, 2004).

A expansão e modernização da agricultura em geral originaram impactos de ordem socioambiental nas diferentes áreas ocupadas pelo cultivo de soja, colocando em cheque a sua sustentabilidade e como qualquer alteração no ambiente natural, impactos podem decorrer, em menor ou em maior grau, sendo os relacionados ao plantio da soja: compactação e impermeabilização do solo, erosão, contaminação por agrotóxicos e fertilizantes nas águas, alimentos e animais, retirada da vegetação nativa de áreas contínuas, assoreamento de rios e lagos, soterramento e drenagem de lagos temporários, aparecimento de novas pragas ou aumento das já conhecidas, risco à sobrevivência de espécies vegetais e animais com a perda de habitat natural devido à expansão agrícola.

A partir da pressão internacional e de maiores exigências a obtenção de licenças ambientais, os produtores começaram a buscar uma agricultura mais sustentável, que atenda a um novo padrão produtivo que não agrida o ambiente e que mantenha as características dos agroecossistemas por longos períodos. Várias são as práticas mitigadoras que podem minimizar os impactos causados pela sojicultura no ambiente, como: sistema plantio direto, rotação de culturas, adubação verde, uso de defensivos específicos e de menor resistência no ambiente, abolir plantas transgênicas, respeitar e proteger as áreas de preservação permanentes e reserva legal, pousio da terra, uso racional de fertilizantes, proteger os animais nativos da caça e pesca, evitar ou utilizar sistemas de irrigação mais eficientes, controle de erosão, manutenção de estradas, uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, plantio orgânico entre outros.

A fiscalização e a cobrança aos órgãos ambientais em relação ao cumprimento da legislação ambiental, deve ser continua, uma vez que, todos os produtores assumem diante destes órgãos, através dos licenciamentos que são requeridos por meio do cumprimento de ações mitigadoras presentes nos planos de controle ambiental (PCA), documento requerido e essencial para o licenciamento ambiental de qualquer atividade agrícola.

Os produtores de soja presentes na microbacia do Igarapé Água Bom do Bom Intento, estão buscando a sustentabilidade ambiental de suas propriedades, na

mitigação dos impactos ambientais através de medidas positivas que auxiliem o meio ambiente e a sociedade, utilizando-se mão-de-obra local, manutenção e acolhimento de animais silvestres, conservação e ampliação de mata ciliar e de reserva legal, recuperação de áreas degradadas, recuperação do solo, proteção de nascentes, prevenção e controle de queimadas, entre outros processos.

Na microbacia onde há produtores de soja que ocupam a margem oposta de alguns lotes, está ocorrendo um aumento da vegetação da mata ciliar, uma vez que essas áreas eram usadas para criação pecuária (gado de corte extensivo) que tem como principal manejo do pasto nativo, a queima anual para “renovação ou limpeza”, o qual esse fogo, adentrava na mata ciliar, causando a morte de muitas árvores, principalmente as mais jovens. Os moradores relatam que após a chegada dos produtores, a mais de seis anos, possibilitou a crescente regeneração da mata ciliar, onde se observa um grande número de árvores jovens e maior densidade de plantas (Figura 28).

Figura 28 – Mata ciliar nas propriedades vizinhas ao plantio de soja, localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Foto: John Amorim (2016)

A pecuária é outra atividade presente nos campos naturais da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, tem como principal atividade impactante o uso do fogo para a limpeza e renovação do pasto e degradação de nascentes devido ao pisoteio e perda de vegetação pelo consumo intensivo.

O fogo tem sido, ao longo dos anos, o único elemento de manejo de gramíneas nativas, sendo utilizado em até três vezes por ano, constituindo-se em importante fator ecológico da região de lavrado, porém com reflexos altamente

significativos e negativos no passivo ambiental decorrente da atividade pecuária, como a perda de nutrientes, compactação do solo, diminuição da produtividade e qualidade da forragem (COSTA, TOWNSEND e MORAES, 2010).

O acesso direto do gado as margens do igarapé, causa processo de supressão da vegetação rasteira, do banco de sementes e de plântulas. Além disso causa degradação do solo, pelo desgaste das margens podendo gerar processos erosivos, alteração da cor e turbidez das águas e assoreamento.

Em relação a criação de pequenos animais, poucas são as propriedades onde os animais têm acesso direto aos recursos hídricos, normalmente os animais são servidos de água em coxos. As pequenas propriedades de produção animal são de subsistência com esporádica venda de excedentes. Essas atividades que são em pequenas quantidades, são consideradas de baixo impacto.

Algumas propriedades têm criação de porcos, mas com quantitativo pequeno, criados em pocilgas, e eventualmente algum proprietário comercializam alguns exemplares.

A criação de suínos é a mais preocupante, pois estes têm a maior capacidade de poluição ambiental devido aos seus dejetos, que podem causar contaminação do igarapé (arraste pelas águas das chuvas), solo (infiltração) e do ar (forte odor que exalam). Em algumas propriedades os proprietários usam o esterco para adubação, onde o esterco é diluído em água e usado nos plantios. Grande parte das pocilgas estão a distancias consideráveis das margens do igarapé, e outras que devem ser ajustadas quanto a isso, devendo ser respeitada a distância mínima de 50 metros e recolhimento das fezes para evitar o arraste pelas águas das chuvas. O contato de porcos as águas do igarapé devem ser proibidas. As fezes desses animais são ricas em nutrientes e patógenos que causam contaminação da água e conseqüentemente a contaminação de seus usuários.

Outra característica observada neste trabalho, foi sobre o manejo e as práticas culturais presentes nos quintais. As propriedades mais estruturadas e que contam com caseiro apresentam quintais agroflorestais bem diversificados com um grande número de plantas frutíferas e de espécies nativas. Muitos não obedecem a um padrão de plantio (espaçamento de acordo com o porte aéreo), mas alguns seguem pequenos padrões de frequência com uma determinada espécie. Em sua grande maioria a presença de plantas frutíferas é a mais presente seguida de hortaliças, ornamentais e plantas medicinais.

Podem ainda conter os quintais animais como galinhas, patos, porcos além de animais domésticos como gatos e cachorros. Outra característica é que esses quintais são normalmente cercados por arame farpado ou cercas de madeira.

Esses quintais são fundamentais para o desfrute dos seus proprietários, que buscam durante o final de semana, um contato com a natureza ou um ambiente rural, onde é possível desfrutar de sombra, fartura de frutas, presença de pássaros e a tranquilidade muitas vezes não presentes na cidade.

A água do igarapé é a principal fonte utilizada para irrigação de culturas presentes nos quintais, seja para subsistências ou destinadas a venda. Há poucas propriedades destinadas à produção comercial de frutas e ou olerícolas.

As principais culturas identificadas ao longo da microbacia hidrográfica foram: Fruticultura (banana, melancia, maracujá, cupuaçu, citros, graviola) associadas em quintais agroflorestais ou isoladas, Hortaliças (alface, coentro, cebolinha, jerimum, abobora, tomate, pimentão, berinjela, entre outros) para subsistência, Grãos (arroz, feijão, milho) para subsistência e soja comercial, em grandes áreas, Criação Animal (bovinos, equinos, porcos, galinha caipira para corte e postura) e uma propriedade com comércio (bebidas e alimentos).

A irrigação é proveniente em 47% das propriedades visitadas que somam 136. Em todas elas se utilizam água do igarapé para irrigar. Na microbacia existem 61 poços amazonas, 11 poços artesianos que podem eventualmente serem utilizados para irrigação, porém grande parte desses poços, as suas águas são utilizadas para abastecimento da casa e dessedentação animal, principalmente para as aves. 56 propriedades são abastecidas exclusivamente pelas águas do igarapé, servindo tanto para uso doméstico como para outras finalidades (como exemplo para dessedentação).

A irrigação é utilizada em maior volume nos períodos de poucas chuvas que vai de abril a setembro. É considerada uma atividade de grande impacto ambiental se for utilizada de maneira indevida ou sem planejamento prévio. A preocupação com o volume adequada de água e os intervalos de uso ainda são de conhecimento de poucos, principalmente pela falta de conhecimento técnico, ou mesmo pela ausência do Estado, que não atende com assistência técnica os pequenos produtores presentes na microbacia. A grande quantidade de água disponível, contribui em muito, para que os proprietários não tenham interesse em buscar orientação técnica, para um uso correto e adequado da água.

A manutenção da cobertura vegetal, principalmente nas áreas próximas a mata ciliar, que são compostas exclusivamente por gramíneas nativas, devem ser mantidas, pois elas, juntamente com as árvores presentes nas bordas dos igarapés, preservam os barrancos e funcionam como um filtro quando as águas superficiais provenientes das chuvas passam entre a vegetação, segurando sedimentos como areia, galhos, lama, folhas e outros materiais não orgânicos como latas e plásticos, preservando o leito do igarapé contra o assoreamento e a antropização. O assoreamento e a erosão são as principais consequências do uso e ocupação irregular do solo.

Na área das nascentes do igarapé, as áreas são alagadas, onde predominam a presença de uma vegetação do tipo gramínea e buritis (*Mauritia flexuosa*), que domina grande parte do percurso da fase inicial da mata ciliar do igarapé, estágio típico de igarapés de savanas. Na área mais próxima a foz, a presença de buritis se torna mais escassa, já que a mata ciliar se apresenta mista com diversas espécies florísticas como a *Xylopia aromática* (pimenta-de-macaco), *Himatanthus articulatus* (sucuba), *Bowdichia virgilioides* (paricanara) e *Genipa americana* (jenipapo). É nessa porção final que o relevo se apresenta mais acentuado e onde se apresenta os maiores pontos de erosão identificados na microbacia.

Existem vários pontos de erosão presentes na microbacia, desde a laminar até voçorocas, que são estágios mais avançados de erosão. Esses processos são decorrentes de vários fatores de uso irregular do solo, como práticas culturais de manter os quintais sempre limpos, deixando os solos desprotegidos e susceptíveis a erosão laminar, estradas de acesso morro abaixo, o qual direciona a água que arrasta o solo para locais mais baixos, podendo chegar igarapé, causando assoreamento.

Em relação aos processos erosivos identificados na microbacia, será feito um parêntese, devido à sua importância e deverá ser destaque em projetos de conservação e preservação ambiental da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento.

6.2.1 Erosão

Os conceitos de erosão são bastante específicos na literatura, sendo o processo que envolve o desgaste, o transporte e a deposição dos solos e das partículas de rochas. É causada por vários fatores que interagem, sendo os seus

agentes a água, os ventos e os seres vivos. Na região tropical a água é o agente mais intenso, causando problemas ambientais graves (CARVALHO et al., 2006).

O processo erosivo depende de fatores externos, como o potencial de erosividade da chuva, cobertura do solo, as condições de infiltração e escoamento superficial e a declividade e comprimento do talude ou encosta, e ainda os fatores internos, como o tipo de solo, estrutura, umidade, desagregabilidade e erodibilidade do solo (CARVALHO et al., 2006).

Na prática, o estudo da erosão é um grande desafio, por que as condições que a influenciam são dinâmicas. É tão complicada de medir, como de modelar. Como são várias as variáveis que a interferem, fica difícil realizar a correlação das propriedades e parâmetros isolados.

Os processos geomorfológicos geralmente são complexos, refletindo não somente a inter-relação entre as variáveis clima, geologia, morfologia, etc., mas também a sua evolução no tempo. Portanto, ao tratar de processos, deve-se sempre ter em mente a noção de espaço em que o processo ocorre e a sua velocidade. No trato dos processos erosivos, é igualmente necessário que se considere a origem da ação dinâmica, o local, o momento e a velocidade de ocorrência (CARVALHO et al., 2006).

A erosão pode ser definida como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela ação da água e do vento. Os processos erosivos constituem em uma forma natural de modelagem do relevo e atuam de modo conjugado aos processos pedogenéticos, onde a quantidade de solo erodida é equivalente à de solo produzido. A ação do homem altera esse equilíbrio, dando origem a erosão acelerada ou erosão antrópica. O homem age tanto de maneira indireta, como a interferências nas condições climáticas, ou direta como o manejo inadequado do solo na agricultura.

A erosão do solo constitui, sem dúvida, a principal causa de degradação acelerada do solo.

Para encontrar soluções adequadas ao problema da erosão, é importante conhecer as inter-relações dos fatores que participam do processo, pois, ainda que alguns não possam ser modificados diretamente, todos podem ser controlados, quando se compreende bem a forma como atuam.

Segundo Carvalho e Melo (2006) para se realizar a recuperação de uma área degradada, tem-se a necessidade de aporte ou retenção do solo, contenção do

processo erosivo, manutenção da biodiversidade e da beleza cênica, ou seja, restauração de suas características originais. Os trabalhos de recuperação de áreas degradadas devem ser realizados, contemplando o plantio de espécies nativas e considerando aspectos como a geomorfologia atual, o solo e a hidrografia local.

A classificação dos solos e o conhecimento de seus atributos são fundamentais para o seu correto manejo, servem para organizar o conhecimento sobre eles, sendo necessário o levantamento de suas características físicas e químicas (MELO et al., 2010).

Segundo Albuquerque, Cassol e Reinert (2000), é fundamental conhecer a estrutura do solo e sua resistência a processos erosivos, pois o conhecimento auxilia na seleção das áreas a serem utilizadas na exploração agrícola, bem como a determinação do tipo e do grau com que as práticas de preservação devem ser empregadas para reduzir a degradação pela erosão.

De maneira geral, as áreas do lavrado sofrem processo de degradação devido ao manejo de técnicas inadequadas. São solos profundos, carentes de nutrientes e suas características estruturais extremamente porosas geram danos ambientais não aparentes, como a excessiva perda de solos por erosão laminar.

