



UFRR

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MARICEL BRASIL FÉLIX

EFEITO DO USO DO SOLO NA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREAS  
DE INFLUÊNCIA URBANA NA CIDADE DE BOA VISTA - RR

BOA VISTA, RR

2021

MARICEL BRASIL FÉLIX

EFEITO DO USO DO SOLO NA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM ÁREAS  
DE INFLUÊNCIA URBANA NA CIDADE DE BOA VISTA - RR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Roraima, como parte dos pré-requisitos para obtenção do grau de Mestre em Geografia, na linha de pesquisa: Dinâmica da Paisagem.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Wankler.

BOA VISTA, RR  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

F316e Félix, Maricel Brasil.

Efeito do uso do solo na qualidade de águas superficiais em áreas de influência urbana na cidade de Boa Vista - RR / Maricel Brasil Félix. – Boa Vista, 2021.

90 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Sander.

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Wankler.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPG-GEO.

1 - Uso do solo. 2 - Paisagem. 3 - Qualidade da água. 4 - Impactos ambientais. 5 - Igarapés urbanos. I - Título. II - Sander, Carlos (orientador). III - Wankler, Fábio (coorientador).

CDU - 91

MARICEL BRASIL FÉLIX

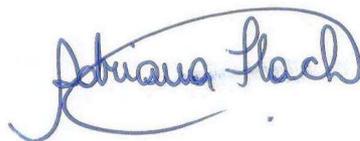
**EFEITO DO USO DO SOLO NA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM  
ÁREAS DE INFLUÊNCIA URBANA NA CIDADE DE BOA VISTA – RR**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPG-GEO), para obtenção do grau de Mestre em Geografia pela Universidade Federal de Roraima. Área de concentração: Dinâmica da Paisagem Amazônica. Defendida em 28 de setembro de 2021 e avaliada pela seguinte banca:



---

**Prof. Dr. Carlos Sander (Orientador – UFRR)**



---

**Profa. Dra. Adriana Flach (UFRR)**



---

**Profa. Dra. Márcia Teixeira Falcão (UERR)**



---

**Prof. Dr. Bruno Cesar Mortatti (UFRR)**

*Aos meus alicerces,*

*Romito e Murilo.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Roraima (UFRR) que através do programa de Pós-Graduação em Geografia proporcionou essa oportunidade ímpar na minha carreira acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa e apoio financeiro durante todas as fases da pesquisa.

À Deus, que através dos dons da sabedoria e da ciência, me fizeste percorrer caminhos que proporcionaram experiências que contribuíram para minha evolução intelectual nesta existência. O seu amor incondicional e incomparável, manifestado de várias formas, fez com que eu não desistisse ou me sentisse desamparada diante das situações difíceis.

Ao meu filho Murilo, você foi o presente mais lindo que Deus nos deu durante essa trajetória. Sei que não foi fácil pra nós dois, mas conseguimos! Você e seu pai foram minha força nos momentos de exaustão. Foi por vocês!

Ao meu amado esposo Romito, por todo amor, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. Obrigada por permanecer ao meu lado, por sonhar os meus sonhos, por ser tão prestativo e cuidadoso. Obrigada, principalmente, por ter sido um ótimo pai para o nosso menino nos momentos que precisei me ausentar. Obrigada por nos fazer feliz!

Um agradecimento especial aos meus avós, Vitalina e Fernando, por toda ajuda, sacrifício, abnegação e doação para que eu tivesse a oportunidade de ter acesso à bons estudos. Sinto-me privilegiada por tê-los.

Aos meus pais, Maríldina e Celso, por me instruírem sabiamente no caminho do bem, pelos valores repassados, pela amizade, carinho e respeito que sempre existiu em nossa relação. E à minha irmã, Vívian Maria, por todo amor e admiração. Obrigada por serem tão especiais para comigo.

Aos meus orientadores Prof. Carlos Sander e Prof. Fábio Wankler, por acreditarem no meu potencial, por todo apoio e conhecimento compartilhado, e principalmente, por toda preocupação e paciência constantes, vocês foram fundamentais.

À Companhia de Águas e Esgoto de Roraima (CAER), na pessoa do Sr. Presidente James da Silva Serrador e ao corpo técnico do Laboratório de Efluentes da CAER, nas pessoas do Sr. Leônidas, Renato e Rafael. Obrigada por toda disponibilidade, apoio e colaboração para a realização desta pesquisa.

Aos demais professores do PPG-GEO, por toda dedicação, contribuição e compartilhamento de conhecimento.

Por fim, à todos àqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento, em especial a Alexandra, por todas as palavras de incentivo e apoio ofertadas.

## RESUMO

As áreas de corpos hídricos são de grande importância ambiental e urbanística, pois, além de serem responsáveis por importantes interações ambientais, suas múltiplas funções passaram a contribuir na estruturação das cidades e conseqüentemente, a integrar a paisagem urbana. Desse modo, esta pesquisa teve como objetivo analisar os reflexos do uso do solo na qualidade da água dos igarapés Grande e Auai Grande, localizados em área de influência urbana na cidade de Boa Vista - RR. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram empregados os métodos quali-quantitativos e abordagem exploratória. Na elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, foram empregadas imagens do satélite LandSat 8, utilizando para processamento os softwares Corel Draw Graphics 2020 e Quantum GIS 3.18. Obedecendo as recomendações da NBR nº 9898 de junho de 1987, abrangendo os períodos seco e chuvoso, as coletas foram realizadas em junho e setembro de 2019 e em abril e outubro de 2020, em cada um dos três pontos de amostragem definidos ao longo dos dois igarapés. De acordo com as metodologias descritas pela American Public Health Association (APHA), os parâmetros temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *Escherichia coli*, foram analisados no Laboratório de Efluentes da Companhia de Águas e Esgoto de Roraima (CAER) e os resultados foram comparados às Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 274/2000. A estatística dos resultados foi submetida à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados apontaram que as áreas das micro bacias dos igarapés Grande e Auai Grande possuem uso e ocupação distintos. Enquanto a primeira é marcada pela intensa presença antrópica, sobretudo pela instalação da lagoa de estabilização do município em suas margens, a segunda, com características menos urbanas, possui o aterro sanitário como principal classe de uso e ocupação. Dessa maneira, os testes de variância apresentaram para todos os parâmetros, com exceção dos sólidos totais, OD e DBO, a condição de ocorrência de variabilidade significativa entre os resultados das estações chuvosa e seca, dos dois igarapés. Outro aspecto relevante, tange aos pontos de coleta localizados próximo ao aterro sanitário e à lagoa de estabilização, dos quais, de maneira quase unânime, apresentaram em todas as amostragens dos períodos seco e chuvoso, teores de contaminação maiores que os pontos à montante e à jusante à eles, indicando assim, o constante aporte de carga poluidora nessas regiões específicas, ou seja, tanto o aterro sanitário, quanto a lagoa de estabilização, podem ser considerados fontes difusas de contaminação das águas dos igarapés. Isto posto, de modo geral, através dos resultados das análises, pôde-se concluir que as águas de ambos os igarapés são consideradas impróprias para uso, conforme os padrões estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 274/2000.

**Palavras-chave:** Uso do solo. Paisagem. Qualidade da Água. Impactos Ambientais. Igarapés urbanos.

## ABSTRACT

The areas of water bodies are of great environmental and urban importance, as, in addition to being responsible for important environmental interactions, their multiple functions started to contribute to the structuring of cities and, consequently, to integrate the urban landscape. Thus, this research aimed to analyze the effects of land use on the water quality of the Grande and Auai Grande streams, located in an area of urban influence in the city of Boa Vista - RR. For the development of this research, the qualitative-quantitative methods and exploratory approach were used. In the preparation of land use and occupation maps, LandSat 8 satellite images were used, using Corel Draw Graphics 2020 and Quantum GIS 3.18 software for processing. Obeying the recommendations of NBR No. 9898 of June 1987, covering the dry and rainy periods, the collections were carried out in June and September 2019 and in April and October 2020, in each of the three sampling points defined along the two streams. According to the methodologies described by the American Public Health Association (APHA), the parameters temperature, pH, electrical conductivity, turbidity, total solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, total coliforms and *Escherichia coli* were analyzed in the Effluent Laboratory of the Roraima Water and Sewage Company (CAER) and the results were compared to CONAMA Resolutions n° 357/2005 and n° 274/2000. The statistics of the results were submitted to analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test at 5% probability. The results showed that the micro basin areas of the Grande and Auai Grande streams have different use and occupation. While the first is marked by an intense human presence, especially the installation of the municipality's stabilization pond on its banks, the second, with less urban characteristics, has the sanitary landfill as its main class of use and occupation. Thus, the variance tests showed for all parameters, except for total solids, OD and BOD, the condition of occurrence of significant variability between the results of the rainy and dry seasons of the two streams. Another relevant aspect concerns the collection points located near the landfill and the stabilization pond, which, almost unanimously, showed higher contamination levels in all samples during the dry and rainy season than the upstream and downstream points. downstream to them, thus indicating the constant supply of polluting load in these specific regions, that is, both the landfill and the stabilization pond can be considered diffuse sources of contamination of the waters of the streams. That said, in general, through the results of the analyses, it was possible to conclude that the waters of both streams are considered unsuitable for use, according to the standards established by CONAMA Resolutions n° 357/2005 and n° 274/2000.

**Keywords:** Use of the soil. Landscape. Water quality. Environmental impacts. Urban streams.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição hidrográfica do estado de Roraima .....	22
Figura 2 - Mapa Político do Estado de Roraima .....	32
Figura 3 - Padrões de relevo no estado de Roraima .....	31
Figura 4 - Classificação dos solos no estado de Roraima .....	32
Figura 5 - As linhas curvas sobre Roraima subdividem a área em três tipos climáticos: Af (clima equatorial de floresta), Am (clima de monção) e Aw (clima de savana) de acordo com a classificação de Köppen.....	34
Figura 6 - Classificação da vegetação no estado de Roraima .....	35
Figura 7 - Localização igarapés Grande e Auai Grande, Boa Vista – RR .....	38
Figura 8 - Vista geral dos pontos amostrados no igarapé Grande em estação seca. A) Montante G1; B) Trecho médio G2; C) Jusante G3.....	42
Figura 9 - Vista geral dos pontos amostrados no igarapé Auai Grande em estação seca. A) Montante G1; B) Trecho médio G2; C Jusante G3. ....	42
Figura 10 - Localização dos pontos no igarapé Grande e Auai Grande, Boa Vista – RR.....	44
Figura 11 - Mapa de uso e ocupação do solo com identificação dos pontos de coleta das amostras em área do igarapé Grande em Boa Vista – RR.....	52
Figura 12 - Representação gráfica das áreas ocupadas pelos diferentes usos do solo na área da micro bacia do igarapé Grande em Boa Vista – RR.....	53
Figura 13 - Representação gráfica das áreas ocupadas pelos diferentes usos do solo na área da micro bacia do igarapé Auai Grande em Boa Vista – RR.....	59
Figura 14 - Mapa de uso e ocupação do solo com identificação dos pontos de coleta das amostras em área do igarapé Auai Grande em Boa Vista – RR.....	58
Figura 15 - Representação gráfica da variação da precipitação total mensal dos anos de 2019 e 2020 em Boa Vista - RR.....	61
Figura 16 - Representação gráfica da variação dos níveis de temperatura, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.....	63
Figura 17 - Representação gráfica da variação dos níveis de pH, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR. ....	64

Figura 18 - Representação gráfica da variação dos níveis de condutividade elétrica, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.....	66
Figura 19 - Representação gráfica da variação dos níveis de turbidez, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR. ....	68
Figura 20 - Representação gráfica da variação dos níveis de sólidos totais, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.....	70
Figura 21 - Representação gráfica da variação dos níveis de oxigênio dissolvido, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.....	72
Figura 22 - Representação gráfica da variação dos níveis de demanda bioquímica de oxigênio, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR. ....	71
Figura 23 - Representação gráfica da variação dos níveis de coliformes totais, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.....	75
Figura 24 - Representação gráfica da variação dos níveis de E. Coli, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR. ....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Coordenadas dos pontos de coletas nos igarapés Grande e Auai Grande .....	43
Tabela 2 - Parâmetros indicadores de qualidade, unidades e métodos analíticos utilizados no monitoramento das águas. ....	47
Tabela 3 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo em área da micro bacia do igarapé Grande em Boa Vista – RR .....	53
Tabela 4 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo em área da micro bacia do igarapé Auai Grande em Boa Vista – RR.....	59
Tabela 5 - Estatísticas descritivas da análise da água nos períodos chuvoso e seco, igarapés Auai Grande e Grande, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ....	76
Tabela 6 - Estatísticas descritivas da comparação dos resultados de qualidade da água, entre os períodos chuvoso e seco dos igarapés Grande e Auai Grande, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ....	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação das águas doces .....	17
Quadro 2 - Sub-regiões hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Branco .....	20

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	American Public Health Association
APP	Área de Preservação Permanente
CAER	Companhia de Água e Esgoto do Estado de Roraima
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQA	Índice de Qualidade da Água
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número mais provável
NSF	National Sanitation Foundation
NTU	Unidade de Turbidez Nefelométrica
OD	Oxigênio Dissolvido
ONPG	Orto-nitrofenil-galactopiranosídeo
ONU	Organização das Nações Unidas
ORP	Oxidation Reduction Potential
pH	Potencial Hidrogeniônico
RNQA	Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água
RR	Roraima
SEPLAN	Secretaria Estadual de Desenvolvimento e Planejamento
UFRR	Universidade Federal de Roraima
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcento
cm	Centímetro
cv	Coeficiente de Variação
km	Quilômetro
km <sup>2</sup>	Quilômetro Quadrado
L	Litro
mL	Mililitro
mV	Milivolts
°C	Grau Celsius
s	Segundos
s	Desvio padrão
s <sup>2</sup>	Variância
mm	Milímetros
m <sup>3</sup> /s	Metro cúbico por segundo
μS/cm	Microsiemens

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
<b>1.1.1 Característica das águas dos rios amazônicos .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2 Características da bacia hidrográfica do rio Branco .....</b>	<b>20</b>
1.2 EXPANSÃO URBANA DE BOA VISTA E SEUS RECURSOS HÍDRICOS.....	22
1.3 SOLOS E PROCESSOS EROSIVOS .....	25
1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DO ESTADO DE RORAIMA.....	30
<b>1.4.1 Caracterização do estado de Roraima .....</b>	<b>30</b>
1.4.1.1 Relevo.....	31
1.4.1.2 Solos .....	33
1.4.1.3 Clima .....	34
1.4.1.4 Vegetação .....	35
1.5 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO .....	37
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>40</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	40
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	40
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
3.1 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	41
3.2 DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO .....	42
3.3 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS.....	46
<b>3.3.1 Coleta, acondicionamento e transporte das amostras.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.2 Parâmetros qualitativos .....</b>	<b>46</b>
3.3.2.1 pH.....	48
3.3.2.2 Temperatura.....	48
3.3.2.3 Turbidez.....	48
3.3.2.4 Sólidos totais .....	49
3.3.2.5 Demanda bioquímica de oxigênio .....	49
3.3.2.6 Oxigênio dissolvido.....	50
3.3.2.7 Coliformes totais e <i>E. Coli</i> .....	50
3.4 TRATAMENTO DOS DADOS.....	50
<b>3.4.1 Análise estatística.....</b>	<b>51</b>

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>52</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	52
<b>4.1.1 Igarapé Grande.....</b>	<b>52</b>
<b>4.1.2 Igarapé Auai Grande .....</b>	<b>56</b>
4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DOS IGARAPÉS GRANDE E AUAI GRANDE .....	60
<b>4.2.1 Temperatura .....</b>	<b>62</b>
<b>4.2.2 pH .....</b>	<b>64</b>
<b>4.2.3 Condutividade elétrica .....</b>	<b>65</b>
<b>4.2.4 Turbidez .....</b>	<b>67</b>
<b>4.2.5 Sólidos totais.....</b>	<b>69</b>
<b>4.2.6 Oxigênio dissolvido .....</b>	<b>70</b>
<b>4.2.7 Demanda bioquímica de oxigênio .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2.8 Coliformes Totais.....</b>	<b>73</b>
<b>4.2.9 Escherichia Coli .....</b>	<b>75</b>
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	75
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, o acelerado crescimento demográfico fez com que o processo de ocupação em direção aos igarapés e áreas verdes fosse intensificado, causando significativas alterações na paisagem e alterando sensivelmente os espaços naturais, provocando sérios problemas socioambientais.