Além das características físicas que os solos do lavrado apresentam, outros fatores contribuem significativamente no processo erosivo. As chuvas constantes concentradas nos meses de maio a setembro, associado a vegetação rala, predominantemente de gramíneas, fragilizam o solo, aumentando, o potencial de erodibilidade dos solos.

A chuva está associada a características geológicas e fisiográficas, constituem-se em um dos principais elementos desencadeadores dos processos de erosão hídrica, sendo a intensidade, a duração, a distribuição ou a frequência as que mais interferem, algo bem característicos de regiões amazônicas.

Dentro da microbacia do Igarapé, existem processos erosivos naturais, presentes mesmo antes da ocupação da área, mas atualmente a um grande número de erosões antrópicas presentes na área. As erosões registradas na área são causadas pela água, denominadas de erosões hídricas, sendo a chuva o principal agente causador.

Segundo Carvalho et al. (2006) as erosões antrópicas são classificadas em:

- Erosão superficial ou laminar (fluxo superficial);
- Erosão linear (concentrada)

- a) Sulco
- b) Ravina
- c) Voçoroca

A erosão laminar ou superficial surge do escoamento da água que não infiltra. Ela está associada ao transporte, seja de partículas ou agregados desprendidos do maciço pelo impacto das gotas da chuva, seja de partículas ou agregados arrancados pela força atrativa desenvolvida entre a água e o solo. Apresentam frentes de erosão de forma linear.

O poder erosivo da água em movimento e sua capacidade de transporte dependem da densidade e da velocidade de escoamento, bem como da espessura da lâmina d'água e, principalmente, da inclinação da vertente ou relevo

A erosão linear apresenta três estágios de evolução, podendo o estágio de voçoroca ser atingido com uma duração muito breve. Segundo Carvalho et al. (2006) sulcos são pequenos canais de até 10cm de profundidade, gerados pela concentração do escoamento superficial. Na fase de surgimento dos sulcos, eles normalmente se dão de forma distribuída, não ocorrendo grandes concentrações de água. Ravinas são canais com profundidade superior a 10cm até o limite de 50cm. A partir dos 50cm tem se as voçorocas, onde a profundidade passa a intervir na instabilidade dos taludes associada ou não aos fenômenos de esqueletização ou de erosão interna.

Alguns autores distinguem ravinas de voçorocas a partir do aparecimento de água do lençol freático. Quando a ravina atinge o lençol freático, passa a denominar de voçoroca. Para a região da microbacia do igarapé Água Boa, será considerada a classificação baseada em profundidade, uma vez que a presença de água no lençol freático está relacionada, para a nossa região, ao período de chuvas, que altera bastante o nível de água no lençol freático.

A voçoroca é o processo mais grave de erosão do solo, atuando em separado ou conjuntamente outros processos erosivos como: erosão superficial, erosão interna, solapamento, desabamentos, escorregamentos de taludes e queda em blocos. Esse estágio de erosão é o mais complexo para se corrigir.

Cabe ressaltar que a erosão causada por atividade antrópica é um problema ambiental e que seu efetivo controle deve ser feito por práticas de prevenção, pois uma vez iniciada, seu controle é, dependendo das variáveis que a norteiam, difícil e oneroso.

Grande parte dos processos erosivos encontrados nas propriedades localizadas na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, não estão vinculada as atividades agrícolas de grande porte, os quais necessitam de licenciamento ambiental, mas a atividades em pequenas propriedades que utilizam práticas irregulares de manejo do solo como capina intensiva (mantendo o solo desprotegido de vegetação), de estradas (estradas retilíneas morro abaixo) e concentração do escoamento superficial das águas das chuvas (valas de escoamento) (Figura 29).

Figura 29 – Erosões presentes nas estradas de acesso as propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Uma prática muito comum nas áreas do entorno da casa, ou seja, nos quintais é manter o terreno sempre bem capinado, limpo (Figura 30), pois os moradores alegam que essa prática mantém cobras e outros animais peçonhentos longe das casas, porém essa prática traz consequências ao solo, pois durante o período chuvoso, as gotas das chuvas causam o desprendimento das partículas do solo, e posterior arraste superficial para cotas mais baixas, que no caso, é o leito do igarapé, podendo ainda causar a compactação das camadas superficiais.

Foram identificadas 19 propriedades que tem cultivo agrícola, com área média de 1,2 hectares, onde 70% das propriedades cultivam frutícolas. São pomares agrícolas presentes nos quintais, onde ocorre os maiores processos de erosão laminar.

Das 136 propriedades visitadas, 50 apresentavam pontos de erosão, com um ou mais tipos de erosões associadas. A grande maioria dos pontos de erosão estão relacionadas ao médio e baixo curso.

Os tipos de erosões identificados foram:

- 50 pontos de erosão laminar,
- 22 pontos de erosão por sulco,
- 10 pontos de erosão por ravina e
- 06 pontos de erosão por voçoroca.

Figura 30 – Erosões laminares presentes nos quintais das propriedades localizadas na microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Dependendo do relevo de cada propriedade e da área desprovida de vegetação, um dos maiores efeitos é o aumento do escoamento superficial e compactação do solo, gerando um arraste de sedimentos, causando efeitos erosivos, inicialmente laminar e quando mais graves, ocorre o aparecimento de erosões por sulco, ravina até voçorocas, aumentando a quantidade de sedimentos no igarapé (assoreamento), que podem determinar maiores frequências de inundações e alterações físico-químicas da água e o comprometimento de ecossistemas ligados ao ambiente fluvial (Figura 31).

Essa prática de capina, que deixa o solo descoberto, causa uma compactação superficial do solo, causado pelo embate das gotas de chuva sobre o solo, causando um rearranjo das partículas superficiais do solo, onde os grãos mais finos preenchem os poros do solo (macroporos), dificultando a infiltração, aumentando o arraste superficial de sedimentos os quais vão se acumulando nas cotas mais baixas.

O preenchimento dos poros por sedimentos mais finos, causa a compactação do solo dificultando a infiltração de água no solo, comprometendo o enraizamento e o desenvolvimento das plantas do pomar ou mesmo causando a morte delas.

Figura 31 – Processo de arraste superficial do solo hidrográfica, se deslocando para o leito do igarapé em propriedades localizadas na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Os processos de erosão laminar são perceptíveis pela exposição da rede hidráulica, de raízes das árvores presentes nos quintais e o predomínio de plantas daninhas como a malícia ou dormideira (*Mimosa pudica*) e o relógio ou vassoura (*Sida acuta* Burm. F.) que são mais adaptadas a ambientes degradados.

Os processos erosivos identificados na microbacia do igarapé são apresentados na figura 32.

A manutenção da vegetação natural proporciona maior capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo, aumentando assim, o tempo de caminhamento da água ao leito do manancial. A vegetação tende a reduzir os efeitos do escoamento superficial e de desagregação do solo causado pelos impactos das gotas da chuva e a formação de selamento superficial.

As ravinas e voçorocas são estágios posteriores a erosão por sulco, podendo ou não estarem associadas.

Figura 32 – Processos erosivos em propriedades localizadas na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista–RR.



Figura 32.1 – Compactação do solo pela rosão laminar



Figura 32.2 – Exposição das raízes pela erosão laminar



Figura 32.3 – Arraste superficial do solo pela erosão laminar



Figura 32.4 – Erosão por sulco na estrada de acesso



Figura 32.5- Erosão por sulco na estrada de acesso



Figura 32.6 – Erosão por Ravina na estrada de acesso



Figura 32.7 – Ravina



Figura 32.8 – Voçoroca na margem do igarapé



Figura 32.9 – Voçoroca

Fotos: John Amorim (2016)

Outro contribuinte no processo erosivo são os canais de drenagem, provenientes dos desagües dos telhados das residências e das estradas de acesso. Esses processos antrópicos (causados pelo homem) estão modificando a drenagem natural da microbacia, desencadeando um arraste de sedimentos para o igarapé além do normal (Figura 33). O direcionamento dos canais para áreas planas e cobertos por gramíneas dispersa o fluxo e ameniza o seu potencial erosivo.

Figura 33 – Voçorocas as margens do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR.



Fotos: John Amorim (2016)

Assim, os danos ambientais causados por erosões ficam muitas vezes despercebidas pelos moradores/proprietários, os quais não sabem que estão também infringindo a legislação ambiental.

Os solos do lavrado apresentam características de revelo plano, muito presente nas cabeceiras a levemente ondulados em direção a sua foz, sendo que quanto mais planos, os solos são menos susceptíveis a erosão. Porém Melo et al. (2010) relatam que os Latossolo amarelo e Argissolo azincentado, solos presentes na microbacia do igarapé são constituídos de caulinita, como principal mineral da fração argila, que os tornam muito susceptíveis a erosão, principalmente a laminar. Portanto, medidas de proteção da cobertura vegetal do solo, tanto morta (folhas, palhadas, pó de serra, casca de arroz) como viva (gramíneas e leguminosas) são práticas que preservam e protegem o solo contra a erosão. A ceifa do mato é um dos métodos mais fáceis e econômicos de proteger o solo contra os processos de erosão, pois

mantém a vegetação viva que agrega matéria orgânica e mantém as raízes que seguram o solo. Em terrenos com declive utilizar barreiras vegetais e patamares, que funcionam como barreira no controle do arrasto superficial (Figura 34). A topografia do solo na área da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, permite a construção de estradas em forma de “S” morro abaixo, o qual é uma das soluções para se evitar erosão, conservando as estradas, os solos e os recursos hídricos.

Figura 34 – Ceifa do mato e barreira de plantas



Fotos: John Amorim (2016)

7 QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO

A água doce é um recurso natural finito cuja qualidade e quantidade vem piorando devido ao aumento da população e a ausência de políticas públicas voltadas para a sua conservação. Os cuidados com os recursos hídricos devem ser observados desde ao processo de captação, distribuição, uso e descarte pela população

Os maiores meios de contaminação em centros urbanos é a produção e destinação dos resíduos de esgoto (doméstico e industrial) e no meio rural as águas provenientes de processos de erosão e lixiviação que levam restos orgânicos, nutrientes e resíduos tóxicos (defensivos agrícolas) para os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

As análises da qualidade da água se fazem necessárias para verificar se o Igarapé Água Boa do Bom Intento pode estar sofrendo alterações de potabilidade e de balneabilidade pelos tipos de usos domésticos, sanitários e agrícolas (irrigação, dessedentação animal, piscicultura, plantios de grãos, plantios frutícolas, etc.) presentes na microbacia hidrográfica. Esse controle se faz necessário para que possa apontar e corrigir possíveis impactos que estejam ocorrendo no recurso hídrico.

A análise da qualidade da água foi realizada em 5 (cinco) pontos do Igarapé Água Boa do Bom Intento, distribuídas desde o primeiro lote até o ponto mais próximo do encontro do Igarapé com o rio Branco. Foram feitas análises químicas, físicas e microbiológicas dos seguintes parâmetros: a) pH, b) temperatura, c) condutividade, d) sólidos totais dissolvidos (TDS), e) turbidez, f) coliformes totais e g) coliformes termotolerantes.

Com o intuito de oferecer um aspecto geral do significado ambiental dos parâmetros analisados, foram feitas algumas considerações acerca dos elementos físicos, químicos e microbiológicos analisados.

O potencial hidrogeniônico (pH), refere-se à concentração do íon hidrogênio $[H^+]$ e é considerado um parâmetro de qualidade muito importante das águas naturais e das águas residuais, porque o seu valor determina todos os equilíbrios que se estabelecem na água. A forma usual de expressão da concentração do íon hidrogênio é o pH, cuja definição é a seguinte: $pH = -\log_{10} [H^+]$ ($0 \leq pH \leq 14$). Conforme os valores de pH, as águas são classificadas em ácidas, cujos valores de pH são menores do que 7; neutras, quando o valor do pH é igual a 7; e alcalinas, cujos

valores do pH são maiores do que 7. O pH, além de controlar a maior parte das reações químicas na natureza, controla, também, e a atividade biológica que na maior parte dos casos, só é possível entre os valores de pH 6 e 8 (SOUSA, 2001).

As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e os corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como, estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (CETESB, 2016). A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C. Em relação às águas para consumo humano, temperaturas elevadas aumentam as perspectivas de rejeição ao uso (BRASIL, 2014).

Por sua vez, a condutividade elétrica indica a capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior é a oportunidade para a ação eletrolítica e, portanto, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. Muito embora não se possa esperar uma relação direta entre condutividade e concentração de sólidos totais dissolvidos, já que as águas naturais não são soluções simples. Enquanto as águas naturais apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais os valores podem chegar até 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (BRASIL, 2006). Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes (CETESB, 2016).

Os sólidos totais dissolvidos representam analiticamente a concentração total de sólidos (sólidos totais) numa água e é definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação de 103 a 105 °C. Os sólidos totais, ou o resíduo após evaporação, podem ser divididos em sólidos em suspensão e sólidos filtráveis. Usualmente o filtro é escolhido de tal forma que o diâmetro mínimo dos sólidos em suspensão é cerca de 1 micron (μ). A fracção dos sólidos em suspensão inclui os sólidos sedimentáveis que decantam após um período de 60 minutos. A fracção dos

sólidos filtráveis é constituída por sólidos coloidais e dissolvidos. Os sólidos coloidais incluem as partículas, com um diâmetro aproximado compreendido entre 1 milimicron e 1 micron. Os sólidos dissolvidos incluem moléculas orgânicas e inorgânicas que estão em solução na água. Cada uma das categorias referidas pode, ainda, ser classificadas de acordo com a sua volatilidade a 600 °C. Esta classificação destina-se a averiguar as parcelas orgânica e inorgânica dos sólidos totais. À temperatura de 600 °C, a parte orgânica dos sólidos volatiliza e a parte inorgânica permanece sob a forma de cinzas. Assim, são definidos os sólidos em suspensão voláteis e os sólidos em suspensão fixos como sendo, respectivamente, a parcela orgânica e inorgânica dos sólidos totais (SOUSA, 2001).

A turbidez de uma amostra de água determina o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (esta redução dá-se por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral, entre outros (CETESB, 2016).

Em regiões com solos erodíveis, a turbidez tende a ser alta, pois a precipitação pluviométrica pode carrear partículas de argila, silte, areia, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. Grande parte das águas de rios brasileiros é naturalmente turva em decorrência das características geológicas das bacias de drenagem, ocorrência de altos índices pluviométricos e uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas. Ao contrário da cor, que é causada por substâncias dissolvidas, a turbidez é provocada por partículas em suspensão, sendo, portanto, reduzida por sedimentação. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez da água pode também ser causada por lançamentos de esgotos domésticos ou industriais (BRASIL, 2006).

Os coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) são bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β - galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*,

Citrobacter, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo (BRASIL, 2013).

Já os coliformes termotolerantes são definidos como micro-organismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, a espécie termotolerante *E. coli* é de origem exclusivamente fecal, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, em percentuais confiáveis para sua utilização como parâmetro de definição da poluição fecal e risco para a utilização de fontes de água, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais micro-organismos podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição. A *E. coli* é a única que vive no intestino humano. Vale destacar que a *E. coli* não causa problemas à saúde quando está no intestino, pois é uma bactéria normal nesse local (CETESB, 2016; MMA, 2005).

O objetivo do exame microbiológico da água é fornecer subsídio a respeito da sua potabilidade, isto é, ausência de risco de ingestão de micro-organismos causadores de doenças, geralmente provenientes da contaminação pelas fezes humanas e outros animais de sangue quente. Vale ressaltar que os micro-organismos presentes nas águas naturais são, em sua maioria, inofensivos à saúde humana (BRASIL, 2013). Porém, na contaminação por esgoto doméstico estão presentes microorganismos que poderão ser prejudiciais à saúde humana e ao meio aquático.

Dado que a identificação dos microrganismos patogênicos é difícil e dispendiosa, é habitual considerar a contagem de bactérias coliformes (coliformes totais, coliformes fecais, *E. Coli* e estreptococos fecais) como um indicador da presença de microrganismos patogênicos e de águas residuais de origem fecal. Cada pessoa rejeita, em média, 2×10^9 coliformes/dia. Se admitir uma capitação de 100 L/hab.dia, a ordem de grandeza da contagem de coliformes é de 2×10^6 coliformes/100 ml, o que representa um número bastante elevado. A presença de coliformes numa água é tomada como uma indicação de que possam existir microrganismos patogênicos. Ao contrário, a não existência de coliformes é tomada como uma indicação de que uma água não contém microrganismos patogênicos (SOUSA, 2001).

Para os parâmetros de contaminação por micro-organismos patógenos, não se usa mais o termo Coliformes fecais, hoje os termos laboratoriais são denominados de coliformes termotolerantes e inclui a *Escherichia coli* e espécies dos gêneros *Klebsiella* e *Enterobacter*. Desses, apenas a *E. coli* tem presença garantida nas fezes, humanas e animais homeotérmicos com percentuais em torno de 96 a 99%, sendo esta usada como parâmetro de avaliação bacteriológica da contaminação da água

A legislação federal iniciou as discussões e estudos a respeito do enquadramento dos corpos de água segundo classes de usos preponderantes, padrões de qualidade e outras disposições relativas ao lançamento de poluentes em corpos de água inicialmente através da resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, mas com a incorporação dos novos conhecimentos obtidos pela intensa evolução tecnológica sobre parâmetros importantes para avaliação dos recursos hídricos, foi necessário revisar e atualizar a resolução, surgindo a Resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005 (MMA, 2005) que dispendo sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Essa nova Resolução trouxe uma harmonização com as disposições da Política de Recursos Hídricos (plano de bacia, outorga, cobrança e novas diretrizes enquadramento), Meio ambiente (licenciamento ambiental) e Saúde (Portaria nº 2.914/2011 vigilância da qualidade da água para consumo humano).

A Resolução CONAMA 357/2005 (MMA, 2005) e a Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000 (MMA, 2001) que trata da balneabilidade de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário, tem o propósito primário de exigir padrões de qualidade da água a proteção à saúde pública e à proteção a vida aquática. Por isso, os critérios adotados para assegurar essa qualidade têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que garantirão a segurança aos usuários e a preservação da qualidade dos ambientes aquáticos.

No Quadro 1 estão as análises dos parâmetros avaliados. As coletas foram feitas nos meses de verão (estiagem), período de maior utilização dos recursos hídricos. Os pontos 1 e 2 são do alto curso, 3 e 4 médio curso e o 5 do baixo curso.

Segundo a Resolução CONAMA 357 de 2005, as águas doces do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos

preponderantes, em cinco classes de qualidade e padrão, sendo a I, denominada de classe especial, de melhor qualidade e padrão e a classe V a de pior qualidade e padrão.

I Classe especial: as águas são destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Quadro 1 – Data e principais parâmetros de análise de recursos hídricos superficiais do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista-RR.

1ª coleta 07/12/2017							
Pontos	T, °C	pH	Condutividade, μ S	Sólidos Totais, ppm	Turbidez, NTU	Coliformes totais por 100 mL	Coliformes termotolerantes por 100 mL
1A	31,0	5,8	139,0	70,0	2,25	180	10
2A	31,0	4,6	7,7	3,8	1,24	150	5
3M	31,0	4,4	7,3	3,7	1,76	150	5
4M	31,0	4,3	7,5	3,8	1,11	130	5
5B	31,0	4,9	6,0	3,0	1,69	138	5
Média	31,0	4,8	33,5	16,86	1,61	150	6
2ª coleta 27/02/18							
Pontos	T, °C	pH	Condutividade, μ S	Sólidos Totais, ppm	Turbidez, NTU	Coliformes totais por 100 mL	Coliformes termotolerantes por 100 mL
1A	30,7	5,0	7,8	4,1	1,32	150	8
2A	31,0	4,8	7,5	4,0	1,25	140	5
3M	31,0	4,7	7,3	3,8	1,88	140	5
4M	31,2	4,3	7,4	3,8	1,21	140	5
5B	31,0	4,8	6,5	3,3	1,65	140	5
Media	31,0	4,7	7,3	3,8	1,46	142	5,6
3ª coleta 03/05/18							
Pontos	T, °C	pH	Condutividade, μ S	Sólidos Totais, ppm	Turbidez, NTU	Coliformes totais por 100 mL	Coliformes termotolerantes por 100 mL
1A	29,8	5,1	8,1	8,5	1,45	300	15
2A	29,9	4,7	8,0	8,8	1,50	380	12
3M	30,5	4,6	7,9	8,8	1,52	380	12
4M	30,5	4,5	7,9	8,5	1,38	400	10
5B	31,0	4,6	7,9	8,8	1,51	460	10
Média	30,3	4,7	7,9	8,7	1,47	384	11,8

II Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam

ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III Classe 2: águas que podem ser destinadas: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

IV Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.

V Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação; e à harmonia paisagística.

As águas para destinação para a recreação de contato direto, tais como natação, esqui aquático e mergulho, as exigências de qualidade e padrões devem ser observadas segundo a Resolução CONAMA nº 274, de 2000, que trata das condições de balneabilidade.

Para o enquadramento em classes as águas devem atender a referências quando as condições de qualidade e de padrões das águas.

Os 7 padrões avaliados, conforme o Quadro 1, não são suficientes para confirmar a classe à qual poderia ser enquadrada o igarapé Água Boa do Bom Intento, porém dá um primeiro diagnóstico de como está a saúde ambiental do igarapé e quais atitudes teremos que mudar para garantirmos a conservação do igarapé para as atuais e futuras gerações.

Os coliformes termotolerantes encontrados em 3 períodos de coleta atendem a exigência em referência a Resolução CONAMA 357/2005, para classe especial o qual determina um limite de até 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Porém esses dados não podem ser considerados como referência para a classificação, pois esse quantitativo não atende quanto ao número de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

A presença de bactérias coliformes fecais em ambientes aquáticos indica que a água tenha sido contaminada com o material fecal de homem ou outros animais. No momento que isso ocorreu, a água da fonte pode ter sido contaminada por patógenos ou bactérias produtoras de doença ou vírus que também podem existir no

material fecal. Algumas doenças patogênicas transmitidas pela água incluem febre tifóide, gastroenterite viral e bacteriana e hepatite A. A presença de contaminação fecal é um indicador de que um risco potencial para a saúde existe para indivíduos expostos a essa água. Os coliformes fecais podem ocorrer em água ambiente como resultado do excesso de esgoto doméstico ou fontes difusas de dejetos humanos e animais.

Entretanto, algumas variantes podem desencadear distúrbios gastrointestinais caracterizados por diarreia aquosa. Além disso, essa bactéria está relacionada com infecções urinárias, pneumonias e meningites.

Quando encontramos esse tipo de bactéria em amostras de água, por exemplo, é um grande indicativo de que essa água foi contaminada por fezes e esgoto. Sendo assim, os coliformes termotolerantes, mais especificamente a *E. coli*, são usados frequentemente para avaliar a qualidade da água e indicar a contaminação por fezes. Essa avaliação é importante, pois permite a prevenção de doenças que são transmitidas pelas fezes, como algumas verminoses.

O problema segundo Mattos e Silva (2002), é quando está relacionado com falta de estrutura sanitária e principalmente o manejo inadequado de dejeções humanas e de animais incorporadas ao solo, são os fatores mais importantes de contaminação dos recursos hídricos, essa afirmação também é descrita por Brito et al. (2017), onde 60 % das amostras de água analisadas estavam relacionadas a contaminação por coliformes termotolerantes, em coletas próximas de fossas sépticas e de currais de animais.

Quanto a turbidez para a classe especial as águas do Igarapé apresentam unidades bem abaixo da exigida na Resolução CONAMA 357/2005, de até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT). A turbidez é uma medida da capacidade que a água tem de interferir na passagem de luz através dela. A presença de turbidez pode deixar a água com a aparência desagradável, como também prejudicar no processo de fotossíntese. Os fatores de maiores riscos ao aumento da turbidez na microbacia do Igarapé Água Boa do Bom Intento são as atividades de desmatamento e manejo agrícola do solo que deixam os solos expostos, podendo causar o arraste superficial de solo, aumentando a quantidade de sedimentos no corpo hídrico. Mesmo no período de estiagem, onde as águas estão mais baixas e com tendência ao aumento de sólidos em suspensão, as coletas demonstram baixos valores para a turbidez.

Os sólidos totais para a classe especial segundo a Resolução CONAMA 357/2005 é de até 500 ppm ou mg/l, ou seja, o quantitativo de todas as amostras realizadas no igarapé, estão bem abaixo do que determina a Resolução para enquadramento de água doce em classe especial. A primeira coleta do ponto 1, tem valor de 70 mg/l, diferentemente das demais que variam de 3,0 a 8,8 mg/l. O valor mais elevado pode ser decorrente de algum distúrbio eventual, tendo em vista que os valores não se repetiram nas demais coletas. Percebeu-se também uma elevação dos valores nos 5 pontos da última coleta, isso provavelmente foi influenciado pelas chuvas iniciais do mês de março.

O pH varia entre 4,3 a 5,1, isso caracteriza águas ácidas e podem ser decorrentes a fatores de origem natural (dissolução de rochas, fotossíntese) ou antropogênica (despejos domésticos e industriais). Para a adequada manutenção da vida aquática, o pH deve situar-se geralmente na faixa de 6 a 9 (BRASIL, 2005). Existem, no entanto, várias exceções a essa recomendação, provocadas por influências naturais, como é o caso de rios de cores intensas, em decorrência da presença de ácidos húmicos provenientes da decomposição de vegetação. Nessa situação, o pH das águas é sempre ácido (valores de 4 a 6), como pode ser observado em alguns cursos d'água na planície amazônica (BRASIL, 2006). Porém o que se observa é a existência de um ambiente aquático naturalmente ácido em função da composição química dos solos presentes na microbacia. São solos profundos, ácidos, a fortemente ácidos, com baixos valores de cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , e K^{+}), com Al dominando o complexo de troca e baixos teores de fósforo disponível (MELO et al 2010). Ferreira et al. (2012) encontraram baixo pH (4,1 a 4,9) em águas superficiais de igarapés de terra firme na Amazônia, com floresta primária intacta ou com pouca ação antrópica, o qual o pH é resultado de solos de formação geológica de forte acidez.

Águas com pH abaixo de 5,0 são característicos de igarapés amazônicos encontrados em ambientes naturais, e que valores acima do indicado representam águas afetadas pela ação do homem.

A temperatura das águas do igarapé não sofre alterações, uma vez que a microbacia hidrográfica do igarapé está presente próximo a linha do equador onde as temperaturas e irradiações solares não sofrem grandes alterações. As temperaturas entre 29,8 a 31,2°C exerce influência marcante na velocidade das reações químicas,

nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias, além de proporcionarem condições ideais para a balneabilidade e ao consumo humano.