A capital do estado de Roraima, Boa Vista, por apresentar uma topografia plana, com áreas abaciaadas, ricas em cursos d'água como lagos e igarapés, favorece esta configuração do espaço urbano, fazendo com que a ocupação desordenada de espaços não compatíveis à urbanização, como as áreas de corpos hídricos antes não ocupadas, passem a integrar a malha urbana da cidade.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE, o município vem passando por um crescimento populacional intenso, segundo estimativas, o volume populacional de 284.313 mil habitantes em 2010, atingiria a marca de 419.652 habitantes em 202, com densidade demografia de quase 50 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2021). Diante deste fato, é irrefutável perceber que o histórico de uso e ocupação do solo tem afetado significativamente os cenários naturais da região, principalmente no que tange os corpos hídricos urbanos.

Por mais que interferências sejam comuns às bacias com os mais variados usos do solo, é nas áreas urbanizadas que elas são mais agudas, Sander *et al.*, (2012a, 2012b) estudando as intervenções antrópicas de dois canais fluviais em áreas urbanizadas de Boa Vista - RR, perceberam mudanças significativas no comportamento hidrológico e na estrutura da rede de drenagem de ambos.

O mesmo foi evidenciado por Falcão *et al.*, (2012, 2015), ao constatarem que o crescimento da capital comprimiu Áreas de Preservação Permanentes (APP's) e notadamente as áreas das bacias dos igarapés urbanos Grande, Paca e Pricumã, revelando uma ocupação desordenada, que transgride a legislação existente e demonstra uma frágil intervenção governamental.

Em se tratando da bacia do igarapé Grande, pesquisas relacionadas à qualidade de suas águas concluíram que o corpo hídrico está completamente degradado e comprometido, além do seu canal principal estar situado próximo ao antigo depósito de lixo da cidade, agora ocupado pela Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da CAER.

Assim também, Falcão *et al.*, (2012) em estudo realizado na bacia do igarapé Auai Grande, mostrou a fragilidade e vulnerabilidade que o corpo hídrico está sendo exposto pela forma de uso e ocupação da terra em seu entorno, especialmente pela instalação do aterro

sanitário próximo às suas margens.

Nessa perspectiva, cabe ressaltar que apesar de os igarapés Grande e Auai Grande tem sido objeto de análise de estudos anteriores (ESBELL, 2006; SATELLES, 2011; FALCÃO *et al.*, 2012; PEREIRA, 2015). Todavia, a influência dos diferentes usos do solo sobre a qualidade desses corpos hídricos é uma questão que ainda merece reflexão.

O trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos, que se inicia com a introdução da pesquisa, logo no primeiro. No segundo, encontramos os objetivos geral e específicos, propostos para o desenvolvimento do trabalho. No terceiro capítulo é apresentada a fundamentação teórica da pesquisa, abordando assuntos como a característica das águas dos rios amazônicos, característica da bacia hidrográfica do rio Branco, expansão urbana de Boa Vista e seus recursos hídricos e solos e processos erosivos. O quarto capítulo retrata os aspectos fisiográficos do estado de Roraima e da área de estudo. O quinto traz a descrição e caracterização dos materiais e métodos, além da explicação dos processos metodológicos adotados. No sexto capítulo são expostos os resultados e as discussões de acordo com os objetivos traçados e por fim são apresentadas as considerações finais do trabalho.

## 1.1 REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1.1 Característica das águas dos rios amazônicos

Informações sobre a qualidade da água são fundamentais para que se conheça a relação entre seus usos múltiplos e impactos ambientais. De acordo com Gloria, Horn e Hilgemann (2017) o acompanhamento e monitoramento da qualidade de um recurso hídrico através de amostragem, busca obter informações qualitativas e quantitativas, como o conhecimento das condições biológicas, químicas e físicas.

As características físicas, químicas e biológicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua bacia de drenagem. A qualidade requerida está bem definida nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme as especificações das Resoluções CONAMA nº 357/2005 e 430/2011 (BRASIL, 2005; 2011), que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas superficiais e subterrâneas, estabelecendo ainda as condições e padrões de lançamento de efluentes. De acordo com a CONAMA (2005/2011), as águas doces são classificadas em (Quadro 1):

Quadro 1 - Classificação das águas doces

CLASSE	DEFINIÇÃO
<b>Classe especial</b>	Águas destinadas para abastecimento, consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
<b>Classe 1</b>	Águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; 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.
<b>Classe 2</b>	Águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; 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.
<b>Classe 3</b>	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.
<b>Classe 4</b>	Águas que podem ser destinadas à navegação, à harmonia paisagística e à proteção das comunidades aquáticas.

Fonte: BRASIL (2005; 2011).

Além da resolução, destaca-se também o Índice de Qualidade da Água (IQA), uma importante ferramenta metodológica para mensurar o padrão das águas nacionais e converter informações de diversas variáveis em um valor numérico que possibilite o seu enquadrar em classes ou categorias.

A Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água - RNQA (RNQA, 2017) monitora parâmetros básicos de qualidade, a partir de indicadores selecionados, como os estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, dentre eles: oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, cor verdadeira, potencial hidrogeniônico, coliformes termotolerantes, entre outros.

A qualidade da água superficial e subterrânea é condicionada por variáveis naturais ligadas, por exemplo, ao regime de chuvas, escoamento superficial, geologia, cobertura vegetal, e impactos antrópicos, como o lançamento de efluentes provenientes de fontes pontuais ou difusas, manejo dos solos, entre outros.

Os rios amazônicos têm sido classificados como de águas pretas, claras (ou ligeiramente esverdeadas), e brancas. Essas águas possuem diferentes características limnológicas, como: pH, condutividade elétrica e concentração de nutrientes. Tais variações ocorrem em função de diferenças dos elementos geográficos de cada bacia hidrográfica específica, como o relevo, geologia, vegetação e clima (MONTANHER; FILHO; NOVO, 2016).

Ainda de acordo com os autores citados alhures, uma das principais características

que define os rios amazônicos de águas brancas é a alta concentração de sedimentos suspensos. Isso ocorre porque as cabeceiras de drenagem desses rios estão situadas principalmente no cinturão orogênico Andino, onde as taxas de soerguimento e de erosão são extremamente altas. Logo, apresentam águas barrentas, amareladas e turvas. São ricos em nutrientes, peixes e vegetação aquática. E em seu entorno encontra-se florestas de várzea. Amazonas, Juruá, Solimões, Purus e Madeira, são exemplos desses corpos d'água. Já, os rios de água clara têm suas origens a partir dos maciços aplainados da Guiana e do Brasil Central, os quais apresentam possibilidades muito reduzidas de ocorrência de erosões, evitando assim, a liberação e transporte de material em suspensão.

Os ecossistemas aquáticos que possuem águas pretas indicam um relevo pouco movimentado na região de suas cabeceiras. A característica química dessas águas deve-se a alguns complexos orgânicos, como ácidos húmicos e flúvicos que a acidificam e escurecem. Esse fato se deve a grande quantidade de matéria orgânica dissolvida nos corpos d'água.

Nesse sentido, para compreendermos a composição hídrica das bacias hidrográficas de Roraima se faz necessário analisar primeiramente as bacias hidrográficas da Amazônia onde estão situados os demais rios que formam sua Bacia principal e suas sub-bacias, dos quais têm grande importância no meio ambiente para a sobrevivência das espécies, porém, devido à expansão urbana vem sofrendo grandes impactos que afetam diversas regiões.

A Bacia do rio Amazonas distribui suas águas entre os países vizinhos como Peru, Bolívia, Colômbia, Equador, Venezuela e Guiana. E dentre os estados brasileiros Acre, Pará, Rondônia, Roraima, Mato Grosso, Amapá e Tocantins (LEMOS; VIEIRA; FERRAZ, 2017).

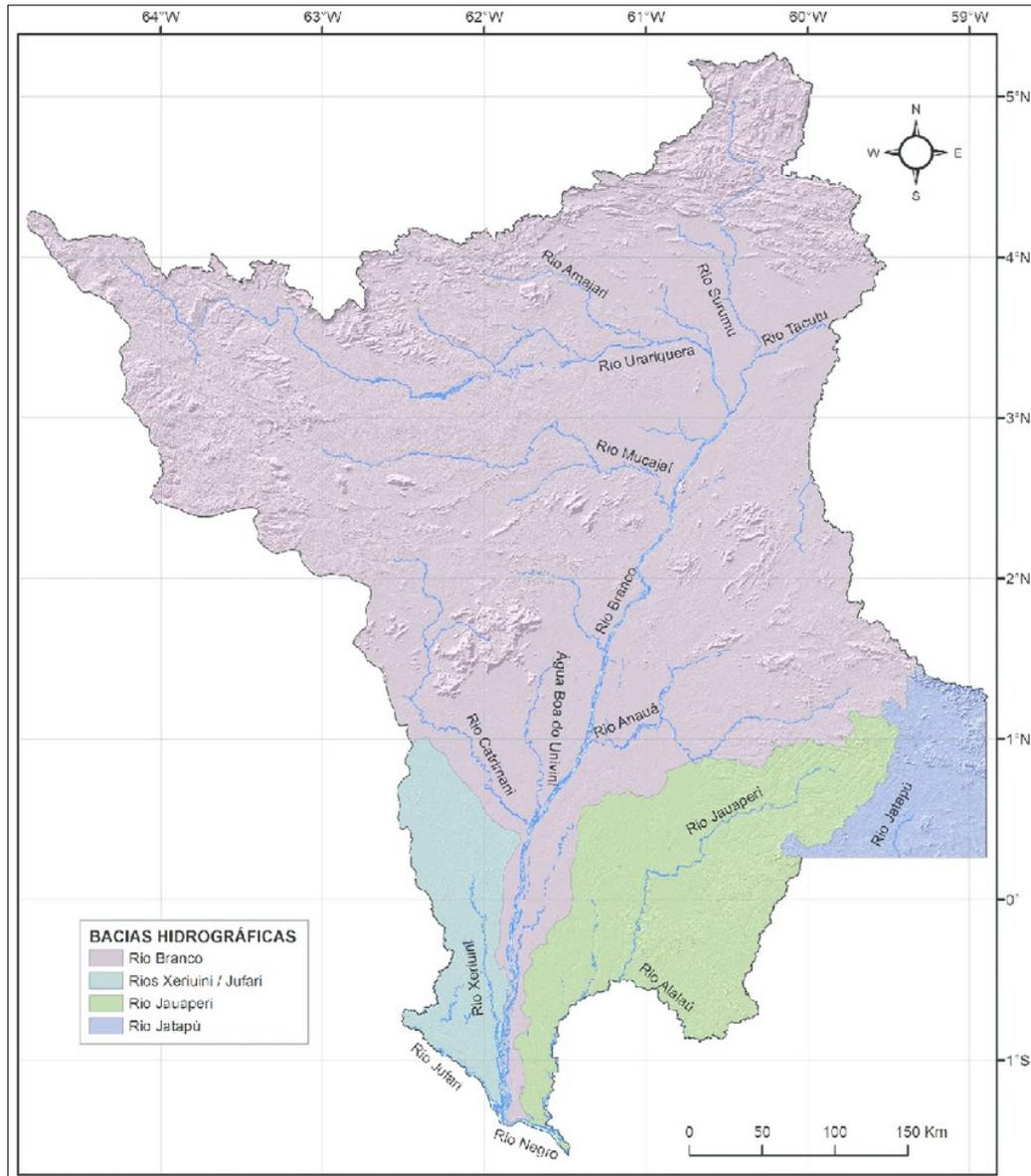
Conforme Pereira (2015), a bacia hidrográfica do rio Branco, sub-bacia do rio Negro, é a principal do Estado de Roraima, possuindo em média uma área de 204.640 km<sup>2</sup> que banha quase toda extensão da superfície do estado e divide-se em cinco sub-bacias: Tacutu, Uraricoera, Mucajaí, Catrimani e Anauá.

O rio Branco, formado pela confluência do Tacutu e Uraricoera, em seu percurso está dividido em três seguimentos: alto, médio e baixo rio Branco. Apresenta águas do tipo brancas ou barrentas, que drenam as regiões geológicas jovens como os Andes e podem fornecer grande quantidade de material por meio de processos erosivos. Vários estudos realizados nesta bacia (ESBELL, 2006; SATELLES, 2011; FALCÃO *et al.*, 2012; PEREIRA, 2015) contribuíram para a descrição do comportamento dos corpos d'água, como por exemplo, estudos de caracterização dos igarapés Grande e Aui Grande.

### 1.1.2 Características da bacia hidrográfica do rio Branco

A Bacia Hidrográfica de Roraima é constituída por grandes rios, em destaque o rio Branco que é o maior rio desta bacia, formado pelos rios Tacutu e Uraricoera, percorre 30 quilômetros de leito ao norte de Boa Vista (Figura 1).