A condutividade elétrica sofre influência dos sedimentos, uma vez que provém da dissolução de sólidos na água como sais de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos. Em apenas uma amostra e somente na primeira coleta ($139 \mu\text{S cm}^{-1}$) houve valor acima de $100 \mu\text{S/cm}$, como recomenda Ministério da Saúde (BRASIL, 2006) onde as demais amostras obtiveram valores entre $6,0$ a $8,1 \mu\text{S cm}^{-1}$, bem abaixo do recomendado. Coletas mais regulares e o monitoramento das atividades agrícolas nas propriedades do entorno da microbacia, incluindo a fazenda de piscicultura presente na cabeceira do igarapé (alto curso), poderá confirmar se as águas estão sofrendo alterações que modifiquem a condutividade elétricas das águas do igarapé.

No igarapé Bolívia localizado em Manaus - AM, onde o mesmo apresenta bom estado de conservação e com pouca ação antrópica, Ferreira et al. (2012) encontraram valores de condutividade elétrica que variam de $6,4$ a $20,6 \mu\text{S cm}^{-1}$, já em igarapés que sofrem intenso processo de antropização, os valores variam de $81,6$ a $194,5 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Segundo Ferreira et al. (2012), os Latossolos na Amazônia apresentam pobreza em íons, e as águas superficiais que o drenam, também apresentam pobreza em íons, indicando águas com baixa condutividade elétrica.

Cabe ressaltar que quanto a Resolução CONAMA 357/2005, ao que se refere a classificação das águas doces em classe especial, foram ainda observadas outras referências que são necessárias à sua classificação, e que foram atendidas quanto as condições de qualidade da água, como segue:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos,
- b) ausência de materiais flutuantes;
- c) ausência de óleos e graxas,
- d) ausência de substâncias que comuniquem gosto ou odor,
- e) ausência de corantes provenientes de fontes antrópicas,
- f) ausência de resíduos sólidos objetáveis.

As amostras 3 e 4, localizadas no médio curso, e a amostra 5 localizadas no baixo curso recebem água do igarapé Brasileirinho, único efluente termitente do igarapé Água Boa do Bom Intento, demonstrando que não sofrem alterações significativas quando comparadas aos pontos 1 e 2 do alto curso, indicando que o

igarapé Brasileirinho ainda mantem as suas águas com as características ambientais preservadas.

Quanto a potabilidade segundo a portaria 2.914 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, é considerada água potável sem tratamento aquela que apresentar conformidade com padrão microbiológico, de ausência de *Escherichia coli* em uma amostra de 100 ml, coletadas semestralmente. Assim as águas superficiais devem passar por tratamento primário como filtração, fervura e ou cloração.

O Ministério da Saúde (2014) recomenda que as águas que não possuem tratamento fitossanitário realizado pelo sistema público, deva ser filtrada (com filtro doméstico, coador de papel ou pano limpo) e posteriormente, fervida. A fervura da água elimina bactérias, vírus e parasitas; por isso, é o método preferencial para tratamento da água de consumo humano. Caso não seja possível ferver, obter água de uma fonte que não tenha sido contaminada por esgoto e realizar a filtração (com filtro doméstico, coador de papel ou pano limpo) e posterior tratamento com hipoclorito de sódio. A fervura deve ser de 5 minutos e o uso de hipoclorito de sódio de 2 a 4 gotas de concentração 2 a 2,5%, para cada 1 litro de água. Essa solução deve ser guardada dentro de um recipiente não transparente, como um pote de barro ou uma garrafa térmica, por exemplo. É importante manter o recipiente tampado e esperar 30 minutos após pingar as gotinhas para consumir a água. Este tempo é necessário para que o desinfetante faça efeito, mantendo todos os microrganismos. A água purificada com hipoclorito de sódio serve para beber, cozinhar, lavar legumes, frutas e hortaliças, lavar a louça e tomar banho.

Quanto ao balneabilidade que trata a Resolução CONAMA no 274, de 2000, é considerada como uma categoria excelente, as águas que apresentarem até 250 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Assim as águas do igarapé, segundo a resolução, podem ser utilizadas para recreação de contato primário, que é o contato direto e prolongado com a água (tais como natação, mergulho, esqui-aquático) na qual a possibilidade de o banhista ingerir água é elevada. Porém esses dados não podem ser considerados como referência para a classificação em água excelente para balneabilidade de contato primário, pois o quantitativo de amostras realizadas não atende quanto ao número de pelo menos 5 amostras por semana anteriores, colhidas no mesmo local.

8. ANÁLISE INTEGRADA DA DINÂMICA DA PAISAGEM DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DO BOM INTENTO

O estudo da dinâmica da paisagem da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, através da integração e da análise dos elementos fitogeográficos e antrópicos, adquire importância fundamental para o entendimento da organização do espaço geográfico para o planejamento da utilização racional dos recursos ambientais.

O levantamento atual das condições ambientais da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento revela que a paisagem está em processo de transformação, através de inúmeras atividades humanas vem causando alterações no ambiente natural. As atividades agrosilvopastoris e de lazer são as que mais estão causando modificações na qualidade hídrica, na diminuição da vegetação natural e deterioração dos solos (Quadro 2).

A região do lavrado onde se localiza a microbacia hidrográfica estudada apresenta diferentes processos contínuos de descaracterização, que variam de acordo com o processo de urbanização e dos diferentes tipos de usos agrícolas. A ocupação das margens do igarapé para a balneabilidade e ou lazer, vem trazendo um contínuo processo de urbanização pelos seus proprietários e a ocupação dos campos abertos pelos fazendeiros vem sendo cada vez mais utilizados para o plantio de grãos, criação pecuária e piscicultura.

A microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento possui área de aproximadamente 271,79 km², com comprimento de 32,19 km. Corresponde a uma bacia hidrográfica de 3ª ordem segundo o método de ordenamento de canais proposto por Strahler (1957 apud Christofolletti, 1980). Apresenta um padrão de drenagem que na classificação de Christofolletti (1980), se enquadra no tipo dendrítica, pois possui uma forma arborescente.

O igarapé apresenta pequenos afluentes que o alimentam, mas na sua grande maioria são termitentes, sendo o único perene o igarapé Brasileirinho. O igarapé Água Boa do Bom Intento desagua no rio Branco, principal rio do Estado de Roraima. As águas do igarapé são claras, transparentes, ácidas e com pouquíssimos sedimentos. O igarapé não é navegável, mesmo no período de cheias, pois a uma grande presença de árvores invadindo seu leito.

Os igarapés são muito presentes nas áreas de lavrado do estado e devido as condições de acesso e das características físicas, químicas e biológicas das suas águas, são muito utilizadas como áreas para balneabilidade. Algumas propriedades à utilizam para atividades agrícolas, porém a divisão em pequenos lotes é mais atrativa para o mercado imobiliário para venda como “banhos”. As áreas do entorno dessas pequenas propriedades são comercializadas em grandes propriedades, onde são utilizadas para a pecuária e plantio de grãos, principalmente a soja, que está em expansão no Estado. Assim as características das propriedades são de pequenas chácaras, sem moradores fixos, que a utilizam somente aos finais de semana, que mantem caseiros para a manutenção das benfeitorias e os poucos que residem, são aposentados ou agricultores de subsistência.

De todos os elementos naturais que compõe a dinâmica de uma área, a cobertura vegetal pode ser considerada como um importante indicador de transformação do ambiente, uma vez que ela revela visualmente o tipo de ocupação desse ambiente (TELES E PIMENTEL, 2015).

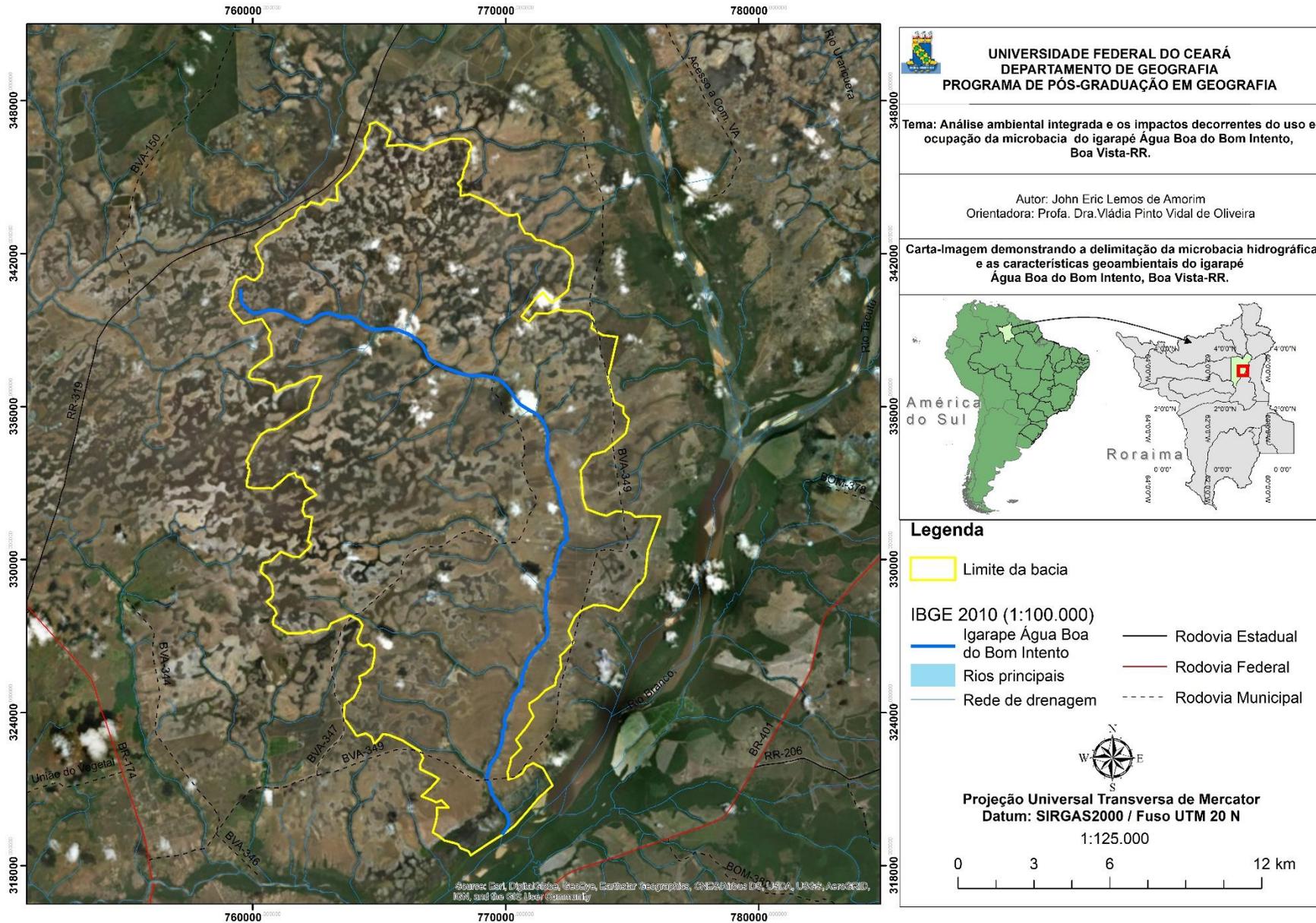
As imagens de satélite da aérea da microbacia presentes nas Figuras 6, 9, 13 e 23, demonstram como é o tipo de cobertura vegetal e como os elementos são facilmente identificados através de sua cor e forma. A presença ou ausência de vegetação é um importante indicador de como os elementos naturais estão presentes e como eles influenciam na dinâmica de um determinado geossistema.

Na área de estudo é possível observar que existe uma extensa área com predomínio de gramíneas, uma estreita faixa de mata de galeria e várias áreas com a presença de lagoas (Figura 35). O processo de ocupação da bacia hidrográfica pode ser detalhada nas Figuras 9, 11, 13 e 15.

A distribuição da vegetação natural indica as características que a área vai sendo ocupada, pois a organização territorial e as atividades desenvolvidas possuem forte relação com os elementos naturais.

A partir dessas características entre a sociedade e os recursos naturais da área, foi realizado um mapeamento do uso da terra para indicar a distribuição geográfica das tipologias de uso, identificadas por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre, que estruturam o geossistema.

Figura 35 – Carta imagem demonstrando a delimitação da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista – RR e as características dos componentes geoambientais.



Quadro 2 – Sistemas ambientais, com as unidades geoambientais, caracterização, formas de ocupação e uso, impactos ambientais e propostas de mitigação.

Unidade Geoambiental	Caracterização	Formas de ocupação e uso	Impactos ambientais	Propostas de mitigação
Savana Parque	Presente na formação Boa Vista, sedimentar, relevo plano a suave ondulado, Latossolo amarelo e Argissolo acinzentado vegetação presente em agrupamento de espécies lenhosos (moitas) de elevada área basal, densidade de indivíduos e grau de cobertura.	Sítios utilizados para o lazer e subsistência, Fazendas de Pecuária de corte e de Plantio de grãos (soja, milho, sorgo).	Erosão laminar e sulco, supressão vegetal, contaminação por esgoto doméstico, lixo orgânico e inorgânico. Queimadas	Manutenção da reserva legal e APP, controle da erosão, coleta de lixo para Boa Vista, Esgoto por zona de raízes, compostagem. Queima controlada.
Savana gramínea	Presente na formação Areias Brancas, sedimentar, vegetação com dominância do extrato graminoso e pela presença ou não de espécies sub-arbustivas. Presença de lagoas temporárias e permanentes, solo Argissolo acinzentado alumínico e relevo plano	Sítios utilizados para o lazer e subsistência, Fazendas de Pecuária de corte, Piscicultura e de Plantio de grãos (soja, milho, sorgo).	Soterramento e drenagem de lagoas temporárias, supressão vegetal, erosão laminar e sulco, queimadas.	Manutenção da reserva legal e APP, controle de erosão, proteção de lagoas temporárias. Queima controlada.
	Presente na formação Areias Brancas, sedimentar, vegetação com presença de extrato graminoso, com maior densidade de espécies arbóreo-arbustivas, solos Argissolo acinzentado alumínico e relevo plano.	Sítios utilizados para o lazer e subsistência, Fazendas de Pecuária de corte e de Plantio de grãos (soja, milho, sorgo).	Erosão, erosão laminar e sulco. Queimada	Recuperação de áreas desmatadas, Controle da erosão, queima controlada, Manutenção da reserva legal e APP.
Pequenas ilhas de florestas	Presentes tanto em áreas de formação Boa Vista como em áreas de formação Areias Brancas, com vegetação em Ilhas com a presença de árvores de grande porte e de sub-bosque, e ausência de gramíneas no seu interior. Geralmente apresentam forma circular ou elíptica, com solos Latossolo amarelo alumínico e relevo plano a suave ondulado	Sítios utilizados para o lazer e subsistência.	Queima, poluição por lixo.	Recuperação de áreas desmatada, Coleta de lixo para Boa Vista, Esgoto por zona de raízes, compostagem. Manutenção da reserva legal e APP.
Matas de galerias	Presentes tanto em áreas de formação Boa Vista como Areias Brancas, são formações florestais ou outros tipos de vegetação que estão presentes nas margens dos rios, córregos, lagos, riachos e igarapés. Os solos são os Latossolo amarelo alumínico, o Argissolo acinzentado alumínico e Neossolos Flúvicos, relevo ondulado.	Sítios utilizados para o lazer e subsistência. Fazendas de Pecuária de corte e piscicultura.	Poluição por esgoto doméstico, lixo orgânico e inorgânico, erosão laminar, sulco, ravina e voçoroca.	Recuperação de áreas desmatadas, controle da erosão, coleta de lixo para Boa Vista, Esgoto por zona de raízes, compostagem. Proteção de APP.
Áreas encharcadas	Presente na formação Areias Brancas, sedimentar, com vegetação predominante de Buritizais (<i>Mauritia flexuosa</i>) presentes em áreas encharcadas ou em leitos de igarapés e lagos, solos Latossolo amarelo, Argissolo acinzentado e Neossolos Flúvicos e relevo plano.	Pequenas propriedades (sítios/balneários), Fazendas de Pecuária de corte, piscicultura e de Plantio de grãos (soja, milho, sorgo).	Soterramento, assoreamento, poluição por lixo orgânico e inorgânico	Recuperação de áreas desmatadas, proteção e limitação por cercas à presença de bovinos. Manutenção de APP.

Elaborado por John Amorim, (2018)

Em termos geológicos, geomorfológicos, climáticos e fitogeográficos, as áreas do lavrado presentes na microbacia hidrográfica estudada, apresentam de forma abrangente, áreas heterogêneas.

Geologicamente a área da microbacia hidrográfica do Igarapé Água Boa do Bom Intento está no domínio Guiana Central, representado por rochas que dominam amplamente o cenário da formação Boa Vista e por cobertura sedimentar recente na formação Areias Brancas. O conhecimento desta formação se faz necessária para a compreensão da dinâmica e evolução do relevo, possibilitando entender os acontecimentos e conhecer as potencialidades de usos da terra de acordo com a capacidade de suporte dos ambientes.

O relevo varia de plano a ondulado com altitudes variando de 89,995 m a 60,174 m a nível do mar. As áreas planas não alagáveis estão sendo ocupadas por cultivo de grãos, como soja, sorgo e milho e nas áreas alagáveis durante o período de chuvas, estão sendo utilizadas para as atividades de piscicultura e pecuária extensiva. Nas bordas do igarapé estão presentes as pequenas propriedades que exercem as atividades de agricultura de subsistência e lazer (balneários). Poucas são as propriedades que tem atividade de agricultura de subsistência, sendo em sua grande maioria propriedades adquiridas através de imobiliárias e ou vendidas pelos pequenos produtores.

O lavrado apresenta declividade plana de 0 a 3%, escarpas suavemente onduladas de 3 a 8% e raras áreas com declividade ondulada de 8 a 20%. O estudo altimétrico da área da microbacia hidrográfica é importante para o planejamento e ocupação adequado do terreno, uma vez que terrenos com declives mais acentuados são mais vulneráveis a ações antrópicas. As áreas planas são propícias a atividades agropecuárias, porém cuidados devem ser realizados para que o uso intensivo dessas áreas não seja fortemente degradado.

As informações levantadas na áreas de lavrado presentes na microbacia hidrográfica do igarapé do Água Boa do Bom Intento são primordiais para a criação de instrumentos de proteção ambiental, uma vez que os lavrados estão sendo cada vez mais utilizados para atividades agropecuárias, funções estas, que devem seguir um ordenamento na forma de uso, para não descaracterizar áreas fundamentais para a preservação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

Da mesma forma que o uso dos lavrados necessitam de instrumentos de proteção, o igarapé também necessita de proteção, para garantir ações e regulações

a respeito de práticas antrópicas prejudiciais a fauna e a flora relacionada com o recurso hídrico. As Áreas de Preservação Permanente – APP deveriam estar protegidas, segundo a Lei 12.651 (BRASIL, 2012), porém ainda tem muitas propriedades que degradam a mata ciliar, com moradias, esgotos, plantações, criações, entre outras atividades irregulares.

A microbacia do igarapé é constituída por Argissolos Acizentados (75,06%), Latossolos Amarelos (23,16%), Argissolo Amarelo (0,89%) e Neossolos Flúvicos (0,89%) sendo os Latossolos amarelo e o Argissolo acizentado dominantes em grande parte da área da microbacia hidrográfica, possuindo estes solos características semelhantes quanto a baixa fertilidade natural, baixa saturação por bases e alta saturação por alumínio e altamente intemperizados. São solos profundos, com horizonte A fraco ou moderado, e teores de carbono baixos. Apesar de apresentam uma camada dura, coesa na profundidade de 20 a 50 cm, não sofrem maiores limitações quanto ao uso agrícola (MELO et al., 2010). Com a identificação dos tipos de solos, é possível associar o uso do solo com o tipo de atividades agrícola (pecuária, fruticultura, grãos).

O clima é bem definido, com períodos de chuvas entre abril a setembro e de estiagem de outubro a março com temperaturas médias de 29,0 °C durante todo o ano. A Ecorregião das Savanas das Guianas, conhecidas como lavrado é classificada de forma diferente do Cerrado do Brasil Central, uma vez que possui vegetação aberta, dominada por gramíneas e eventualmente com árvores e arbustos em diferentes densidades (BARBOSA et al., 2007).

A vegetação das áreas de lavrado apresenta alta concentração de indivíduos em poucas espécies, o qual a sua localização e distribuição, são importantes para a classificação das savanas de Roraima. Para a área da microbacia hidrografia do igarapé Água Boa do Bom Intento foram identificadas: Savana Parque, Savana Graminosa campo limpo, Savana Graminosa campo sujo, Ilha de Mata, Mata de Galeria, Matas de Buritis.

As áreas da Savana Parque apresentam vegetação lenhosa, de elevada área basal, com maior densidade de indivíduos e maior grau de cobertura e a área da Savana Graminosa Campo Sujo que apresenta extrato graminoso, com maior densidade de espécies arbóreo-arbustivas, são as áreas mais utilizadas para a agricultura, por apresentarem as melhores aptidões a produção de grãos e à pecuária. A atividade de pecuária é utilizada a muitos anos, se utilizando dos campos naturais

para a pecuária extensiva, com baixo potencial de lotação animal/área, tendo em vista que os pastos naturais são pobres em nutrientes, sendo necessário o consumo de uma maior quantidade de pasto. É considerada uma atividade de baixo impacto ambiental, sendo o uso do fogo, como prática de manejo, seu maior problema ambiental. Quanto a produção de grãos, essa atividade está se expandindo na área da microbacia, devido apresentar solos com relevo plano, com características físicas desejáveis e de fácil retirada da vegetação natural, para o preparo inicial do solo.

A atividade pecuária está diminuindo na região, em detrimento da entrada do cultivo de soja, como principal grão comercial. O cultivo da soja vem causando a maior alteração na paisagem natural, uma vez que a atividades pecuária, com a prática da queimada do pasto, se regenera anualmente e é vista como uma atividade de renovação anual do lavrado.

Em termos geoambientais do igarapé Água Boa do Bom Intento demonstra que o meio natural está estável, em solos permeáveis, planos e com vegetação natural presente. Porém, essas características pedológicas e vegetacionais associada a um manejo inadequado, principalmente nas áreas de cultivo de grãos, podem causar a degradação do solo, que associado aos períodos de chuvas intensas podem sofrer com os processos erosivos, perda da biodiversidade e alterações da qualidade dos recursos hídricos.

Segundo Neves et al. (2011) em trabalho de estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT, em solos com predomínio de culturas anuais, o processo erosivo causou a perda de 22,43 t/ha/ano de solo, em solos com pastagens a perda de solo é de 4,89 t/ha/ano sendo considerados os Argissolos como solos de alta erodibilidade. O autor ainda comenta que com o solo coberto, apenas as grandes erosões podem evoluir como voçorocas ou grandes sulcos, geralmente associados a drenagens malfeitas em estradas ou caminhos e rompimento ou dimensionamento incorreto de terraços.

Nas áreas de Savana Graminosa Campo Limpo onde estão presentes as lagoas temporárias, são utilizadas para a pecuária extensiva e piscicultura. Essas áreas são essenciais para o fluxo contínuo de água do igarapé, pois essas lagoas retêm águas das chuvas, que infiltram lentamente no solo, alimentando o lençol freático, recarregando as nascentes e cursos d'água. Essas áreas devem ser preservadas devido a sua importância no regime hídrico da microbacia. As atividades

de piscicultura nessas áreas são incentivadas pelo lençol freático raso, favorecendo o acúmulo de água durante todo o ano.

Assim como as áreas de Savana Graminosa Campo Limpo, as áreas de buritizais devem ser preservadas, isoladas de atividades de criação animal, uma vez que se tratam de áreas de nascentes ou de reposição do lençol freático. São áreas que sofrem antropização pelas atividades que suprimem a vegetação nativa para a instalação de pisciculturas e pela compactação do solo pelo pisoteio do gado, que causa erosão do solo e perda da biodiversidade pela ação das queimadas.

A área de mata de galeria onde se encontram grande parte das propriedades que estão voltadas para o lazer ou balneabilidade, são as que mais vem causando alterações no ambiente natural e que causam poluição aos recursos hídricos. O processo de urbanização está se intensificando, com o estabelecimento de estruturas de moradia e ou agrícolas. São as áreas mais intensamente ocupadas pelo uso e ocupação humana, onde estão presentes os sítios. Nesses sítios, grande parte dos seus proprietários não residem no local, sendo essas propriedades utilizadas somente aos finais de semana, para o lazer e desfrute das águas do igarapé para banhos. Os que residem são caseiros ou proprietários que buscaram uma nova atividade de trabalho, sendo poucos os que demandam financeiramente de recursos provenientes da propriedade. A geração de resíduo de esgotos, dejetos animais, geração de lixo orgânico e inorgânico e o desmatamento de APP, são gerados em maior quantidade nessas áreas onde estão localizados os sítios.

Essas áreas são as mais importantes em relação a preservação do igarapé, pois a preservação da mata de galeria favorece o aumento da vazão específica em virtude da maior cobertura, estabilidade e infiltração de água no solo, promove a redução da intensidade de escoamento superficial, melhorando também a qualidade da água. Quando essas áreas são habitadas com moradias e outras infraestruturas rurais e agricultura, o qual diminuem ou eliminam a mata de galeria, causam a redução da vazão específica e da qualidade da água em função da alteração na intensidade do escoamento superficial.

Assim é verificado que as relações naturais entre os elementos do espaço geográfico, aponta para as diversas formas de uso, como atividades agrícolas que são o cultivo de grãos como soja, milho, sorgo, criação animal como a pecuária extensiva, piscicultura, agricultura de subsistência como feijão, mandioca e milho, pequenas áreas com plantio de frutícolas comerciais como melancia, maracujá e

manga e atividades de lazer ou balneários, atividades que, se não planejadas, podem acarretar problemas ambientais e sociais. A microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom intento vem sendo gradativamente ocupada por diversos usos, inicialmente pela criação de sítio para o lazer e mais recentemente pela atividade agrícola, o que vem aos poucos mudando a paisagem natural, o lavrado.

9 CONCLUSÃO

A origem da atual vegetação e diversidade de ecossistemas naturais dos lavrados em Roraima é agora mais claramente explicada como o resultado de interações edafoclimáticas ocorridas ao longo dos últimos períodos glaciais e interglaciais. Estas interações, associadas, por exemplo, ao tipo de solo e dinâmica de flutuação do lençol freático, produziram ecossistemas em mosaico, formando veredas de buritizais, lagos, florestas ribeirinhas, ilhas de mata e florestas de altitude.

As interações naturais desses ambientes produzem “rotas” de dispersão e trocas gênicas muito específicas neste ambiente amazônico. Entretanto, a alta frequência do fogo, o pastoreio extensivo de diferentes criações animais, o uso não-sustentado de recursos naturais (fauna e flora) e a recente reorganização da política pública local em apoiar grandes projetos de desenvolvimento nas áreas de savana (soja, silvicultura e arroz irrigado) estão alterando as paisagens naturais e quebrando as interações ecológicas destes ambientes.