Figura 1 - Composição hidrográfica do estado de Roraima



Fonte: LADEIRA; DANTAS (2014).

O rio Branco abastece a capital Boa Vista e durante o período de verão, onde são registrados os maiores índices de seca no Estado, a população enfrenta problemas com o fornecimento de água no município. Segundo as pesquisas do IBGE de 2009, a bacia hidrográfica está praticamente toda situada no estado de Roraima. Nesse sentido, Brasil

(2009) afirma essa ideia dizendo:

O estado de Roraima praticamente assume os contornos da Bacia Hidrográfica do rio Branco, no entanto três outras bacias hidrográficas têm participação significativa no território do Estado, as bacias dos rios Jauaperi e Jufari, também afluentes do rio Negro, e o Jatapu, afluente do rio Amazonas (BRASIL, 2009, p. 08).

Considerado um dos rios de maior destaque desta região, o rio Branco apresenta grande extensão e importância no abastecimento de água à sede do município. O quadro 02 abaixo representa cada sub-região hídrica e os rios que as compõem.

Quadro 2 - Sub-regiões hídricas da Bacia Hidrográfica do Rio Branco

SUB-REGIÕES HÍDRICAS	COMPOSIÇÃO
Tacutu	Cotingo, Surumu, Tacutu, Maú, Capivara, Cachorro
Uraricoera	Auaris, Aracaça, Parima, Uraricaá, Amajari, Uraricoera, Parimé
Mucajaí	Couto de Magalhães, Melo Nunes, Apiau, Mucajaí
Anauá	Barauana, Novo, Caroebe, Anauá
Branco do Sul	Xeroni, Tapera, Branco, Água Boa de Cima, Cauae, Branco, Pricuma, Surrao, Água Boa de Baixo, Água Boa do Univini, Ajarani, Catrimai

Fonte: ASSIS (2020).

Uma parte da Bacia Hidrográfica do rio Branco também percorre áreas territoriais da Guiana, por meio dos rios Tacutu e Maú que dão acesso à Bacia Amazônica (BRASIL, 2009). Tendo o rio Branco como afluente do rio Negro com a extensão de 581 Km, sua bacia apresenta uma área aproximada de 242.600 Km<sup>2</sup>, desta, 5% pertencem à Guiana e o restante ao Brasil, abrangendo apenas terras no Estado de Roraima (BRASIL, 2009, p. 25).

Corroborando Lemos, Vieira e Ferraz (2017) ressaltam que:

Em Roraima, a rede de drenagem é organizada pelo rio Branco, que se forma na confluência dos rios Uraricoera e Tacutu e desagua no rio Negro. Seus afluentes principais pela margem direita são, no sentido nascente-foz, os rios Cauamé, Mucajaí, Ajarani, Água Boa do Univini e Catrimani. Pela margem esquerda são os rios Quitauaú, Cachorro, Anauá e Itapará (LEMOS; VIEIRA; FERRAZ, 2017, p. 38).

Entretanto, a bacia hidrográfica que banha o território roraimense é de grande relevância para o abastecimento de água dos municípios deste Estado. Já o rio Uraricoera, tem todo o seu curso em solo roraimense, pois nasce na Serra Parima e percorre um longo percurso de área com o seu leito em terras com variação de vegetações, variando do lavrado até as áreas florestais. Já seus afluentes são o rio Auaris, o rio Uraricaá e o Amajari. E grande parte do seu curso está em terras indígenas Yanomami e a outra área de savana ou lavrado nas

comunidades indígenas Pium, Anta e São Marcos (LIMA; BETHONICO; VITAL, 2018).

A geomorfologia da região compreende áreas mais elevadas e dissecadas na porção oeste, decrescendo para o leste, sob o domínio do Planalto do Interflúvio Orinoco - Amazonas, com altitude entre 500 e 1500 m no limite com a Venezuela. O relevo apresenta redução das altitudes de 500 a 200 m, partindo do Planalto Sedimentar de Roraima para o Patamar Dissecado de Roraima. As altitudes são reduzidas para menos de 100 m no Patamar do Médio Uraricoera para Depressão Boa Vista (RODRIGUES; NETA; JÚNIOR, 2016).

O clima, segundo a classificação de Koppen, compreende os tipos Af (extremo oeste), Am (parcela meio oeste e central) (IBGE, 2010;). De acordo com Veras e Sander (2015) a distribuição de chuva na região é desigual, com valores maiores e melhor distribuídos na porção ocidental da bacia, chegando a totais anuais de aproximadamente 2.400 mm. Em direção a posição oriental há uma queda gradual dos totais anuais, com 1.800 mm.

A formação geológica caracteriza-se por média dois principais domínios litológicos: ao norte, os arenitos pleistocênicos da Formação Boa Vista; a sul, uma área coberta por rochas ígneas do Mesoproterozóico onde predominam biotita-hornblenda granitos e quartzo monzonitos do Batólito Mucajaí (FRAGA, 2002).

De acordo com Reis *et al.*, (2003) a estrutura geológica da bacia encontra-se tectonicamente circundada por ortognaisses e metagranitoides do Complexo rio Urubu e por ortognaisses e eventuais migmatitos do Complexo Urariquera, ambos de idade paleoproterozoica. No interior do Complexo Urariquera aparecem corpos lenticulares de paragnaisses e metacherts do Grupo Cauarane. Assim, observa-se que a bacia hidrográfica do Estado de Roraima é fundamental para o abastecimento de água visto que todos os municípios são abastecidos por água que vem dos rios de da região.

## 1.2 EXPANSÃO URBANA DE BOA VISTA E SEUS RECURSOS HÍDRICOS

Conforme Falcão *et al.*, (2012), a cidade de Boa Vista surgiu a partir da chamada 'Fazenda Boa Vista', em meados de 1830, elevada à categoria de Vila em 1858 e, em 09 de julho de 1890, através do Decreto Estadual nº 49, passou a ser cidade do recém-criado município de Boa Vista, desmembrado de Moura, então província do Amazonas. Em meados da década de 1950, a cidade tornou-se capital do Estado de Roraima, uma das poucas capitais planejadas no Brasil durante este período.

Ainda segundo a autora, até o final da década de 1970, a cidade de Boa Vista respeitou o traçado urbanístico. Contudo, a partir dos anos 1980, quando se intensificou o

processo migratório no Estado em virtude da exploração do garimpo, e quando Roraima passou a ser oficialmente Estado, em 1988, que o processo migratório se acentuou.

Segundo Staevie (2011) a urbanização de Boa Vista teve uma história dinamizada com diferentes agentes promotores do espaço, influenciados pelos aspectos políticos, econômicos e sociais da própria população e ao mesmo tempo que caracteriza o desenvolvimento do espaço urbano torna-se um aspecto prejudicial para o uso de suas terras.

Percebe-se assim, que cada momento histórico da cidade foi contribuindo para sua configuração espacial e dando novas formas em sua malha urbana, bem como no seu aspecto físico. É importante ressaltar que a cidade de Boa Vista inicialmente passou por um período de tecido urbano planejado, obedecendo uma configuração de padrão radial concêntrico, semelhante a Paris (VERAS, 2014).

Segundo Veras (2009), as mudanças posteriores na formação socioespacial de Boa Vista envolvem uma conjuntura de ordem social, econômica, política e ideológica que ocasionaram transformações significativas no espaço urbano através do crescimento irregular que remodelou sua malha viária em direção as áreas periféricas ao que atualmente conta com cerca de mais de 40 bairros.

A partir de então, a expansão urbana dirigiu-se vertiginosamente para o setor sudoeste e oeste da cidade, desempenhado principalmente pelas classes menos favorecidas economicamente. As invasões foram, ao longo desse processo, as mais comuns práticas de ocupação do solo.

Segundo Araújo *et al.*, (2018) o fenômeno do êxodo rural, ocorrido em grande parte dos municípios, se agravou após o trabalho no campo diminuir e a população começar a migrar para os grandes centros em busca de melhores perspectivas, desde então, a crise econômica, a diminuição do poder aquisitivo da população e do capital em circulação, favoreceram ainda mais ao aumento de aglomerados urbanos não consolidados nessas capitais.

De acordo com Silva *et al.*, (2017) a associação desse crescimento aliado à falta de planejamento são um dos principais fatores responsáveis pela degradação ambiental de muitos municípios brasileiros. Para Araújo *et al.*, (2018) esse processo de ocupação se dá principalmente às margens de canais fluviais, em decorrência à sua essencialidade para a manutenção da vida, afetando de maneira considerável a disponibilidade hídrica, relacionada de forma intrínseca à qualidade de suas águas, uma vez que a poluição das fontes pode impedir e comprometer os seus mais diversos usos.

De acordo com Sant'Ana (2007), a urbanização é um dos fatores que mais

influenciam nas modificações dos ambientes aquáticos, alterando significativamente a qualidade das águas. Esbell (2006) também enfatiza a contribuição da utilização das margens de corpos hídricos como fator responsável pela degradação do ambiente aquático, uma vez que o processo de lixiviação proporciona a percolação de determinadas substâncias para o leito dos corpos hídricos, podendo inviabilizar os mais diversos usos da água.

O Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos de 2017 (UNESCO, 2017), resultado da participação conjunta de 23 agências da ONU, indo além das questões de abastecimento de água e saneamento, apontou que em todos os países, com exceção dos mais desenvolvidos, a maioria absoluta das águas residuais, 80%, é lançada diretamente no meio ambiente sem tratamento adequado.

Sequenciando os relatórios de 2018 (UNESCO, 2018) e de 2019 (UNESCO, 2019) expõem que o uso da água deve continuar aumentando a uma taxa de cerca de 1% ao ano até 2050, o que representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível atual de uso, afetando mais de 2 bilhões de pessoas que já vivenciam um alto estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões que já experimentam escassez severa durante pelo menos um mês do ano.

Um outro documento lançado em 2019, o Global Environment Outlook 6 (UNEP, 2019) do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, produzido por 250 cientistas de mais de 70 países, traz dados ainda mais alarmantes, entre eles, de que os poluentes dos sistemas de água potável farão com que a resistência antimicrobiana se torne a maior causa de mortes até 2050.

Diante dos fatos, vários estudos realizados em ambientes lóticos urbanos de Boa Vista consideram as atividades humanas como um fator preocupante e que contribui para a degradação dos mesmos. Dentre eles, destaca-se o de Sant'Ana (2007), que realizou a análise multivariada da qualidade das águas dos igarapés Tacutu, Uraricoera, Cauamé, Mirandinha, Caranã, Caxangá e Grande, todos afluentes do Rio Branco. Seus resultados constataram que os pontos com maior índice de poluição se encontram situados na área urbana do município, como os igarapés Mirandinha, Caxangá, Caranã e Grande, apresentando despejo direto de esgoto sem tratamento prévio, presença de lixo em suas margens, e supressão da mata ciliar.

Igarapé Grande possui porções canalizadas, despejo direto de esgoto em seu leito, presença de lixo em suas margens e leito; ausência de mata ciliar em grande parte de suas margens. Está situado próximo à Lagoa de estabilização, sua água, próximo a Lagoa apresenta maus odores e coloração esverdeada, com altos valores de coliformes termotolerantes, que influenciar a qualidade microbiológica de suas águas. Esses aspectos refletem precariedade social e de infra-estrutura da população residente em seu entorno, e o não cumprimento das leis e ambientais (SANT'ANA, 2007, p. 87).

Estudando o Igarapé Grande, Satelles (2011) concluiu que um dos fatores que contribuíram para a degradação do mesmo, foi o despejo de efluentes provenientes da Estação de Tratamento de Esgoto de Boa Vista (ETE), além das ocupações irregulares em suas margens, supressão vegetal, impermeabilidade do solo e o assoreamento do leito.

Igualmente Esbell (2006) em estudo sobre a influência dos despejos de efluentes oriundos da Estação de Tratamento no Igarapé Grande, concluiu que as concentrações de amônia estavam elevadas tanto à montante quanto à jusante ao deságue da ETE, no período chuvoso, ou seja, além do lançamento de efluentes oriundos da ETE, há a presença de esgotos clandestinos sendo lançados no corpo hídrico, contribuindo com o aporte de matéria orgânica, dificultando o processo de decomposição, o que conseqüentemente ocasionou a presença de amônia.

### 1.3 SOLOS E PROCESSOS EROSIVOS

Conforme Teixeira e Vieira (2013), o solo consiste em um componente fundamental do ecossistema terrestre, pois é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação. Vulgarmente conhecido como a superfície do chão, possui diferentes definições pela Geologia, Pedologia e Geomorfologia (IBGE, 2007).

De acordo com Plorenzo (2010) tendo como base o conceito do geólogo russo Dokuchaev, “os solos correspondem à camada viva que recobre a superfície da terra em evolução permanente por meio da alteração das rochas e de processos pedogenéticos comandados por agentes físicos, biológicos e químicos”.

Conforme Ramos *et al.*,(2018) é uma composição de sais minerais, rocha em decomposição, matéria orgânica e água, constituído como o principal substrato nutricional que sustenta as plantas no processo de crescimento e disseminação, ou seja, o solo fornece às raízes fatores de crescimento como suporte, água, oxigênio e nutrientes. Sendo compreendido como um componente fundamental para o ecossistema.

Segundo a Embrapa (2018), a ciência o define como sendo corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contem matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sidos modificados por interferência antrópica.

Considerando os aspectos de classificação e perfil, Lepesch (2002) e Santos (2006) mencionam que por definição o solo é um meio complexo e heterogêneo que recobre a Vsuperfície terrestre, constituído por várias camadas de mineral, gases, água e húmus.

resultantes do intemperismo que atua sobre a matriz, também denominada de rocha primária.

De acordo com Andreoli *et al.*, (2012) ele tem sua formação oriunda do processo de decomposição das rochas por meio da ação do intemperismo que pode ocorrer por processos físicos, químicos e biológicos, mediante os efeitos da temperatura, do vento, da pressão, entre outros fatores.

Com relação à caracterização e classificação quanto a sua origem, eles podem ser residuais, sedimentares e orgânicos. Entretanto, de acordo com a Pedologia, ainda podem ser classificados em argiloso, arenoso, humoso e calcário (MOREIRA; SENE, 2005; EMBRAPA, 2018).