Por ser uma região próxima da capital Boa Vista, a pressão antrópica sob esse sistema vem crescendo com a expansão do limite urbano, onde o estabelecimento de bairros provenientes de invasões (áreas sem planejamento), tem acarretado degradação de igarapés circunvizinhos gerando a perda de APP, erosões, esgoto, entre outros processos que fogem a um controle por meio dos órgãos fiscalizadores.

Hoje existem dois extremos, onde em uma ponta esta o lavrado, que possui uma biodiversidade ainda pouco conhecida, que dificulta a proposição adequada para a sua conservação e, em outra ponta, a pressão por parte do homem em ocupar os espaços presentes na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento.

Esses igarapés de tamanha beleza, precisam ser preservados, estudados e avaliados. O levantamento de informações a respeito dos fatores que interferem na dinâmica da bacia, principalmente a ação antrópica (ocupação e uso), devem ser feitos para serem utilizados como ferramenta na busca de uma gestão equilibrada com o meio ambiente, onde os usuários, proprietários e os órgão governamentais possam trabalhar em conjunto pela conservação desses recursos hídricos (igarapés), que ainda estão presentes no lavrado roraimense.

Outra realidade recém-chegada é o plantio de soja nas propriedades que fazem limite com o igarapé (fazendas antigas que não foram loteadas) e a atividade de piscicultura presente na cabeceira do igarapé, podendo estas atividades ocasionar

o arraste de resíduos provenientes de adubos, inseticidas, herbicidas, rações, entre outros.

Porém em se tratando de áreas de lavrados os fatores relevo, vegetação, solo, clima e material de origem, quando relacionados ao processo de ocupação e o uso do solo da bacia passam a ter uma importância fundamental, sendo urgente e necessário estudos das interações destes fatores que podem influenciam na dinâmica das águas do igarapé Água Boa do Bom Intento.

Para ações de conservação ambiental dos sistemas de lavrado, algumas recomendações são necessárias neste primeiro momento:

- Não ultrapassar a capacidade de suporte dos sistemas ambientais apresentados.
- Envolvimento dos proprietários, através de reuniões, roda de conversas, palestras, para que os mesmos tenham noções básicas de conservação e uso do solo.
- Controle imediato dos processos erosivos.
- Aplicação de políticas de educação ambiental e da legislação ambiental pelos órgãos ambientais municipais e estaduais.

Para melhor definição da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento/RR, as características físicas encontradas devem ser consideradas em conjunto. A comparação dos resultados obtidos indica para uma microbacia com padrão de drenagem dendrítico, com baixo grau de ramificação, com curso retilíneo e raríssimos meandros abandonados. O igarapé apresenta forma alongada, que indica a menor propensão a enchentes quando, em condições normais de precipitação, comparado a uma bacia circular, sendo comprovada pelo índice de circularidade, coeficiente de compacidade e fator de forma.

A microbacia é de pequena dimensão, com rede de drenagem onde predominam canais intermitentes de primeira e segunda ordem. Quanto a ordem da microbacia, ela é de terceira ordem, indicando que o sistema de drenagem da bacia é considerado de pouca ramificação, ou seja, baixa eficiência de drenagem. A relação de bifurcação é baixa, indicando baixo grau de dissecação de uma bacia.

Com relação ao relevo, apresenta baixa altitude, plano e baixa amplitude altimétrica. Os solos planos no entorno da bacia favorecem a utilização para agricultura.

Essas características, associadas às suas condições de relevo, indicam a necessidade do planejamento integrado para sua área de abrangência, devem ser

definidas e implementadas estratégias que busquem conciliar o uso e ocupação da terra com manejo adequado em termos de cobertura vegetal e relevo para não comprometer, principalmente as nascentes dos cursos fluviais.

O igarapé apresenta baixa amplitude altimétrica, que juntamente com o baixo índice de rugosidade, pequena relação de relevo e pouca densidade de drenagem, indicam vertentes de baixa declividade, pouco susceptível a enchentes, maiores velocidades de escoamento em sua calha e de canais de pouca extensão. O índice de sinuosidade caracteriza que a rede de drenagem é retilínea, onde a o arraste de sedimentos está em constante movimento, com poucos pontos de acumulação.

No alto curso do igarapé apresenta escoamento dos canais fluviais de baixa capacidade de transporte e de erosão, porém nos períodos de chuvas intensas, são susceptíveis ao arrasto superficial e aos processos de assoreamento. Apresentam nas áreas de entorno lagoas temporárias que auxiliam no processo de infiltração. Já nos médio e baixo cursos apresentam alta capacidade de transporte de sedimentos e de erosão. Por outro lado, a baixa declividade da microbacia pode atenuar o processo de erosão laminar de suas respectivas áreas de drenagem, porém nos períodos de chuvas intensas, podem agravar os processos de erosão, uma vez que o escoamento superficial supera o de infiltração.

De acordo com o perfil traçado para o canal principal, a declividade ao longo do canal é baixa, indicando que o igarapé Água Boa do Bom Intento possui características de planície plana em sua maior extensão.

Os resultados dos parâmetros morfométricos indicam que, sob condições naturais, a microbacia analisada não é propensa a inundações. O relevo plano, associado à baixa densidade de drenagem, alto coeficiente de manutenção e baixa densidade hidrográfica indicaram drenagem deficiente e tendência de uma resposta hidrológica lenta. Altas precipitações em períodos concentrados, influência sobre o escoamento superficial e, conseqüentemente, sobre o processo de erosão, que resulta em perdas de solo, água, matéria orgânica, nutrientes e microfauna. Somado a isso, o uso e ocupação desordenado das áreas sujeitas a inundação e alagamentos podem comprometer fisicamente os canais primários e conseqüentemente os recursos hídricos.

As características físicas levantadas apontam para maiores fragilidades do sistema hídrico no período de estiagem, principalmente quanto ao uso para irrigação,

balneabilidade, consumo humano e animal, para não comprometerem a quantidade e qualidade do recurso hídrico superficial.

As informações geradas na pesquisa podem ajudar na formulação de políticas públicas e indicação de ações e estratégias compatíveis com a comunidade local, considerando os aspectos ambientais, educacionais, econômicos e sociais, para a conservação e recuperação recursos naturais, subsidiando o processo de planejamento e gestão ambiental da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento.

As principais formas de uso e ocupação está relacionada a pequenas propriedades voltadas para o lazer/balneários, pequenas propriedades para agricultura de subsistência, fazendas de piscicultura, pecuária e plantio de grãos, principalmente de soja.

Dentre os impactos ambientais o descarte de esgoto doméstico, lixo inorgânico, processos erosivos e modificações nas áreas de preservação permanente são os mais decorrentes na maioria das propriedades presentes na bacia hidrográfica, sendo as atividades agrícolas relacionadas ao uso de produtos químicos (fertilizantes e agroquímicos) e manejo do solo ainda necessitam de análises mais criteriosas.

O avanço da urbanização sem nenhum tipo de planejamento vem aumentando os problemas ambientais nas bacias hidrográficas, sendo necessário trabalhos que vissem um conjunto de ações de convivência harmoniosa entre o homem, as plantas, os animais, a terra e a água, visando a recuperação ambiental.

A sustentabilidade ambiental deve ser prioridade nas bacias hidrográficas, onde o setor público e os moradores/usuários busquem de maneira integrada, alternativas mais eficientes e econômicas quanto ao descarte do esgotamento sanitário, ao manejo de resíduos sólidos e o aproveitamento racional dos recursos hídricos.

O controle de uso e descarte de resíduos sólidos e orgânicos requer ações de longo prazo e que requer tempo para que seja fortalecida e consolidada pelos moradores e também pelo setor público. O descarte de embalagens de agrotóxicos e outros produtos considerados perigosos devem ter uma importância maior pelos moradores, que devem dar a destinação adequada como prevê a legislação.

Fazem-se necessárias medidas de cumprimento ao que está estabelecido na legislação ambiental, em ações de controle, prevenção, recuperação e conscientização envolvendo todos os moradores pertencentes a bacia hidrográfica, ou que indiretamente influenciam em suas relações ambientais, para que saibam

quais atividades causam riscos ambientais, e quais medidas são necessárias para a proteção, preservação e conservação dos recursos hídricos.

A adoção de uma agricultura mais responsável social e ambiental é uma exigência atual da sociedade, que se preocupa com a utilização adequada dos recursos naturais, exigindo cada vez mais produtos livres de produtos químicos e com práticas de manejo cada vez mais sustentáveis.

A partir dos dados apresentados e com os parâmetros analisados, pode-se concluir que o igarapé Água Boa do Bom Intento ainda consegue depurar as descargas de sedimentos naturais e antrópicas em suas águas.

Quanto aos quesitos de classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento conforme a Resolução CONAMA 357 de 2005, e a balneabilidade conforme a Resolução CONAMA 274, de 2000, de acordo com os parâmetros analisados, as águas do igarapé apontam para a classificação como classe especial de água doce, ou seja, águas que podem ser utilizadas para o abastecimento e consumo humano, com desinfecção primária; e categoria excelente para à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral e a recreação de contato primário.

Quanto a potabilidade segundo a portaria 2.914 de 12 de dezembro de 2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, é recomendado o tratamento primário da água superficial com a utilização de filtros, fervura ou cloração (hipoclorito de sódio).

A continuidade de monitoramento com análises mais criteriosos e mais aprofundados, que não foram realizadas neste trabalho, sejam realizados, considerando os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água, de acordo com as resoluções latentes, para atestar a qualidade da potabilidade e balneabilidade da água do Igarapé Água Boa do Bom Intento.

Os resultados obtidos a partir da avaliação integrada da paisagem da bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento são essenciais para o conhecimento e identificação de todas as suas interrelações, ressaltando a importância para a preservação e sustentabilidade da bacia hidrográfica que está inserida em um ambiente único na região amazônica, que apresenta características de solo, clima, vegetação diferenciados, e que demandam conhecimentos para a sua utilização, sem

comprometer os seus recursos naturais garantindo a conservação da paisagem natural do lavrado.

As informações levantadas devem ser tratadas de forma global, identificando as áreas ambientalmente sensíveis, onde são necessárias práticas de controle mais rígidas ou até mesmo proteção de qualquer tipo de ação humana, áreas de controle de processos erosivos ou mudança de uso da terra para outras atividades, áreas de proteção ambiental, áreas de adoção de práticas conservacionistas e proteção da mata ciliar como demanda a lei ambiental.

Quanto as áreas agricultáveis deve ser manter medidas de conservação do solo, da mata ciliar e de reserva legal, manutenção da cobertura permanente e plantio de plantas perenes.

Os processos erosivos presentes na bacia hidrográfica do igarapé Água Boa do Bom Intento, a ocupação e desmatamento da APP, a geração de resíduos orgânicos e inorgânicos são os impactos mais identificados nas pequenas propriedades, mesmo que nesse primeiro momento a qualidade da água ainda é considerada de boa qualidade, devem ser mitigados para garantir a perpetuidade da qualidade do recurso hídrico assim como do ambiente natural do entorno do igarapé.

REFERÊNCIAS

- ABUD, E. A.; LANI, J. L.; ARAÚJO, E. A.; AMARAL, E.F.; BARDALES, N. G.; FERNANDES FILHO, E. I. Caracterização morfométrica das sub-bacias no município de Xapuri: subsídios à gestão territorial na Amazônia Ocidental. **Revista Ambiente e Água**, vol. 10 n. 2. Taubaté, p. 431-441, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. **O comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz?** Brasília: SAG, 2011.
- ALBUQUERQUE, A. R. C. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.4, n.4, p.201 – 209, 2012.
- ALBUQUERQUE, J. A., CASSOL, E. A., REINERT D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 141-151, 2000.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamento. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33(2), p. 117-124, 2003.
- AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v. 13, n. 41, p. 80-101, 2012. Revista online. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em: 02/02/2018.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F.V; ALVES, E.C.R. F.; SILVEIRA, A. OLIVEIRA, C.U.R. de. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT. **Geociências**, São Paulo, UNESP v. 27, n. 2, p. 237-246, 2008.
- ARAÚJO, L.M.N.; MORAIS, A. BOAS, M.D.V, PEREIRA, V.S.A., SALES, A.N., ARAÚJO, F. A. Estudo dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água na bacia do rio Paraíba do Sul. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. São Paulo - SP. 2007
- ARAÚJO, W. F., ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D. SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 5(3), p.563-567, 2001.
- BARBOSA, R. I. Distribuição de chuvas em Roraima. IN: BARBOSA, R.I., FERREIRA, E.J.G., CASTELLON, E.G. (eds.). **Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima**. INPA, Manaus. p.325-335, 1997,
- BARBOSA, R. I. **Savanas da Amazônia**: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, Brasil. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas. 212p. 2001. (Tese de Doutorado).

BARBOSA, R. I.; CAMPOS, C.; PINTO, F.; FEARN SID, P. M. **The “Lavrados” of Roraima: Biodiversity and Conservation of Brazil's Amazonian Savannas. Functional Ecosystems and Communities.** 1(1): p. 29-41. 2007. Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br>. Acesso em 25 agosto de 2016.

BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima. *In*: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A; COSTA E SOUSA, J. M. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris.** Boa Vista: FEMACT-RR, p. 61-78, 2005.

BARBOSA, R.I.; FEARN SIDE P.M. Wood density of trees in open savannas in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management.** n.199, p. 115-123, 2004.