Sendo assim, a formação ou gênese dos solos são fenômenos importantes no estudo da Pedologia, entretanto de difícil observação, quando se considera a lentidão com que esse fenômeno se processa na superfície da crosta terrestre (HACKSPACHER, 2011). Dessa forma, ele fornece ar, água, e nutrientes para as plantas além de apresentar funções múltiplas como: “regulação da distribuição, armazenamento, escoamento, infiltração da água da chuva e de irrigação; armazenamento e ciclagem de nutrientes para as plantas e outros elementos; ação filtrante e protetora da qualidade da água e do ar” (SANTOS, 2006, p. 3; TEIXEIRA; VIEIRA, 2013).

Por corresponder à camada da Terra constituída como superfície terrestre, sendo o substrato mais usado e ocupado pela natureza e pelo homem, torna-se também o espaço que mais sofre com as intervenções antrópicas. Nessa perspectiva, coaduna Ramos *et al.*, (2018) ao mencionarem que o solo é o substrato que mais sofre degradação ocasionadas pelas ações antrópicas, pois o mesmo é constituído como lugar da interação do homem com o meio.

Corroborando Lima *et al.*,(2007) afirmam que as ações contínuas do homem afetam e prejudicam suas funções básicas deixando-o vulnerável, acarretando interferências negativas no equilíbrio ambiental, diminuindo drasticamente a qualidade de vida nos ecossistemas, principalmente naqueles que sofrem mais diretamente a interferência humana como os sistemas agrícolas e urbanos ocasionando o processo erosivo (LEPSCH, 2002).

Esse processo erosivo proveniente de agentes naturais depende de uma série de fatores controladores tais como: grau de erosividade, cobertura vegetal, e as próprias características das encostas. A junção desses fatores favorece os mecanismos de infiltração de água. É um processo que ocorre em fases, no qual, primeiro destaca-se a remoção das partículas, e segundo o transporte do material que é efetuado pelos agentes dos processos erosivos (SOUZA, 2017).

As propriedades do solo são de grande importância nessa dinâmica, porque

juntamente com outros fatores determinam a maior ou menor suscetibilidade ao processo erosivo. Segundo Morgan (1986), “aerodibilidade é a resistência do solo em ser removido e transportado”, e Hadley *et al.*, (1895), ressalta a importância das propriedades dessa aerodibilidade como um fator extremamente importante na prevenção da erosão e no planejamento adequado para o uso da terra.

De acordo com Salomão (2012), algumas formas de erosão são pertinentes, como a erosão linear típica de encostas côncava oriunda da concentração das águas de escoamento superficial com formação de sulcos, ravinas e voçorocas.

A voçoroca parte da feição de erosão linear acelerada em que se conjugam os efeitos da água subterrânea e da água superficial, associados a processos de movimentos de massa, formando longos canais paralelos e subparalelos ao perfil da vertente. A erosão ravina compreendida pela feição de erosão linear, pouco pronunciada, é resultante da concentração das águas de escoamento superficial (SALOMÃO, 2012).

Cita Souza (2017) que a erosão superficial difusa, laminar ou areolar oriunda da perda dos horizontes superficiais do solo, também chamada de erosão em lençol, é comum em terrenos uniformes, encostas convexas e livres de depressão e erosão anfiteatro erosivo-pequeno vale, cuja bacia de drenagem é sensivelmente alargada na encosta, assumindo, conseqüentemente, forma semicircular.

No que tange ao processo erosivo de ação antrópica, Peloggia (1998) cita que esse processo se acentua pela busca da apropriação máxima dos precários espaços disponíveis pelas populações (lotes, espaços em favelas) que leva à modificação da geometria das encostas, através de técnicas precárias, frequentemente manuais, de utilização propiciada pela grande espessura do regolito e suas coberturas, em especial nas regiões tropicais.

Com base nisso Guerra (2011), aponta uma série de características intrínsecas das encostas que podem desenvolver movimentos de massa.

Essas características, na maioria das vezes, são potencializadas nas áreas urbanas, devido ao uso intensivo e desordenadas, podendo os cortes indiscriminados ou mal dimensionadas dos taludes, bem como a falta de rede de esgotos e galerias pluviais, acelera os movimentos de massa, tornando-os catastróficos, provocando quase sempre a morte de dezenas de pessoas (GUERRA, 2011, p. 30).

Para Guerra (2007), o processo erosivo causado pela água das chuvas, tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, cujos totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta. Quanto mais terras são desmatadas para a exploração de madeira e para outros fins, os solos

ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem direto sobre a superfície do terreno.

Com relação ao solo urbano, Goudie (1990) argumenta que as taxas de erosão nas áreas urbanas são muito elevadas. Quando surge uma cidade o processo de pavimentação do solo se intensifica principalmente a partir da fase de construção civil, entretanto, cabe ressaltar que esse processo não continua para sempre, e, uma vez que ele cesse ou diminua consideravelmente, há uma tendência de essas taxas erosivas diminuírem, em especial naqueles centros em que o planejamento urbano assegura uma boa infraestrutura.

Neste sentido, Carvalho *et al.*, (2006) afirmam que o agravamento dos problemas erosivos está diretamente relacionado a ação antrópica caracterizada pelo processo de rápida urbanização sem planejamento ou com projetos e práticas de parcelamento do solo inadequados e ineficientes, bem como pelo despejo de resíduos.

Para melhor compreensão dos processos erosivos do solo causados pela ação antrópica e o crescimento urbano, cabe mencionar ainda, uma breve reflexão sobre a geomorfologia urbana que, segundo Coates (1976), é a ciência das formas de relevo e dos processos que as criam. No ambiente urbano o homem é criador da paisagem (*landscape*), ou da paisagem da cidade (*cityscape*), pois o homem, ao ocupar e criar ambientes artificiais distorce uma parte ou grande parte das áreas urbanas.

A geomorfologia urbana é vista por Goudie e Viles (1997), “como uma compreensão da relação existente entre os fatores do meio físico e os impactos provocados pela ocupação humana”.

Segundo Jorge (2011), as mudanças que vem ocorrendo de forma acelerada nesse meio construído pelo homem tem relação com o crescimento humano e desordenado, muito comum nas grandes e médias cidades, pois seu desenvolvimento, muitas vezes, não obedece aos condicionantes biofísicos do lugar de implantação.

Para Peloggia (1998), é notável que ações antrópicas ao meio tenham produzido diversos estudos em diferentes áreas do meio acadêmico. As atividades produtivas tem produzido inúmeros efeitos geológicos e geomorfológicos de diversas proporções que contribuem para mudanças significativas de um novo período geológico: o Quinário ou Tecnógeno.

Um conhecimento específico, sistematizado, que tem por objetivo analisar as formas do relevo, buscando compreender os processos atuais, segundo Kügler (1976), como componente disciplinar da temática geográfica, a geomorfologia constitui importante subsídio para a apropriação racional do relevo, como recurso ou suporte, considerando a conversão

propriedades geológicas em sócio reprodutoras.

As grandes correntes geomorfológicas e a situação atual evidenciam as duas grandes linhagens epistemológicas (escola anglo-americana e germânica), com respectivas filiações, apresentam um panorama da situação atual (tendência holística, fundamentada na perspectiva germânica) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

De acordo com Christofolletti (1980) o estudo das formas do relevo deriva substancialmente das concepções geológicas do século XVIII, que representaram a tendência naturalista, voltada aos interesses do sistema de produção, tendo o “utilitarismo” como princípio. Em torno de 1850 a geologia havia chegado a grandes interpretações de conjunto da crosta terrestre, contando com um corpo teórico ordenado.

Segundo Casseti (1996), ela serve para mostrar a importância do estudo do relevo para os diferentes campos do conhecimento (planejamento urbano e regional, análise ambiental, dentre outros), evidenciando a estreita relação com a Geografia.

Para Ab’Sáber (1982), ao apresentar um estudo integral do relevo, devem-se levar em consideração os três níveis de abordagem sistematizados, e que individualizam o campo de estudo da geomorfologia, sendo eles: a compartimentação morfológica, o levantamento da estrutura superficial e o estudo da fisiologia da paisagem.

No que tange os aspectos físicos da geomorfologia Casseti (1994), menciona que o relevo assume importância fundamental no processo de ocupação do espaço, fator que inclui as propriedades de suporte ou recurso, cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem e suas consequências. Nessa perspectiva, a geomorfologia oferece diversas possibilidades na busca de novos parâmetros para o reconhecimento da relação sociedade e natureza.

Os objetos de estudo da geomorfologia quanto aos aspectos físicos compreendem a Morfologia: descrição da paisagem – qualitativa e quantitativa; Morfogênese: processos endógenos (internos) e exógenos (externos); Morfodinâmica: dois processos ativos – endógenos + exógenos; Morfocronologia: idade absoluta e relativa das formas de relevo e aos processos a elas relacionados (MARTINS, 2013).

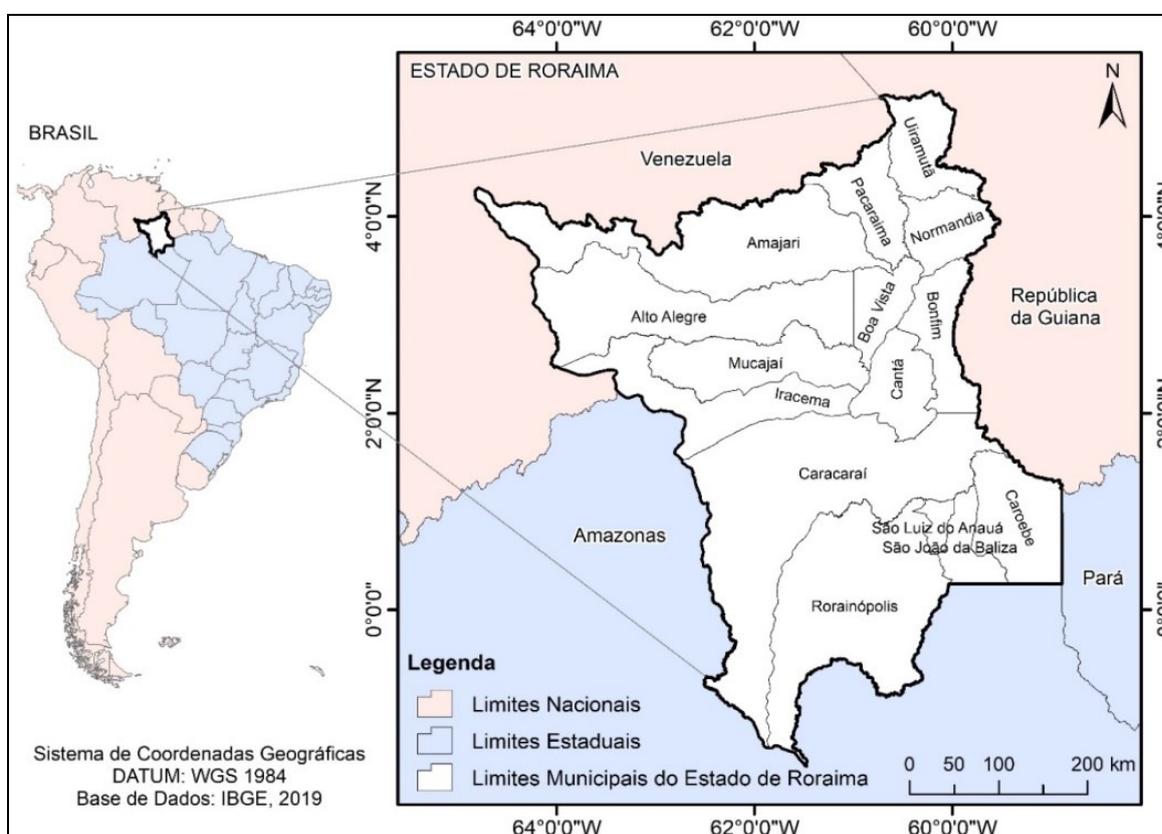
Sendo assim, a geomorfologia contribui para os problemas no meio urbano ajudando a controlar o rápido consumo de recursos naturais disponíveis e a prevenir a ocorrência de novos impactos. A aplicabilidade de especialidades nas mais diversas áreas, assim como a geologia de engenharia e a geomorfologia urbana, tem evidenciado mais garantias para fins de segurança e economia no desenvolvimento do uso do solo (PALMER 1996).

## 1.4 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS DO ESTADO DE RORAIMA

### 1.4.1 Caracterização do estado de Roraima

O estado de Roraima é a porção mais setentrional do Brasil com 80% do seu território inserido no hemisfério norte (Figura 2). Localizado ao extremo Norte do Brasil com uma área física de 225.116,1 km<sup>2</sup>, faz limites ao Norte e Noroeste com a Venezuela, a Leste com a República Cooperativista da Guiana a Sudeste com o estado do Pará e ao Sul e Oeste com o estado do Amazonas. Todo o estado ocupa cerca de 2,6% do território brasileiro, e 4,5% da Amazônia Legal (GALDINO, 2018a).

Figura 2 - Mapa Político do Estado de Roraima



Fonte: JESUS (2020).

Isolada do restante do país por várias décadas, é considerada uma região estrategicamente aberta ao comércio exterior, com a Venezuela ao norte e a leste com a República Cooperativa da Guiana (BARBOSA *et al.*, 2004).

Conforme Galdino, Roraima tem em sua etimologia a forte presença da cultura indígena, na língua Macuxi, por exemplo, significa Monte Verde e para os índios Taurepang quer dizer mãe dos ventos (GALDINO, 2018a).