BARBOSA, R.I.; FEARN SIDE, P.M. Above-ground biomass and the fate of the carbono after burning in the savannas of Roraima, Brazilian Amazonia. **Forest Ecology and Management.** n. 216, p.295-316, 2005.

BARRETO, C. A. Os impactos socioambientais do cultivo de soja no Brasil. **II Encontro Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade - ANPPAS,** 2004. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT05/clarissa_barreto.pdf. Acesso em: 30/10/2018.

BARRETO, C. L. R.; OLIVEIRA, M. C. S. C. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Urupuca, Minas Gerais, Brasil. *In*: **IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental e III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade.** Belo Horizonte: MG, 2017.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista RAEGA,** Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Disponível em: revistas.ufpr.br/raega/article/download/3389/2718. Acesso em: 21/02/2018.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In*: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** Ed. Bertrand Brasil, Capítulo 8. 1999. Disponível em: <https://geojurista.files.wordpress.com/2014/04/aula001.pdf>. Acesso em: 22/03/2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água / Fundação Nacional de Saúde** – 4. ed. – Brasília: Funasa, 150 p. 2013.

BRASIL. **Lei 12.305,** de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Brasília-DF, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 23/11/18.

BRASIL. **Lei Nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Novo código ambiental brasileiro. Brasília-DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 22/03/2018.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 1997 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 22/03/2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004**. Série E. Legislação de Saúde. Brasília: DF, 2005a.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Brasília: DF, 2011. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 17/04/2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Decreto no 79.367**, de 9 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. Presidência da República. Brasília-DF, 1977.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 112 p. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria Nº 36**, de 19 de janeiro de 1990. Brasília: DF, 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 24.643**, de 10 de julho de 1934. Código das águas. Brasília: Casa Civil, 1934.

BRITO, I. P.; BRITO, E. V. O.; SOARES, J. M. A.; PEREIRA, J. L.; MEDEIROS, R.S. Avaliação microbiológica de águas de cisternas do sítio Miguel, Itapetim, Pernambuco. *In: II Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – CONIDIS*, Campina Grande: PB, 2017.

CALIL, P. M.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. A. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. Campina Grande – PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.433-442, 2012.

CAMPOS, C.; PINTO, F.; BARBOSA, R. I. **O Lavrado de Roraima: importância biológica, desenvolvimento e conservação na maior savana do Bioma Amazônia**. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Boa Vista-RR, 2008.

- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do rio Debossan, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- CARRANZA, T.T. **Flora e fitossociologia de áreas circundantes a lagos naturais de savanas próximas à cidade de Boa Vista – RR**. UFRR. Boa Vista – RR, 2006. (Monografia de Especialização)
- CARVALHO, D. F., SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. P. 1-10. 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap1-INTRO.pdf>. Acesso em: 11/04/2018.
- CARVALHO, J.C.; SALES, M.M.; MORTARI, D.; FÁZIO, J.A.; MOTTA, N.O.; FRANCISCO, R.A.; Processos erosivos. *In*: CARVALHO, J.C.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO, M.T.S. (Org.) **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, Capítulo II, p. 39-91. 2006.
- CARVALHO, J.C.; MELO, M. T. S. Erosão à luz da legislação ambiental. *In*: CARVALHO, J.C.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO, M.T.S. (Org.) **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, Capítulo II, p. 39-91. 2006.
- CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente, n.36, volume especial, p.26-43, 2014a. Disponível em: revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/viewFile/3172/2656. Acesso em: 22/03/2018.
- CARVALHO, T. M. de. Sistemas e ambientes denudacionais e agradacionais, uma primeira aproximação para o estado de Roraima, Norte da Amazônia. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.16, p. 77-98. jan./mar. de 2014b.
- CASTRO, S. B. e CARVALHO T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. *IN: Scientia Plena*, v. 5, n. 2, 2009.
- CEMPRE – Compromisso Empresarial Para a Reciclagem. **Lixo Municipal**: manual de gerenciamento integrado. 4ª ed. André Vilhena (coordenador geral). São Paulo (SP): CEMPRE, 316p. 2018. Disponível em: http://cempre.org.br/upload/Lixo_Municipal_2018.pdf. Acesso em: 23/11/18.
- CETESB. Apêndice E. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem**. 2016. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>. Acesso em: 25/06/18.
- CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v. 52, n.2, p. 21-35, abr/jun. 1990.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: HUCITEC. Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª edição. São Paulo: Editora Blucher, 188p. 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COSTA, L. C. F. **Estruturação geoambiental e susceptibilidade à desertificação na sub-bacia hidrográfica do Riacho Santa Rosa – Ceará**. Dissertação (mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 145 f. 2014

COSTA, L. C. F. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do rio Banabuiú – CE**. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 232 f. 2017.

COSTA, N. L., TOWNSEND, C. R.; MORAES, A. de. Caracterização e manejo de pastagens nativas da Amazônia. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 25, Ed. 130, Art. 882, 2010.

COSTA, T.C.C. da, UZEDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; LURNBRERAS; J. F.; ZARONI M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P. Vulnerabilidade ambiental em sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda de solo (ESLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. *In*: **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, p. 2943-2500, 2007.

COUTINHO, L. M.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; ZANETTI, S. S.; GARCIA, G. O. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio da Prata, Castelo, ES. **Irriga**: Botucatu, v. 16, n. 4, p. 369-381, outubro-dezembro, 2011.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Geobank: **Carta geológica do Brasil ao milionésimo** - Boa Vista e Roraima. Folhas NA.20 e NB.20. 2003. Disponível em: http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webm ap=N. Acesso em: 31 out. 2016.

CUNHA, A. C.; SOUSA, J. A., GOMES, W. L., BAIA, J. S. F., CUNHA, H. F. A. Estudo Preliminar Sobre a Variação Espaço-Temporal de Parâmetros da Qualidade da Água no igarapé da Fortaleza. *In*: TAKIYAMA, L.R. ; SILVA, A.Q. da (orgs.). **Diagnóstico das Ressacas do Estado do Amapá**: Bacias do igarapé da Fortaleza e rio Curiaú, Macapá-AP, CPAQ/IEPA e DGEO/SEMA, p.105-136, 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos. Rio de Janeiro, RJ. **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea 1. 83p. 1979.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF, 412 p. 1999.

FARIAS, J. F. **Aplicabilidade da Geoecologia das Paisagens no Planejamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Palmeira-Ceará/Brasil**. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 222 f. 2015.

FARIAS, J. F.; SILVA, E. V.; NASCIMENTO, F. R. do. Caracterização de sistemas ambientais como base metodológica para o planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas. **Revista GeoAmazônia**: Belém, v. 03, n. 06, p. 14 – 27. jul./dez. 2015.

FEMARH – Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Boletim hidroclimático**. 2017. Disponível em: http://www.femarh.rr.gov.br/p%C3%A1ginas/boletim_hidroclimatico.php. Acesso em: 10/01/2018.

FERNANDES, M. R. **Parâmetros básicos de bacias hidrográficas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 18p. 2014.

FERREIRA, A. B. ALCOFORADO, M. J., VIEIRA, G. T, MORA, C., JANSEN, J. Metodologias de análise e de classificação das paisagens: o exemplo do Projecto Estrela. **Finisterra**, XXXVI, n.72, p. 157-178, 2001.

FERREIRA, L. V. **A distribuição das unidades de conservação no Brasil e a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade nas ecorregiões do Bioma Amazônia**. 203f. 2001. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade do Amazonas, Manaus. Tese (Doutorado em Ecologia).

FERREIRA, S. J. F., MIRANDA, S. A. F., MARQUES FILHO, A. O., SILVA, C. C. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. Manaus: **Acta Amazônica**. vol. 42(4), p.533 – 540, 2012:

FRANÇA, C. F.; PIMENTEL, M. A. S. Diversidade paisagística das margens Oeste e Leste da Baía de Marajó, Pará, Norte do Brasil. **Revista Geonorte**: Edição especial, v. 3, n.4, p. 900-910, 2012.

FRANCO, A. C. V.; SANTO, M. A. D. Contribuição da morfometria para o estudo das inundações na sub-bacia do rio Luís Alves/SC. Universidade Federal do Ceará-UFCE, **Mercator**: Fortaleza, v. 14, n. 3, p. 151-167, set./dez. 2015.

GORAYEB, A. **Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio caeté – Amazônia oriental – brasil**. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, rio Claro, 206 f. 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2015**. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=rr>. Acesso em: 17 out. 2016.

IWANO, F. K. **Técnicas de Engenharia Rural em Pequenas Propriedades**. UNESP - Universidade Estadual Paulista. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solo. 2010.

KOBIYAMA, M., MOTA, A. A, CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2008. 160p.

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, Dourados: MS, ano 3, n.6, p 65-84, 2, 2012.

LEMES, J. L. V. B.; SCHIRMER, W. N.; CALDEIRA, M. V. W.; KAICK, T. V.; ABEL, O; BÁRBARA, R. R. Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural. *In. Revista Acadêmica, Ciências Agrárias Ambiental*. Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, 2008.

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-CE**. Centro de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 202f. 2012. Tese (Doutorado).

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Revista Geografia**, v. 15, n. 2, jul/dez, 2006. Disponível em:<http://www.uel.br/revists/geografia>. Acesso em: 07/02/18.

LIRA, E. M.; NASCIMENTO, F. I. C.; ALMEIDA, G. O. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé Amaro, Acre-Brasil. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.3, N.4, p. 606-616, 2012.

LOPES, L.G.N, SILVA, A.R., GOULART, A.C.O. A teoria geral do sistema e suas aplicações nas ciências naturais. **Natureza online**. 13 (1), jan/fev. p. 1-5. 2015. Disponível em: <http://www.naturezaonline.com.br>. Acesso em: 22/02/18.

LOPES, S. **A poluição nos rios da Amazônia preocupa**. Ecosinho. 2010. Disponível em: <http://colunadosardinhaecologia.blogspot.com/2010/01/poluicao-nos-rios-da-amazonia-preocupa.html>. Acesso em: 31/10/18.

MAGALHÃES, G. B.; SILVA, E. V.; ZANELLA, M. E. **Análise geossistêmica: caminho para um entendimento holístico**. Ano 3, n.1, p. 1-17, 2012. Disponível em: geopuc.geo.puc-rio.br/media/Artigo1ano3n1.pdf. Acesso em: 22/02/18.

MANOSSO, F. C. Estudo integrado da paisagem não regiões Norte, Oeste e Centro-Sul do Estado do Paraná: relações entre a estrutura geoecológica e a organização do espaço. **Bol. Geografica, Maringa**, v. 26/27, n. 1, p. 81-94, 2009.

MARMOS, J. L. **Monitoramento hidrogeoquímico nas bacias do rio Cauamé e dos igarapés Água Boa e Água Boa de Cima, municípios de Boa Vista e Alto Alegre (RR)**. Monografia de Especialização em Avaliação de Impacto Ambiental. Centro Universitário Luterano de Manaus – CEULM. Manaus, 84p. 2002.

MARQUES NETO, R. A. abordagem e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. **Revista Geografia**, v. 17, n. 2, jul/dez, 2008. Disponível em: <http://www.uel.br/revists/geografia>. Acesso em: 07/02/18.

MATTOS, M.L.T; SILVA, M.D; Controle da qualidade microbiológica das águas de Consumo na microbacia hidrográfica Arroio Passo do Pilão. **Comunicado técnico 61**, EMBRAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Pelotas: RS, 2002.

MELO, V. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VALE JÚNIOR, J. F.; UCHÔA, S. C. P. Aspectos pedológicos e de manejo dos solos em Roraima. 2010. p. 391 – 408. *In*. BARBOSA, R. I.; MELO, V. F. (ORG.). **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Boa Vista: FEMACT, 2010.

MENESES, M.E.N.S., COSTA, M.L.; COSTA, J.A.V. Os lagos do lavrado de Boa Vista – Roraima: fisiografia, físico-químicas das águas, mineralogia e química dos sedimentos. **Revista Brasileira de Geociências**. 37(3), p. 478-489, setembro de 2007.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?** Laboratório de Ecologia de Paisagens e Conservação – LEPaC. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências: USP, São Paulo: SP. 2001. Disponível em: Biota Neotropica v1 <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>. Acesso em: 20/02/18.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS. **Cuidados com água para consumo humano**. Cartilha. Sistema Único de Saúde – SUS. 2014. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/folder/cuidados_agua_consumo_humano_2014.pdf. Acesso em: 12/12/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA, **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 17/04/2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Resolução CONAMA nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Ministério do Meio Ambiente. Publicada no DOU nº 18, de 25 de janeiro de 2001, Seção 1, páginas 70 – 71. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em: 18/06/2018.

MMA/MEC/IDEC. Lixo. 2005, p.113 - 130 *In*: **Consumo Sustentável: Manual de educação**. Brasília: Consumers International/ MMA/ MEC/ IDEC, 160 p. 2005. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/secex_consumo/_arquivos/8%20-%20mcs_lixo.pdf. Acesso em 23/11/18.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. *In*: **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013

NEVES, S. M. A. S.; MOTINHO, M. D.; NEVES, R. J; SOARES, E. R. C. Estimativa da perda de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do rio Jauru/MT. **Soc. & Nat**: Uberlândia, ano 23, n. 3, 423-434p, 2011.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **Colheita da soja deve ser 25% maior em 2018 em Roraima**. 2018. Disponível em:

<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/soja/219781-colheita-da-soja-deve-ser-25-maior-em-2018-em-roraima.html#.W-Q9y5NKjIU>. Acesso em 08/11/2018.