Segundo Saldanha (2008) e Silva; Silva (2008), pode ser definido, no contexto da

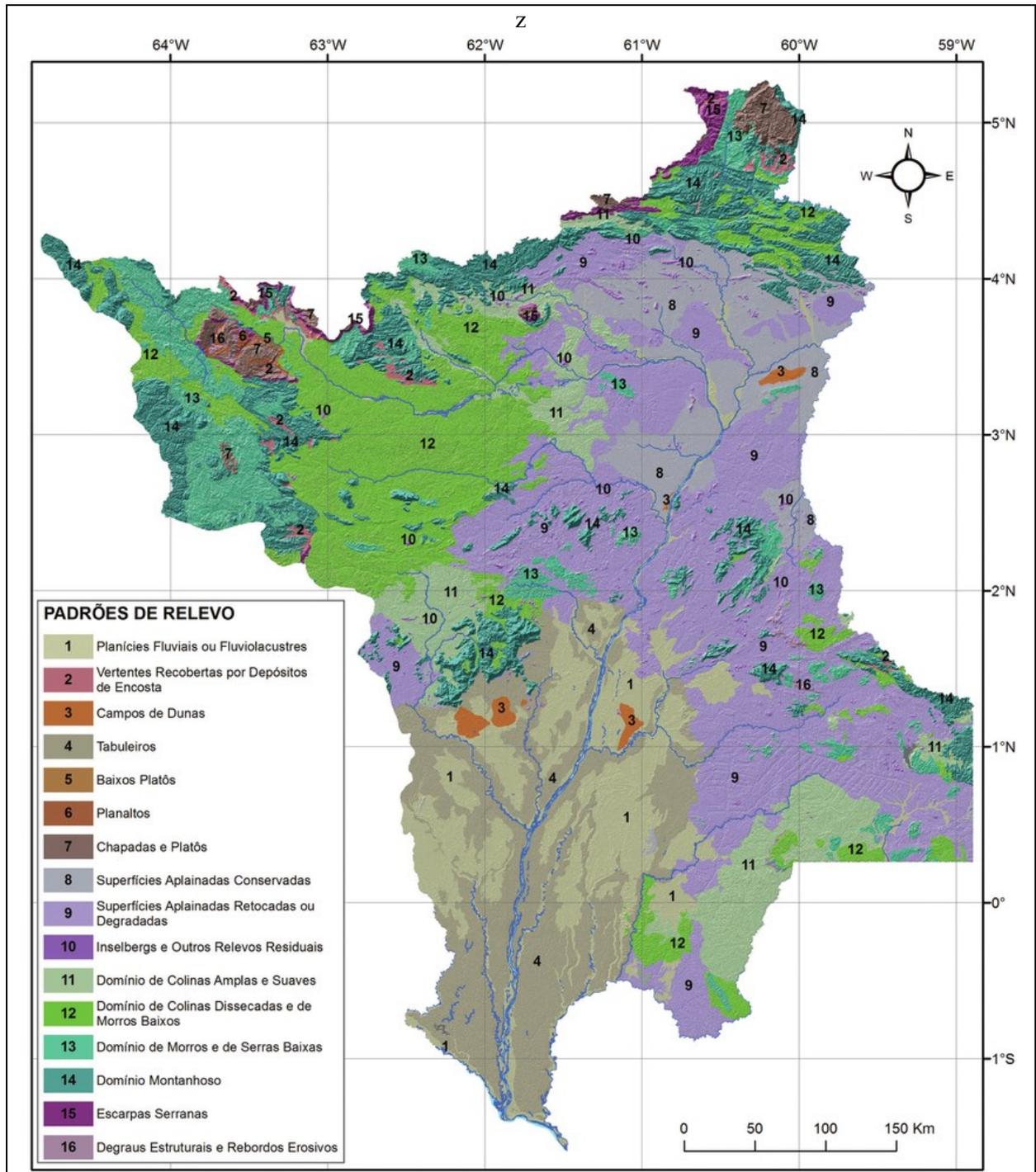
região amazônica brasileira, como um local que, nas últimas décadas, evoluiu de uma situação tipicamente periférica, institucionalmente frágil e dependente, de difícil acessibilidade, muito pouco povoada e atraente, para um novo contexto com potencial de maior autonomia, assentado sobre uma nova base política. Na condição de Estado, passa a dispor de maior acessibilidade e, por conseguinte, com maior poder de atração para pessoas e empreendimentos em diversas áreas.

#### 1.4.1.1 Relevô

Segundo Vale, Júnior e Schaefer (2010), Roraima tem um relevô variado (Figura 3), apresentando de norte a sul um formato de escada com vários degraus de vales e planaltos. A paisagem no estado é bem diversificada, pois resulta da atuação dos fatores: solo, relevô, clima, organismos e aspectos socioeconômicos (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010), possuindo o mais variados conjuntos geomorfológicos da Amazônia brasileira, com superfícies baixas e recobertas por sedimentos recentes, com elevações gradativas até os mais altos picos brasileiros (GALDINO, 2018b).

Na Formação da região de Boa Vista a geomorfologia do estado apresenta altitude de até 200 m, datado do final do período terciário e início do quaternário. Na fronteira com a Venezuela encontra-se o Planalto Sedimentar de Roraima com (altitudes variando de 1.000 a quase 3.000 m), considerado a porção mais elevada, com relevos tabulares trabalhados em rochas sedimentares e metassedimentares antigas do Grupo Roraima, apresentando encostas escarpadas tipo Monte Roraima (2.875 m de altitude) (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010; GALDINO, 2018b).

Figura 3 - Padrões de relevo no estado de Roraima



Fonte: LADEIRA; DANTAS (2014).

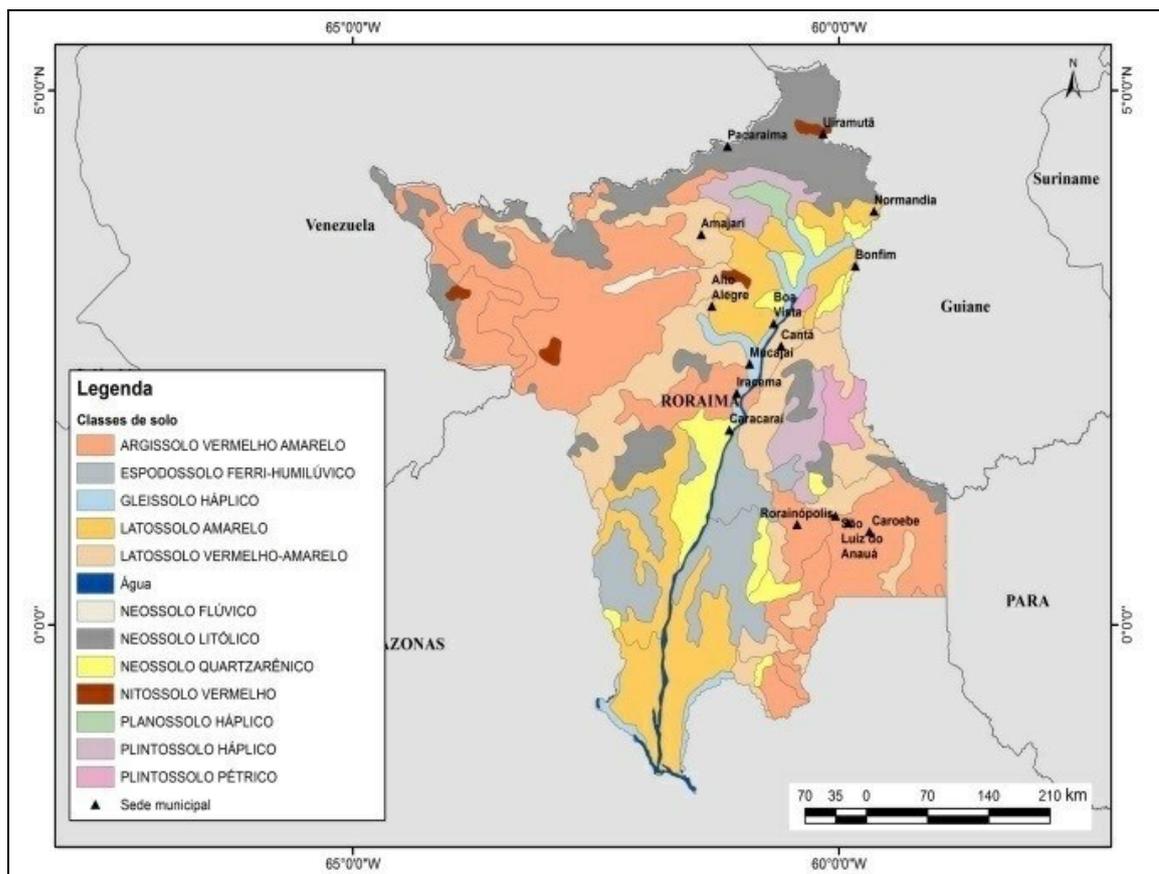
Nas porções onde a geomorfologia é do tipo Planalto Interflúvio Amazonas – Orinoco (altimetria varia de 600 a mais de 2.000 m) (GALDINO, 2018b; BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010), divisor das águas das bacias do Orinoco e Amazonas, ocorrem platôs do planalto sedimentar Roraima, com ocorrência de rochas da era pré-cambrianas do Complexo Guianense, de variados tipos: metamórficas, ígneas intrusivas e

vulcânicas. Na porção sudoeste do estado destaca-se a Planície Amazônica com altitude entre 55 a 200 m predominante nos municípios de Caracará e Rorainópolis (BRASIL, 1975; VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

#### 1.4.1.2 Solos

O estado de Roraima apresenta os seguintes tipos de solo: Latossolo Amarelo, Terra Roxa Estruturada, Argissolo Vermelho Amarelo, Plintossolos, Gleissolo, Neossolo Quartzarênico, Neossolos Litólicos e Neossolo Flúvico (Figura 4). A classe de solo Argissolo Vermelho-Amarelo é produto de decomposição de rochas ácidas medianamente ricas, no entanto, encontram-se profundamente alteradas, tendo uma paisagem composta de bordas dos remanescentes aplainados ou das serras, associadas ao Latossolo Vermelho-Amarelo, resultantes do intemperismo de canga laterítica subjacente (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

Figura 4 - Classificação dos solos no estado de Roraima



Fonte: SCHAEFFER *et al.*, (2019).

Os Neossolos Litólicos, são típicos das regiões de relevo mais dissecado ou íngreme, geralmente tem baixa fertilidade e são poucos profundos. Há ainda áreas significativas de

rochas diabásicas e basálticas com o predomínio de solos eutróficos que compreende a Terra Roxa Estruturada presente na região central do estado (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010), característicos de fertilidade natural onde os atributos Eutrófico (alta fertilidade) e Distrófico (baixa fertilidade) indicam a necessidade ou não de adubação para uso agrícola (EMBRAPA, 2017).

Os Plintossolos possuem minerais sujeitos a umidade, são mal drenados e se caracterizam por apresentarem a plintização, que acontecem por ciclos de umedecimento e secagem alternados, são denominados plintitas, devido vários ciclos de oxi-redução, já os Planossolos são de área plana, com prolongado déficit hídrico, composto por horizontes superficiais A e E, ácidos e pobres (VALE JÚNIOR; SCHAEFER, 2010).

Quanto ao Gleissolo, compreende as matérias minerais presentes na região Campo Experimental do Monte Cristo e Campo do Cauamé. Por sua vez, o Neossolo Flúvico é composto por sedimentos minerais fluviais do período Quaternário presente também na região do Monte Cristo próximo às planícies (BENEDETTI, 2007; EMBRAPA, 2017).

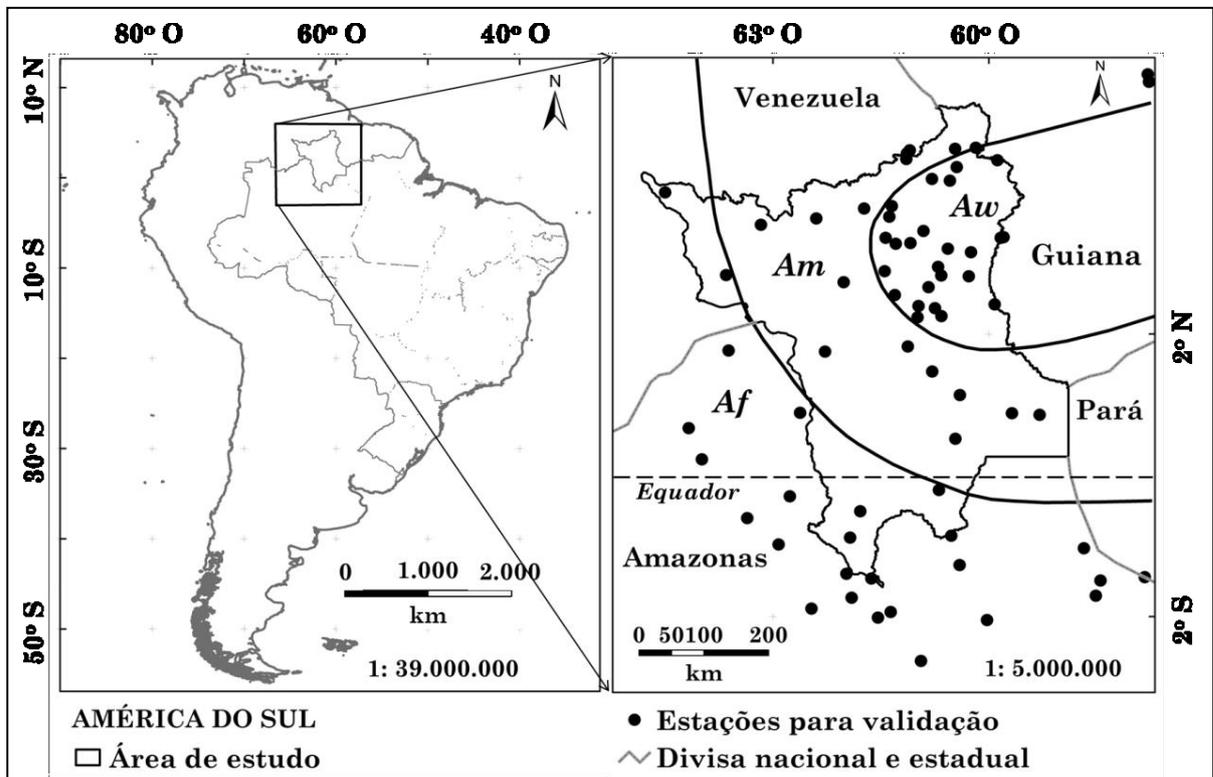
Em geral os solos de Roraima guardam estreita relação com sua a geomorfologia, sendo caracterizados como de baixa fertilidade natural, baixa saturação por bases, e elevada saturação por alumínio, embora apresentem boas características morfológicas e físicas, traduzindo em bom potencial agrícola (BENEDETTI *et al.*, 2011; VALE JÚNIOR *et al.*, 2010; VALE JÚNIOR *et al.*, 2005).

A porção central do estado, de domínio savânico, revela essa expressiva diversidade de solos, pois, em aproximadamente 40.000 Km<sup>2</sup>, das treze classes de solos do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, doze já foram descritas e mapeadas (VALE JÚNIOR, 2000; BENEDETTI, 2007; EMBRAPA, 2018).

#### 1.4.1.3 Clima

A classificação climática, conforme Köppen, são estabelecidas através das relações com as características fisiográficas da região (RORAIMA, 2009). Tipo “Aw<sup>i</sup>” – Clima de Savana, é característico de chuvas no verão, com a presença de uma estação seca (entre outubro e março) e outra chuvosa (entre abril e agosto/setembro) de aproximadamente 6 meses (GALDINO, 2018b; NIMER, 1991). O clima Aw é classificado como tropical úmido, apresentando média térmica de 24° C, variando entre 26° e 29° C, umidade relativa de 85% e índice pluviométrico anual de 1.000 a 1.500 mm (FEMACTO, 1994) (Figura 5).

Figura 5 - As linhas curvas sobre Roraima subdividem a área em três tipos climáticos: Af (clima equatorial de floresta), Am (clima de monção) e Aw (clima de savana) de acordo com a classificação de Köppen



Fonte: BARNI *et al.*, (2020).

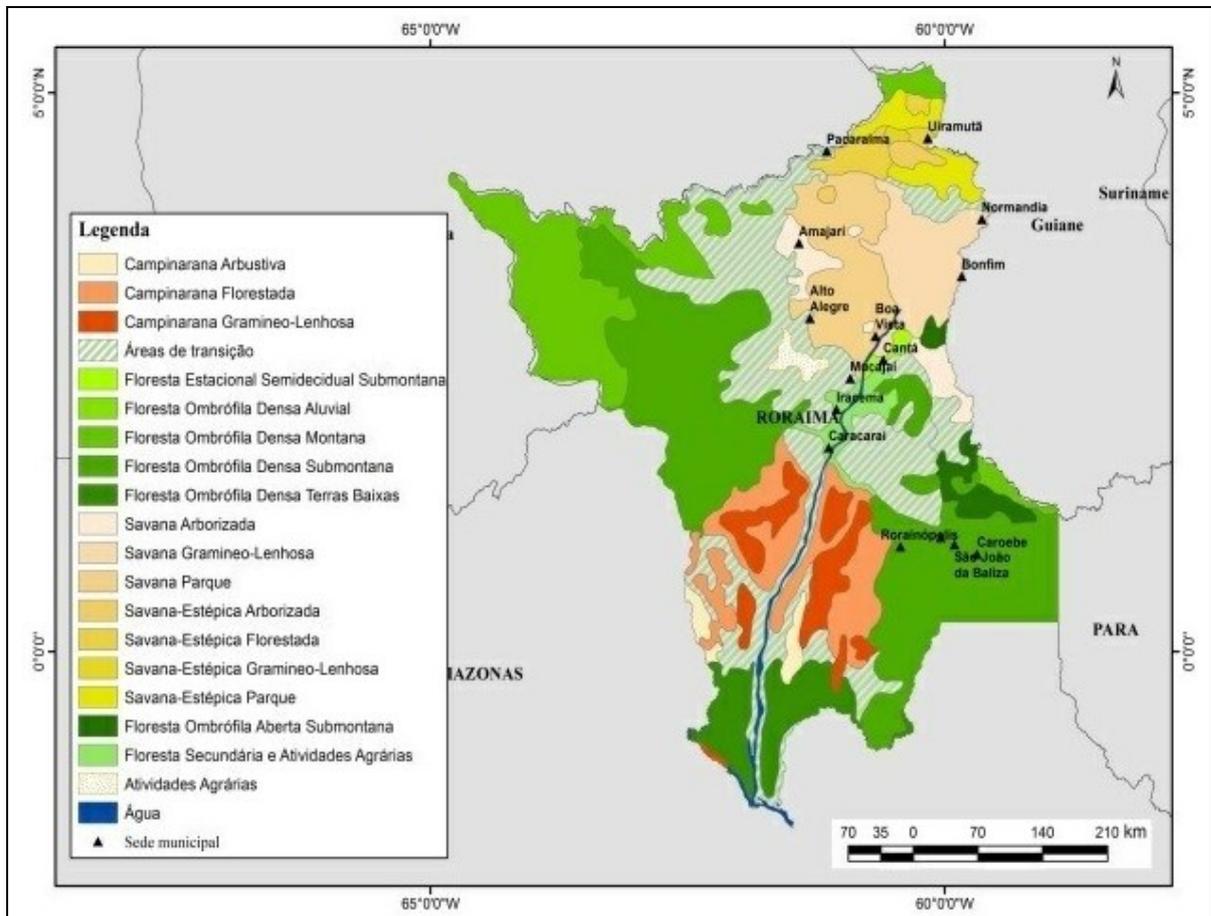
O clima da região de estudo é o Awi pela Classificação de Köppen, com pluviometria e número de dias com chuva por ano variando, respectivamente, entre 1.100 - 1.700 mm e 100-130 dias (BARBOSA *et al.*, 2004). Os meses mais secos estão concentrados entre dezembro e março ( $\pm 10\%$  precipitação anual), e o pico da estação chuvosa se estabelece entre maio e agosto ( $\pm 60\%$  da precipitação anual). Por sua vez, o clima Tipo “Am” – Clima Megatérmico úmido e sub-úmido, inclui o sudeste, centro-oeste e norte de Roraima, com curta estação de seca, apresenta umidades para sustentar florestas tropicais chuvosas (GALDINO, 2018b).

#### 1.4.1.4 Vegetação

Seu espaço fitofisionômico original apresenta três tipos de vegetação bem distintas, no Sul, a floresta equatorial, entrecortada entre rios caudalosos e habitada por exuberante fauna. Ao Centro, o domínio das savanas, também conhecidas como “lavrados”, igarapés e buritizais e, ao Norte, campinas-campinaranas com serra acima dos 1.000 m de altitude, com temperatura que varia de 10°C a 27°C, possibilita atividades econômicas sustentáveis, como o

ecoturismo (SALDANHA *et al.*, 2008) (Figura 6).

Figura 6 - Classificação da vegetação no estado de Roraima



Fonte: SCHAEFFER *et al.*, (2019).

No extremo norte da Amazônia brasileira, temos as savanas popularmente conhecidas como lavrado (GALDINO, 2018b), composta por uma área de aproximadamente 44.800 km<sup>2</sup>, com distintas fitofisionomias composta por relevo, tipo de solo e densidade de indivíduos arbóreos e arbustivos próprios (MELO; BARBOSA 2007).

Entretanto, Miranda (1998) menciona que no estado encontramos quatro tipos distintos de savanas: prados, savanas arbustivas, savanas florestais e savanas de parques. Os prados são compostos por vegetação herbácea e elementos lenhosos anões. As savanas arbóreas e arbustivas caracterizam-se com uma média de 100 árvores/ha, bem distribuídas, com cobertura lenhosa inferior a 5%. As savanas florestais têm uma média de 221 árvores/ha, com boa distribuição e cobertura lenhosa entre 2-15% e as savanas de Parkland, com uma média de 720 árvores/há, com coberturas lenhosas acima de 15%.

Roraima apresenta a maior diversidade de solos da Amazônia, consequência das variações dos fatores de formação, especialmente na diversidade do material de origem,

relevo e clima (VALE JÚNIOR *et al.*, 2010). Esta diversidade se intensifica do Sul em direção ao extremo norte do estado, acompanhando as mudanças na geomorfologia.

### 1.5 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

Capital do Estado de Roraima, Boa Vista (Figura 7), possui aproximadamente 112 Km<sup>2</sup> de extensão de área urbana, e uma população estimada de aproximadamente 436.591 habitantes (IBGE, 2021). Situada à margem direita do Rio Branco, a cidade encontra-se sob o clima tropical úmido do tipo A subtipo Aw, (classificação de Köppen), com estação chuvosa concentrada nos meses de verão (abril a setembro) e inverno seco (outubro a março), com pluviosidade média anual em torno de 1800 mm e temperatura média anual de 27,4 °C (IBGE, 2019; RIBEIRO, 2016; SANDER *et al.*, 2012).

De acordo com Ribeiro (2016) e Rodrigues, Sander, Wankler (2019) o relevo plano levemente ondulado, com dissecação que varia de fraca a muito fraca, desenvolvida sobre rochas sedimentares que constituem a formação do município, e cotas altimétricas que variam de 70 a 80 metros, favorece fenômenos de acumulação de água, possibilitando a formação de canais fluviais. Desta forma, a área de estudo compreende a bacia dos corpos hídricos, igarapés Grande e Auai Grande, situados respectivamente, na malha urbana e periurbana de Boa Vista.

Os corpos hídricos dos igarapés Grande e Auai Grande por estarem situados relativamente próximos, possuem muitas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas em comum, incluindo a própria vegetação existente em suas margens.

O relevo plano periodicamente alagado, característico da geomorfologia Depressão Boa Vista associado à Planície Amazônica, apresenta solos do tipo latossolo amarelo distrófico com associação do argissolo acinzentado distrófico e do neossolo quartzarênico hidromórfico, porém, no trecho inferior, próximo à planície aluvial do Rio Branco, há o domínio de sedimentos arenosos grossos e conglomeráticos, característicos de aluviões holocênicos, compostos por solos do tipo gleissolo háplico distrófico associado ao gleissolo háplico eutrófico. Dispõe de uma vegetação do tipo Savana Parque com floresta de galeria nas nascentes principais, e no trecho inferior do canal, vegetação secundária sem palmeiras (IBGE, 2005a, 2005b, 2005c e 2005d).

O corpo hídrico igarapé Grande está localizado na malha urbana de Boa Vista - RR, nas coordenadas 2°47'25.4" N/ 60°42'41.5" O (Figura 7). Segundo Pereira (2015), Satelles (2011) e Scacabarossi (2012), o igarapé Grande compõe uma micro bacia de mesmo nome, ao confluir com o igarapé da Paca, ocupando uma área em torno de 29,3 km<sup>2</sup>. Com extensão de

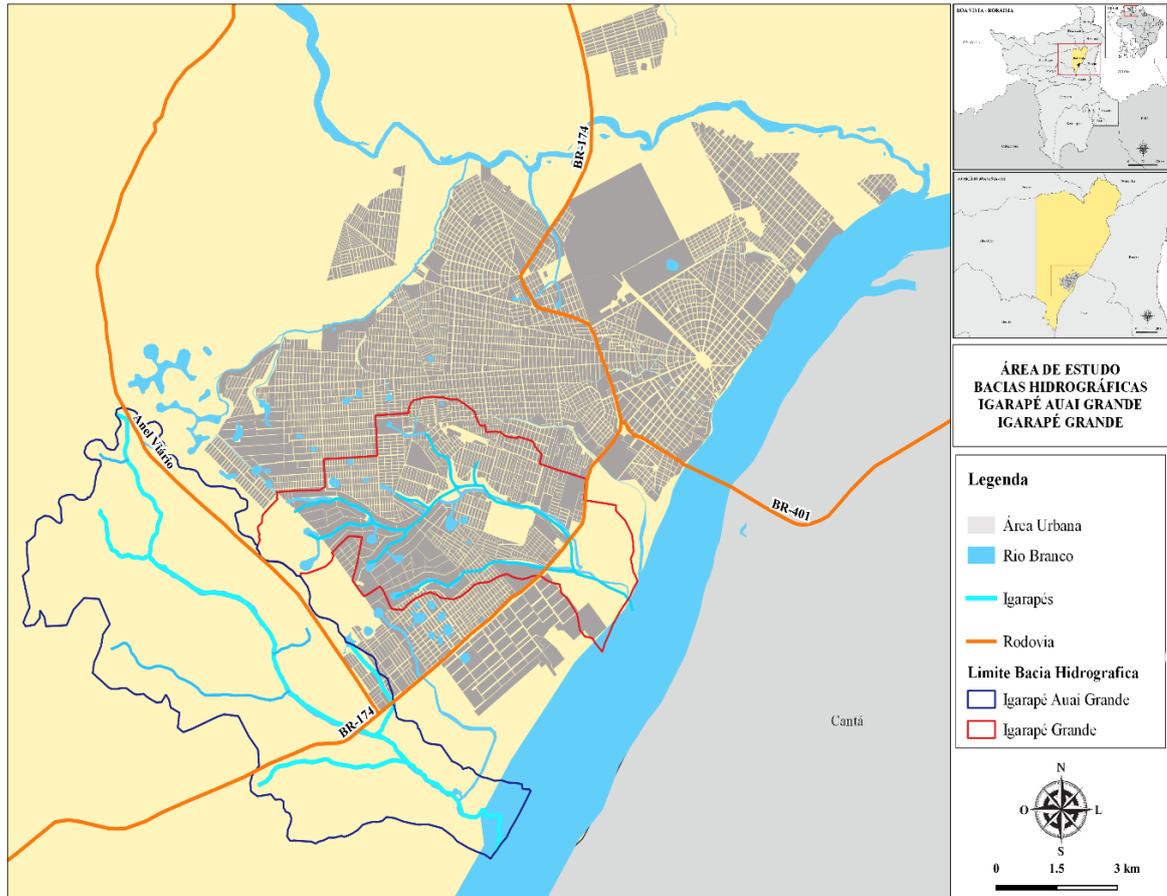
aproximadamente 11,3 km, é considerado um corpo hídrico extremamente urbanizado da sua nascente até próximo a sua foz.

Uma contribuição feita por Rabelo (2008), foi sustentar que o canal principal localiza-se na área da antigo depósito de lixo urbano de Boa Vista, atualmente locado na BR-174. Ainda segundo o autor, após sua desativação não ocorreu nenhum tratamento de reestruturação das feições originais, a não ser o seu aterramento, constituindo anos depois o atual bairro São Bento.

Outro fator determinante na caracterização, é que nele se situava a antiga calha utilizada pela CAER para despejar os efluentes oriundos da ETE, composta pelo sistema de lagoas de estabilização. Segundo a CAER, em 2012 as lagoas passaram por modificações estruturais, agora um emissário de 4,5 km leva o esgoto tratado da ETE até o Rio Branco, em virtude do seu alto poder de maturação, fato que viria a contribuir para a diminuição dos impactos ambientais na bacia do igarapé Grande.

A micro bacia Auai Grande possui uma área de aproximadamente 54,2 km<sup>2</sup>, e tem como característica elementar possuir o sistema de nascentes compartilhadas. Seu canal fluvial principal, de mesmo nome, tem cerca de 11,3 km de extensão. Das poucas informações disponíveis, pode-se dizer de acordo com Falcão et al., (2012) que o mesmo está situado entre as coordenadas 2° 44'42'' N / 60° 44'53'' O, com acesso pela BR-174, rodovia que liga a capital ao Estado do Amazonas (Figura 7). Neste mesmo perímetro está situado o aterro sanitário municipal, à 12 km da capital, com uma área de 94 hectares, construído em 2002 a menos de 150 m das margens do igarapé (GOMES et al., 2017).

Figura 7 - Localização igarapés Grande e Auai Grande, Boa Vista – RR



Fonte: Próprio autor.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os reflexos do uso do solo na qualidade da água dos igarapés Grande e Auai Grande em Boa Vista-RR.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o uso do solo das bacias dos igarapés Grande e Auai Grande;
- b) Determinar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas;
- c) Verificar a influência da sazonalidade nas amostras;
- d) Utilizar a Resolução CONAMA nº 357/05 e a Resolução CONAMA nº 274/00 na classificação das águas;
- e) Diagnosticar se a ETE e o Aterro Sanitário são fontes pontuais ou difusas de contribuição para a contaminação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) gratuito e de código aberto (GNU General Public License) desenvolvido pela OSGeo (Open Source Geospatial Foundation), uma organização sem fins lucrativos fundada em 2006 com a missão de apoiar e promover o desenvolvimento de tecnologias e dados geoespaciais gratuitos.