NUCCI, J. C. Origem de desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista eletrônica Geografar**, Curitiba, v. 2, n. 1, p 77-99, jan/jun. 2007. Disponível em:<http://www.serufpr.br/geografar>. Acesso em: 07/02/18

OLIVEIRA, V. P. V. Sistemas Ambientais de Santiago – Cabo Verde (África): indicadores biofísicos de desertificação. **Cabo Verde: Análise socioambiental e perspectivas para o desenvolvimento sustentável em áreas semiáridas**. Fortaleza: Edições UFC, p. 37-64. 2012.

PAGLIARINI JUNIOR, S. N; PAROLIN, M; CRISPIM, J. Q. Estações de tratamento de esgoto por zona de raízes, uma alternativa viável para as cidades? *In.*: **Revista GEOMAE**. Campo Mourão: PR, v.2, n.1, p.231 – 244. 2011.

PAULA, E. M. S. **Paisagem fluvial amazônica: geocologia do tabuleiro do Embaubal - baixo rio Xingu**. Curso de Geografia. Centro de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 158 f. 2017. Tese (Doutorado)

PEREIRA, R.S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**. IPH-UFRGS: v.1, n.1. p. 23-40. 2004. Disponível em:
http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php?file=%2F201909%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2FRevista%20Eletr%C3%B4nica%20de%20Recursos%20H%C3%ADricos.pdf&forcedownload=1. Acesso em: 06/12/2015.

PINTO, V. M.; BICUDO, C. A.; BRANDÃO, M. A. BORGES, P. E. O contexto geológico no Município de Boa Vista, Roraima, Brasil. **ACTA Geográfica**, v.6, n.12, p. 07-19, 2012.

REIS NETO, R.A.R; COSTA, J.A.V.; MOURÃO, G.M.N.; HORTÊNCIO, M.N.M. Crescimento urbano e degradação ambiental das nascentes (igarapés: Grande, Paca e Caranã) área urbana de Boa Vista - Roraima. **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Geomorfologia tropical e subtropical: processos, métodos e técnicas. Goiânia. 2006.

REIS, N. J.; FRAGA, L. M.; FARIA, M. S. G.; ALMEIDA, M. E. Geologia do estado de Roraima, Brasil. **Geologia de La France**, Nº 2-3-4, p. 121-134, 2003.

RENOVATO, D. C. C.; SENA, C. P. S.; SILVA, M. M. F. Análise de parâmetros físico-

químicos das águas da barragem pública da cidade de Pau dos Ferros (RN) – ph, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade. Natal. **IX CONGIC – Congresso de iniciação científica do IFRN: tecnologia e inovação para o semiárido**, p. 879-888, 2013.

RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato Planaltina – DF**. Embrapa Cerrados. Documentos 57. 29p. 2002.

RIBEIRO, M. **Água: tragédia anunciada**. SOS Mata Atlântica. 2015. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/artigo/agua-tragedia-anunciada/>. Acesso em: 11/04/2018.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água. **II SEMILUSO – Seminário Luso-Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação**. 2008. Disponível em: www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf Acesso em: 22/03/2018.

ROCHA, C. M. S.; GOMES, D. D. M.; ROCHA, L. P. F. O.; CAVALCANTE, I. N. Considerações sobre a legislação dos recursos hídricos. In: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; CRUZ, M. L. B. (orgs.). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, p. 135-163. 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M. **La ciencia del paisaje a la luz del paradigma ambiental**. Cadernos de Geografia. Belo Horizonte, v. 8, n. 10, p. 63-68, 1998.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 4 ed. Fortaleza: edições UFC, 222p. 2013.

RORAIMA. **Decreto 8121-E**, de 12 de julho de 2007. Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2007a. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi-20070712.pdf>. Acesso em: 17/04/2018.

RORAIMA. **Decreto 8122-E**, de 12 de julho de 2007. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2007b. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi-20070712.pdf>. Acesso em: 17/04/2018.

RORAIMA. **Decreto 8123-E**, de 12 de julho de 2007. Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2007c. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi-20070712.pdf>. Acesso em: 17/04/2018.

RORAIMA. **Decreto 8124-E**, de 12 de julho de 2007. Política Estadual de Educação Ambiental, 2007c. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi-20070712.pdf>. Acesso em: 17/04/2018.

RORAIMA. **Lei nº 547**, de 23 de junho de 2006. Política Estadual de Recursos Hídricos. 2006. Disponível em: http://www.cbh.gov.br/Legislacao/RRLei_n_0547-2006.pdf. Acesso em: 17/04/2018.

SANDER, C. **Geomorfologia da planície aluvial do alto rio Branco em Roraima: dinâmica e processos evolutivos**. Doutorado em geografia, Universidade Estadual de Maringá,. 230 f. 2015. (Tese de doutorado).

SANDER, C.; WANKLER, F.L.; TONELLO, M.F; SOUSA, V.P. Levantamento hidrológico da bacia do ilgarapé Carrapato, Boa Vista, RR: dados preliminares. **Revista Acta Geográfica**, n. 3, ano II, p. 119-129, 2008.

SANDER, C.; WANKLER, F. L.; EVANGELISTA, R. A. O; MORAGA, C. H.; TEIXEIRA, J. F. dos S. Cheias do rio branco e eventos de inundação na cidade de Boa Vista, Roraima. *In: ACTA Geográfica: Boa Vista*, v.6, n.12, p. 41-57, 2012.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 63p. 2003. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7, n.3, 2012.

SANTOS, D. A. R.; MORAIS, F. de. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Lago Verde como subsídio à compartimentação do relevo da região de Lagoa da Confusão – TO. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p. 617-629, 2012.

SANTOS, G. O.; SILVA, A. A.; BRAZ, A. R. C.; CARNEIRO, F. M. Caracterização Morfométrica das Bacias Hidrográficas Inseridas no Município de rio Verde, Goiás, Como Ferramenta ao Planejamento Urbano e Agrícola. *Geografia. Ensino & Pesquisa*, Vol. 22, p. 01-13, 2017.

SANTOS, W. L. **O processo de urbanização e impactos ambientais em Bacias Hidrográficas: o caso do igarapé Judia – Acre – Brasil**. Dissertação (Mestrado). Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Universidade Federal do Acre – UFAC. Acre. 170 f. 2005.

SCHAEFER, C.E.R.; VALE JÚNIOR, J.F. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao recente. *In: Barbosa, R.I., FERREIRA, E.J.G., CASTELLON, E.G. (eds.) Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima*. INPA, Manaus, p.231-265, 1997.

SEPLAN – Secretaria de Planejamento do Governo do Estado de Roraima e CPRM – Serviço geológico do Brasil, Ministério de Minas e Energia. **ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima**. 2002.

SILVA, D. A.; SANDER, C.; ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; WANKLER, F. L. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista – RR, nos anos de 1910 a 2014. **Revista Geografia Acadêmica**, v.9, n.2, p. 35 a 49, 2015

SILVA, E. V.; GORAYEB, A.; RODRIGUEZ, J. M. M. **Geoecologia das paisagens, ortografia temática e Gestão Participativa: estratégias de elaboração de planos**

diretores municipais. VI Seminário Latino Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra, maio de 2010.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geocologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. **Revista Geográfica da América Central**. Número Especial. XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina – EGAL, 25 a 29 de julio del 2011, Costa Rica, II semestre, p 1-12, 2011.

SILVA, J. M. O. **Análise integrada na bacia hidrográfica do rio Pirangi – CE:** subsídios para o planejamento ambiental. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 271 f. 2012.

SILVA, N. C. L.; FERNANDES, A. L. V.; IZIPPATO, F. J.; OLIVEIRA, W. Uso do Solo no Manejo de Bacias Hidrográficas: O Caso da Microbacia Córrego Prata, Três Lagoas/MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 2, n.1, p. 1-13, 2009.

SIMÕES FILHO F., TURCQ B., CARNEIRO FILHO A., SOUZA A.G. Registros sedimentares de lagos e brejos dos campos de Roraima: Implicações paleoambientais ao longo do Holoceno. *In*: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLON, E.G. (Orgs). **Homem, Ambiente e Ecologia no estado de Roraima**. Manaus, INPA, p. 295-302, 1997.

SIMÕES-FILHO, F. L.; TURCQ, B. e SIFEDDINE, A. Mudanças paleoambientais do contato floresta-savana de Roraima durante o holoceno. p. 257-300, 2010. *In*. **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Barbosa, R.I. e MELO, V. F. (org.). Boa Vista: FEMACT, 2010.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L. ARAÚJO, G. M. C. de. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **RDG - Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo – USP, v.31, p.82-100, 2016.

SOUSA, E. R. **Noções sobre qualidade da água**. Departamento de engenharia civil e arquitetura. Secção de hidráulica e dos recursos hídricos e ambientais. Licenciatura em engenharia civil. Lisboa, setembro de 2001. Disponível em: https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779577242158/Nocoos_Qualidade_Agua_ERS.pdf. Acesso em: 25/06/18.

SOUSA, M. M.; OLIVEIRA, W. Análise morfológica da rede de drenagem do Alto Juruá/AC, extraída de MDE-SRTM. **Caminhos De Geografia** - revista online. Uberlândia v. 18, n. 61, p. 44–64. 2017.

SOUZA, J. **Igarapés e zumbis**. Jornal Folha de Boa Vista, Coluna. Boa Vista: RR, 2015. Disponível em: <https://folhabv.com.br/coluna/igarapes-e-zumbis-19-03-2015/753>. Acesso em: 31/10/18.

SOUZA, R. M. S.; OAIGEN, E. R.; LEMOS, C. E. F. Estudo sobre a preservação das nascentes da bacia hidrográfica do igarapé Caraná: uma questão de conscientização ambiental no Estado de Roraima. Canoas: **Acta Scientiae**, v.9, n. 2, p.108-121. 2007.

STIPP, N. A. F.; CAMPOS, R. A.; CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara: uma contribuição para o estudo das ciências ambientais. *In: Portal da cartografia*, Londrina, v. 3, n.1, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/view/8929/7451> Acesso em 13/04/2018.

TELES, G. C.; PIMENTEL, M. A. S. A nova perspectiva de Geossistema, proposta por Bertrand, aplicada a bacia hidrográfica do rio Mocajuba – Nordeste Paraense. **Boletim Campineiro de Geografia**, v.5, n. 2, p. 381-399, 2015.

TEIXEIRA, A. C. O. **Efeito das mudanças nos padrões de uso da terra nos processos hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Subaúma-Bahia**. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 232 f. 2014.

TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p.137-157. 2007.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.30, n.5. p. 849-857, 2006.

TRAJANO, S. R. R. S.; SPADOTTO, C. A.; HOLLER, W. A.; DALTIO J.; MARTINHO, P. R. R.; FOIS, N. S.; SANTOS, B. B. O.; TOSCHI, H. H.; LISBOA, F. S. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica**: subsídios para gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas – SP: Boletim de pesquisa e desenvolvimento 2. EMBRAPA Gestão Territorial. 2012.

TROMBETA, L. R.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental e geoecologia das paisagens: contribuições para a bacia hidrográfica do córrego Guaiçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo, Brasil. **Revista Formação** (On-line) Vol. 3; n.23, p.187-216. 2016.

TROPMAIR, H. **Sistemas/ Geossistemas/ Geossistemas Paulistas/ Ecologia da Paisagem**. Edição do autor. Rio Claro, 2004. 130 p.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos: o futuro dos recursos. São Carlos-SP. Instituto Internacional de Ecologia. **Multiciência**. P. 1-15. 2003. Disponível em: https://www.multiciencia.unicamp.br/artigos_01/A3_Tundisi_port.PDF. Acesso em: 09/04/18.

VALE JÚNIOR, J. F.; BARROS, L. S.; SOUSA, M. I. L.; UCHÔA, S. C. P. Erodibilidade e suscetibilidade à erosão dos solos de cerrado com plantio de *Acacia mangium* em Roraima. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. **Revista Agro@ambiente** (On-line), v. 3, n. 1, p. 1- 8 jan-jul, 2009.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L. de. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. *In*: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A.; COSTA E SOUSA J. M.

Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris. Boa Vista: FEMACT-RR, p. 79-91. 2005.

VASCO, A. N. BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; MELLO JÚNIOR, A. V.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.6, n.1, p.118-130, jan./abr. 2011.

VASCONCELOS, E. C.; VERAS, A. T. de R. Usos e abusos do meio ambiente urbano nas margens do igarapé Tiririca, no bairro Mecejana – Boa Vista – RR. **Revista ACTA Geográfica**, ano I, nº2, p.69-83 jul./dez. de 2007.

VELOSO, H. P.; GÓIS-FILHO, L.; LEITE, P. F.; SILVA, S. B.; FERREIRA, H. C.; LOUREIRO, R. L.; TEREZO, E. F. M. Vegetação. *In: RADAMBRASIL*. Programa de Integração Nacional. Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 8. Departamento Nacional de Produção Mineral. Folha NA.20 Boa Vista e parte das Folhas NA.21, Tumucumaque, NB.20 Roraima e BB.21; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p.305-405, 1975.

VIANNA, P. C. G. **Considerações sobre a política de recursos hídricos e suas aplicações para o sistema aquífero Guarani (SAG)**. 2003. Disponível em: <http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat005.pdf>. Acesso em: 17/04/18.

VIDAL, M. R. **Geoecologia das paisagens: fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do rio Curu-Ceará-Brasil**. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 191 f. 2014.

ZANINI, H. L. H. T.; AMARAL, L. A.; ZANINI, J. R.; TAVARES, L. H. S. Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico. Jaboticabal-SP: **Revista de Engenharia Agrícola**, v.30, n.4, p.732-741. 2010.