De acordo com Nascimento e Fernandes (2017), Araújo, Andrade e Ribeiro (2018) e Nascimento et al. (2020) os sistemas de geoprocessamento e sensoriamento remoto vem sendo constantemente aprimorados, tornando-se capaz de suportar inúmeros formatos de imagens vetoriais e matriciais, propiciando maior agilidade no processamento das informações e na atualização de dados. Para os autores acima, o SIG é uma ferramenta de auxílio à análise espacial, tornando possível avaliar com mais agilidade os cenários geográficos e a partir disso subsidiar tomadas de decisão.

É sabido que a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos está diretamente relacionada com as diferentes formas de interferência das ações humanas em sua bacia. Baseado nisto, o mapeamento do uso e ocupação do solo utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto tem sido desenvolvidas por diversos autores com o objetivo de identificar todas as interações existentes dentro de uma bacia hidrográfica e a partir disso fornecer subsídios para aperfeiçoar a gestão e o planejamento socioambiental da mesma.

Desta forma, nesta pesquisa a composição dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo foi desenvolvida e processada em ambiente dos softwares Corel Draw Graphics 2020 e Quantum GIS 3.18, via complemento do processador digital Quick Map Services, no qual permite adicionar imagens do Google Earth, Google Maps, Serviço Bing Maps, ESRI Ocean e Open Street Map.

Como desenvolvido por Nascimento e Fernandes (2017), Silva et al. (2017), Araújo, Andrade e Ribeiro (2018) e Nascimento et al. (2020), fez-se necessário primeiramente realizar pesquisas e levantamentos de dados junto aos órgãos oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Companhia de Águas e Esgoto de Roraima (CAER), Secretaria do Estado de Planejamento e Desenvolvimento (SEPLAN) e Prefeitura Municipal de Boa Vista (PMBV), com o objetivo do tratamento quali/quantitativo destas informações na busca de identificar as características ambientais e socioeconômicas da área de estudo.

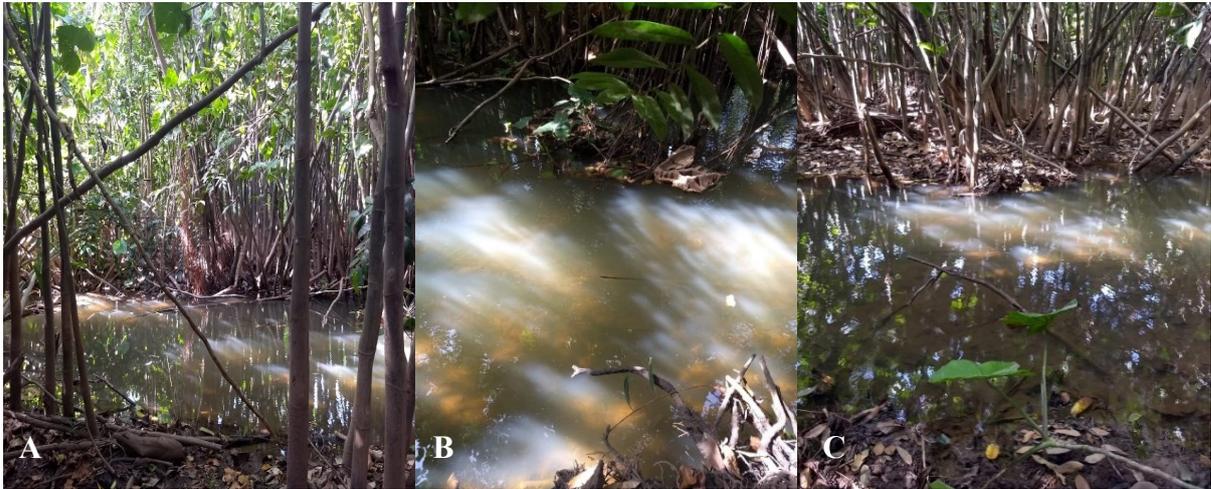
Isto posto, beneficiando-se da interface gráfica do QGIS 3.18, a partir da base cartográfica de Boa Vista/RR (2018) adquirida junto à PMBV, da base cartográfica do IBGE (2014) obtida junto ao site oficial do órgão e do acervo de imagens do satélite LandSat 8, órbita/ponto 232/58, período 2020, disponibilizado de forma gratuita no site do INPE, demarcou-se a área de interesse da pesquisa, utilizando-se para isto, os delimitadores naturais das bacias dos igarapés Grande e Auai Grande, compreendendo uma área de aproximadamente 28,203 Km<sup>2</sup> e 48,149 Km<sup>2</sup>, respectivamente.

Considerando que os mapas temáticos são constituídos por várias camadas (layers ou shapfiles) sobrepostas, e que estas camadas podem representar diversas informações como rios, estradas, curvas de nível, loteamento urbano, hidrografia, entre outros, para a construção dos mapas de uso e ocupação do solo dos igarapés Grande e Auai Grande, todos os dados colhidos somado aos registros obtidos através de visitas *in loco*, foram detalhados, vetorizados e estruturados no software QGIS 3.18 por meio de layers.

### 3.2 DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

Considerando as recomendações da Norma Técnica - NBR nº 9897 - de junho de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, que trata sobre o planejamento de amostragem de corpos receptores, e baseando-se nas metodologias aplicadas por Araújo et al., (2018), Gloria, Horn e Hilgemann (2017), Oliveira et al., (2018) e Pereira (2015), definiu-se três marcações de amostragem ao longo dos dois cursos d'água, representados por G1, G2 e G3 os pontos do igarapé Grande e A1, A2 e A3 os pontos do igarapé Auai Grande, escolhidos através dos critérios: a) acessibilidade ao local; b) áreas de intensa pressão antrópica (existência de ocupação urbana e uso dos recursos hídricos) e c) áreas de menor pressão antrópica. As figuras 8 e 9, apresentam a título de ilustração uma vista de cada ponto estudado.

Figura 8 - Vista geral dos pontos amostrados no igarapé Grande em estação seca. A) Montante G1; B) Trecho médio G2; C) Jusante G3.



Fonte: Próprio autor.

Figura 9 - Vista geral dos pontos amostrados no igarapé Auai Grande em estação seca. A) Montante G1; B) Trecho médio G2; C) Jusante G3.



Fonte: Próprio autor

Para a orientação de cada um dos seguintes pontos, foram coletadas as coordenadas (x,y) com o uso de receptor GPS modelo Garmin eTrex 20x (Tabela 1) e em seguida, sobrepondo os dados no software QGIS versão 3.18, reproduziu-se o seguinte mapa, conforme demonstrado na Figura 10.

Tabela 1- Coordenadas dos pontos de coletas nos igarapés Grande e Auai Grande

<b>PONTOS DE COLETA</b>	<b>NORTE (N)</b>	<b>OESTE (W)</b>
Ponto G1	2°47'33.14"N	60°43'11.63"O
Ponto G2	2°47'23.71"N	60°42'35.96"O
Ponto G3	2°47'2.16"N	60°42'8.40"O
Ponto A1	2°44'41.52"N	60°44'57.11"O
Ponto A2	2°44'38.61"N	60°44'47.31"O
Ponto A3	2°44'35.59"N	60°44'38.12"O

Fonte: Próprio autor.

Figura 10 - Localização dos pontos no igarapé Grande e Auai Grande, Boa Vista – RR



Fonte: Próprio autor.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA DAS ÁGUAS

#### 3.3.1 Coleta, acondicionamento e transporte das amostras

As técnicas para os procedimentos de amostragem, armazenamento e transporte das amostras dos corpos receptores, obedeceram aos requisitos da Norma Técnica - NBR nº 9898 - de junho de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Certo de que as alterações nas vazões dos corpos hídricos são frequentemente associadas à episódios de poluição, quando o sistema de drenagem despeja as águas pluviais, oriundas do escoamento superficial promovido pelas chuvas, diretamente neles. A sazonalidade climática, períodos secos e chuvosos, se torna base para o conhecimento desses ecossistemas em seus períodos críticos.

Desse modo, a fim de abranger as estações chuvosas e secas, de acordo com a disponibilidade do Laboratório de Efluentes da CAER, a campanha de amostragem dos igarapés Grande e Auai Grande ocorreram nos meses de junho e setembro de 2019 e em abril e outubro de 2020.

Na intenção de minimizar a interferência de fatores externos na qualidade das amostras, foi estabelecido um horário de coleta (entre 7:00 a.m às 10:00 a.m). Para cada ponto de amostragem foram utilizados três frascos coletores de vidro âmbar com capacidade para 250 mL, previamente descontaminados em solução de ácido nítrico 1:1, autoclavados a 127°C e secos em estufa a 180°C por 2 horas.

Conforme preconizado pela NBR nº 9898, as amostragens das águas superficiais foram feitas de modo manual, removendo-se a tampa do frasco coletor juntamente com o papel protetor, e com o auxílio de uma das mãos, segurando o frasco pela base, o submergiu a uma profundidade de 15 a 30 cm abaixo da superfície d'água, em sentido contrário ao da corrente. Ao término de cada coleta, cada frasco foi imediatamente fechado (fixando novamente o papel protetor ao redor do gargalo), identificado e acondicionado adequadamente em caixas isotérmicas com gelo, para logo em seguida, serem transportados ao Laboratório de Efluentes da CAER, a fim de receberem tratamento específico no prazo máximo de 24 horas.

#### 3.3.2 Parâmetros qualitativos

A Resolução CONAMA n.º 357/2005 estabelece a utilização de determinados parâmetros nos processos de caracterização e monitoramento dos corpos aquáticos, isto posto, foram utilizadas para esta pesquisa os parâmetros físico-químico e

microbiológicos considerados mais significativos do ponto de vista sanitário, de acordo com as características de uso e ocupação do solo na microbacia dos igarapés Grande e Auai Grande, sendo eles: temperatura, potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, turbidez, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes totais e *Escherichia coli*.

As metodologias analíticas utilizadas pelo Laboratório de Efluentes da CAER para análise das variáveis indicadoras da qualidade das águas monitoradas, possuem como referência os métodos padronizados da APHA (2012), apresentadas na Tabela 2, e os resultados foram comparados à Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação e enquadramento dos corpos d'água, e à Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000), que define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

Realizados em triplicata, somando-se aos brancos de campo, todos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos, incluindo a temperatura, foram determinados no Laboratório de Efluentes da CAER. Os equipamentos utilizados foram previamente calibrados conforme recomendações do fabricante e todas as vidrarias foram previamente aferidas e descontaminadas em solução de ácido nítrico 1:1, autoclavadas à 127°C e secas em estufa a 180°C por 2 horas.

Tabela 2 - Parâmetros indicadores de qualidade, unidades e métodos analíticos utilizados no monitoramento das águas.

Variáveis	Unidades	Método Analítico
Temperatura	°C	pHmetro STATER 2100
pH	-	PH BENCH
Condutividade elétrica	µS/cm	Condutímetro COND 150 - PoliControl
Turbidez	NTU	Turbidímetro AP 2000 W – PoliControl
Sólidos totais	mg/L <sup>-1</sup>	Condutímetro COND 150 - PoliControl
OD	mg/L <sup>-1</sup>	Oxímetro MP516 Metter Dissolved Oxygen Meter
DBO	mg/L <sup>-1</sup>	Método de Winkler
Coliformes totais	NMP.100mL <sup>-1</sup>	Colilert
<i>Escherichia coli</i>	NMP.100mL <sup>-1</sup>	Colilert

Fonte: Próprio autor.

### 3.3.2.1 pH

A determinação do potencial hidrogeniônico foi realizada através do aparelho pHmetro modelo STATER 2100 PH BENCH, já previamente calibrado com solução tampão. Em um becker contendo 150 mL de amostra, um eletrodo íon-seletivo de vidro foi mergulhado durante 5 (cinco) minutos, comprovada a estabilidade da leitura, o aparelho indicou no display a determinação do pH do material.

### 3.3.2.2 Temperatura

No aparelho modelo STATER 2100 PH BENCH, já previamente calibrado com solução tampão, um eletrodo íon-seletivo de vidro foi mergulhado em um becker contendo 150 mL de amostra. Após 5 minutos, comprovada a estabilidade da leitura, o aparelho indicou no display a determinação da temperatura do material.

### 3.3.2.3 Turbidez

O parâmetro foi determinado através do turbidímetro digital de bancada

modelo AP 2000 W – PoliControl. Previamente calibrado com solução padrão, uma cubeta contendo 10 mL do volume de amostra foi agitada e inserida no aparelho. Após 10 segundos da imersão, foi indicado no display o resultado da leitura do material.

#### 3.3.2.4 Sólidos totais e condutividade elétrica

O aparelho condutivímetro modelo COND 150 - PoliControl, realizou a leitura instantânea dos dois parâmetros, através da imersão de uma sonda em um bécker contendo 150 mL de volume de amostra.

#### 3.3.2.5 Demanda bioquímica de oxigênio

Para determinação do parâmetro, verificou-se primeiramente se o pH da amostra estava dentro da faixa permitida (entre 6,5 e 8,5). Caso o pH estivesse maior que 8,5, adicionava-se a solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 1 Molar), se estivesse menor que 6,5 adicionava-se a solução de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$  – 1 Molar) até que ambos entrassem na faixa permitida para análise.

Com o auxílio de um papel filtro em um funil, foi transferido precisamente o conteúdo da amostra para um balão volumétrico de 428 mL, em seguida, novamente com o auxílio de um funil, transferiu-se o conteúdo do balão volumétrico para um frasco de DBO, onde foram acrescentadas 10 gotas do inibidor de nitrificação ATH e inserido uma vareta de agitação magnética. No gargalo do frasco de DBO foi colocado um copo de vedação, e nele foram adicionadas 4 gotas da solução de KOH (hidróxido de potássio), logo após, lacrou-se o frasco com uma tampa magnética.

Após esses procedimentos, o frasco de DBO foi inserido na bandeja do aparelho modelo Aqua Lytic AL606 para incubação durante um período de 5 dias, submetido a uma temperatura constante de 20°C. Passado esse período de incubação, retirou-se todo o conjunto (aparelho de DBO e amostras) da incubadora para posterior leitura. A determinação dos valores de DBO de cada amostra são fornecidos de forma automatizada pelo próprio equipamento.

Cálculo:

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/L)} = (\text{D1} - \text{D2}) \times f$$

D1 = OD da amostra imediatamente após preparo, mg/L;

D2 = OD médio da amostra após 5 dias de incubação, mg/L;

f = fator de diluição.

### 3.3.2.6 Oxigênio Dissolvido

Em laboratório, para a determinação deste parâmetro, um bécker contendo 150 mL de amostra, foi submetido à leitura através da imersão da sonda do instrumento oxímetro de bancada modelo MP516 Mettler Dissolved Oxygen Meter, que instantaneamente identificou no display o OD disponível na água.

### 3.3.2.7 Coliformes Totais e *E. Coli*

Em um becker de 250 mL, com o auxílio de uma pipeta, foi inserido 90 mL de água destilada e 10 mL da amostra. Ao término da diluição, adicionou-se também o substrato *colilert*, o agitando até que se dissolvesse por completo. Após o procedimento, todo o conteúdo foi despejado em uma cartela de leitura, que após lacrada, foi acomodada em uma forma de borracha para ser passada em uma seladora modelo Quanti-Tray Sealer Plus, tornando-se pronta para ser conduzida à estufa bacteriológica, onde permaneceu incubada por um período de 24 horas, a uma temperatura constante de 35°C. Ao término das 24 horas, a cartela foi retirada da estufa para sua posterior leitura.

Para análise dos coliformes fecais presentes na amostra, utilizou-se o indicador nutriente ONPG, que na metabolização resulta em uma coloração amarelada. A análise quantitativa dos campos amarelados foi feita em comparação a uma tabela padrão pré-existente. Por sua vez, para análise de *E. coli*., utilizou-se o indicador nutriente MUG, que na metabolização resulta na coloração fluorescente. A análise quantitativa dos campos fluorescentes foi feita através da utilização de uma lâmpada UV em uma sala escura, cujo resultado também é comparado à uma tabela padrão pré-existente.

Cálculo:

$$\text{Coliformes totais (NMP)} = \text{Valor TAB} \times \text{fator diluição}$$

$$\text{E. Coli (NMP)} = \text{Valor TAB} \times \text{fator diluição}$$

Valor TAB = Contagem do número de cavidades grandes e pequenas;

Fator de diluição = Diluição usada para a incubação da amostra.

## 3.4 TRATAMENTO DOS DADOS

### 3.4.1 Análise estatística

Os dados obtidos em laboratório foram analisados por meio de estudos estatísticos com a finalidade de avaliar o comportamento das condições de qualidade da águas dos igarapés Grande e Auai Grande em tempos sazonais extremos.

O tratamento das estatísticas básicas foram desenvolvidas em planilhas com auxílio do software Microsoft® Excel 2010, Microsoft Corporation 2010, para todos os parâmetros analisados neste estudo.

Como critério estatístico adotado, utilizou-se os resultados do coeficiente de variação que existe entre as médias das amostras do período chuvoso e período seco. Para isto, o delineamento experimental utilizado foi o bloco com repetições, submetido à análise de variância (ANOVA), utilizando-se do programa ORIGIN 8.0.

O teste de Tukey a 5% de probabilidade foi realizado mediante a hipótese verdadeira de que o uso e ocupação do solo está alterando significativamente as características físico-químicas e biológicas da água dos igarapés nos períodos seco e chuvoso.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

#### 4.1.1 Igarapé Grande

Através da configuração dos mapas temáticos dos igarapés Grande e Auai Grande é clara a percepção de que as águas de ambos estão passivas à reflexos de uso e ocupação bem específicos, de modo geral, há a marcante presença da intensa urbanização em um, comparado à pouca ocupação do outro.

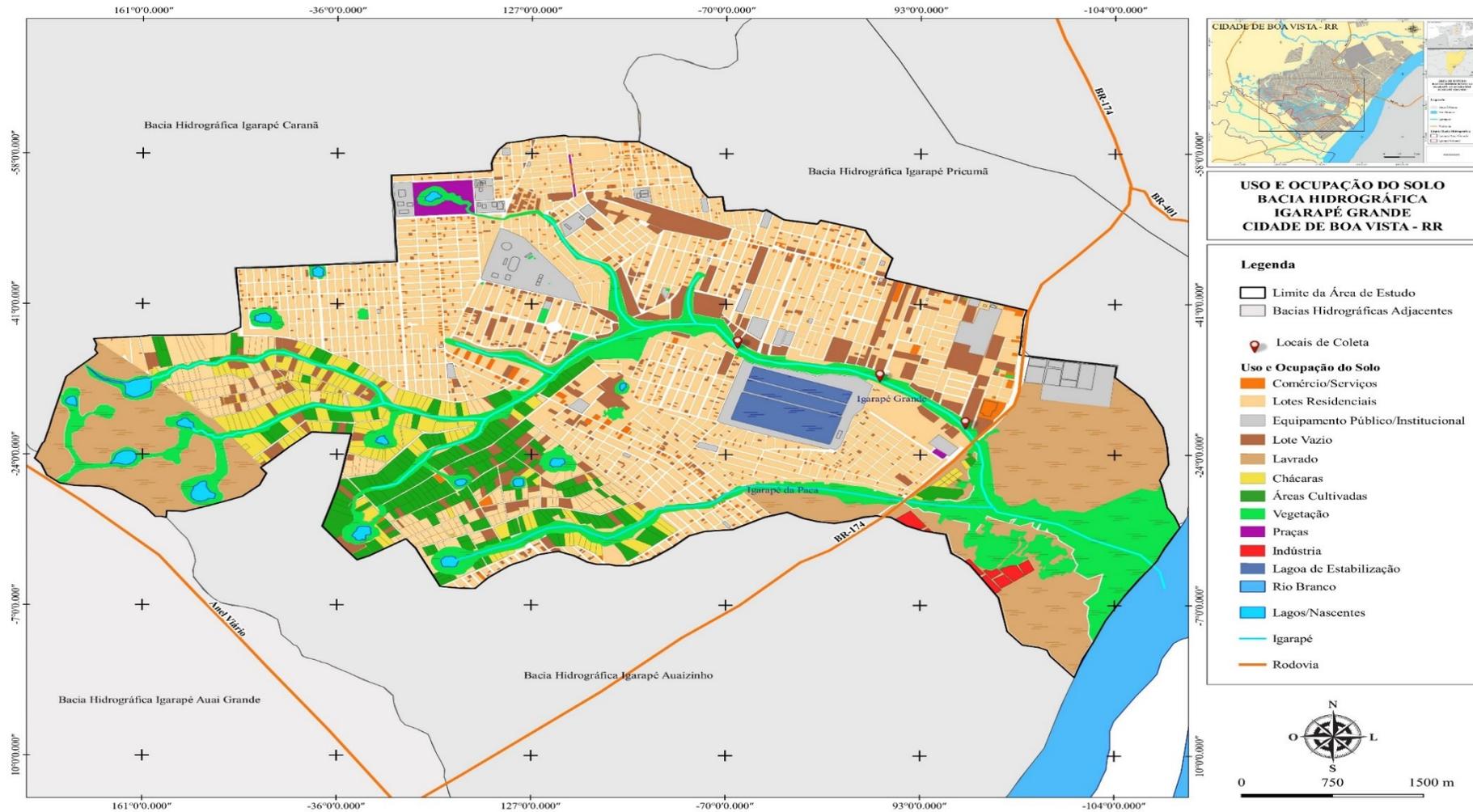
De acordo com a Prefeitura Municipal de Boa Vista (2021) a drenagem dos igarapés abrange 15 (quinze) bairros, sendo eles, Dr. Silvio Botelho, Pintolândia, Cambará, Jardim Tropical, Jóquei Clube, Centenário, São Bento, Operário, Prof. Araceli Souto Maior, Raiar do Sol, Bela Vista, Nova Cidade, Dr. Airton Rocha e Distrito Industrial.

Segundo o último censo (IBGE, 2010), estes bairros possuem no total 22.520 (vinte e dois mil, quinhentos e vinte) domicílios de propriedade particular e coletiva e 75.792 (setenta e cinco mil, setecentos e noventa e dois) moradores, representando aproximadamente 30,2% de todos os domicílios do município e 26,7% de toda a população local. De acordo com as estimativas, habitam em média 3,4 pessoas em cada domicílio.

Neste sentido, dentro do universo municipal, quanto ao esgotamento sanitário, dos 76.250 (setenta e seis mil, duzentos e cinquenta) domicílios, 40.450 (quarenta mil, quatrocentos e cinquenta) (54%) recebem tratamento adequado, ou seja, são interligados à rede geral ou pluvial, 33.744 (trinta e três mil, setecentos e quarenta e quatro) (44%) recebem tratamento semi-adequado, equivalente ao uso de fossas sépticas e sumidourouros e 406 (quatrocentos e seis) não recebem nenhum tipo de tratamento, retratando 2% das moradias. Destes últimos, ainda de acordo com o (IBGE, 2010) fazem parte àqueles que possuem rendimento per capita de até ½ salário mínimo.

Na perspectiva de compreender a dinâmica do entorno da micro bacia do igarapé Grande, através da composição do mapa temático (Figura 11) é possível visualizar e identificar suas pertinentes classes de uso e cobertura do solo, e por meio da tabela 3 e figura 12 é possível acompanhar suas respectivas porcentagens de ocupação em relação à área total da micro bacia.

Figura 11 - Mapa de uso e ocupação do solo com identificação dos pontos de coleta das amostras em área do igarapé Grande em Boa Vista – RR



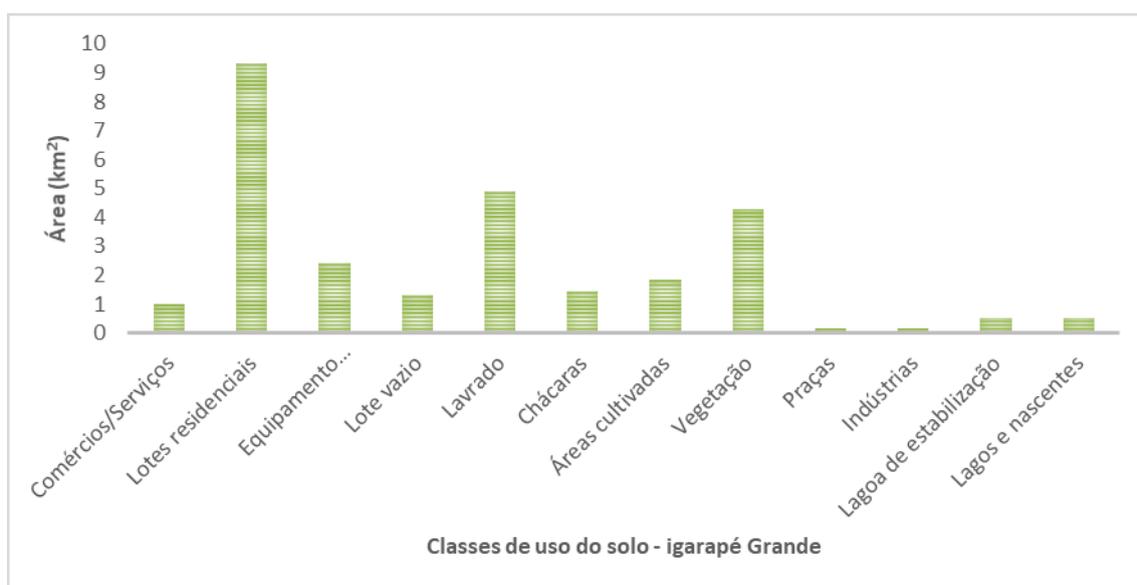
Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo em área da micro bacia do Igarapé Grande em Boa Vista – RR

<b>Igarapé Grande</b>		
Classes de solo	Área (Km <sup>2</sup> )	%
<b>Comércios/Serviços</b>	0,99	3,58
<b>Lotes residenciais</b>	9,32	33,44
<b>Equipamento público/Institucional</b>	2,4	8,58
<b>Lote vazio</b>	1,31	4,71
<b>Lavrado</b>	4,88	17,50
<b>Chácaras</b>	1,45	5,23
<b>Áreas cultivadas</b>	1,85	6,66
<b>Vegetação</b>	4,27	15,34
<b>Praças</b>	0,18	0,66
<b>Indústrias</b>	0,15	0,55
<b>Lagoa de estabilização</b>	0,53	1,91
<b>Lagos e nascentes</b>	0,51	1,83
<b>Total</b>	27,84	100

Fonte: Próprio autor.

Figura 12 - Representação gráfica das áreas ocupadas pelos diferentes usos do solo na área da micro bacia do Igarapé Grande em Boa Vista – RR



Fonte: Próprio autor.

Através da análise das informações contidas no mapa, percebe-se claramente que a micro bacia do igarapé Grande apresenta características de uma bacia hidrográfica urbana. As áreas caracterizadas por galpões (indústrias, depósitos, transportadoras), equipamentos públicos (escolas, prédios públicos, postos de saúde, delegacias), ocupações regulares (residencial, condomínios, chácaras, lotes vazios e comércios), bem como, a área de uso da lagoa de estabilização, representam 58,66% da área total. Por sua vez, as áreas verdes, de lavrado e de lagos e nascentes, representam o restante, cerca de 41,34%.

Nota-se que as nascentes da micro bacia do igarapé Grande possuem um sistema de compartilhamento de difícil compreensão, de acordo com a figura 11 é possível observar que elas situam-se, majoritariamente, inseridas em espaços ainda não urbanizados, por mais que em determinados trechos se encontrem sobrepostas a regiões de chácaras, áreas cultivadas, áreas comerciais, áreas residenciais e pequenas áreas verdes.

Analisando os resultados apresentados na tabela 4 e figuras 11 e 12, as classes de áreas verdes ocupam 6,12 km<sup>2</sup> do total de 27,84 km<sup>2</sup>. Estas, abrangem as áreas cultivadas e áreas de matas secundárias, encontradas, na sua maior parte, em faixas estreitas marginais ao igarapé.

A classe lotes residenciais, composta por domicílios permanentes e coletivos, é a mais abrangente de todas, com 9,32 km<sup>2</sup> de extensão, ocupa 33,44% da área de estudo. Por sua vez, percebe-se então, que a classe comércio encontra-se espalhada por toda a área objeto de estudo, permeando o entorno de todo o canal do corpo hídrico, abrangendo 3,58% da área total. Já, a classe praças, juntamente com a classe equipamentos públicos e institucional, ocupam um espaço de 2,58 km<sup>2</sup>, quase que 10% da área total.

O distrito industrial está localizado próximo à foz do igarapé, no bairro Governador Aquilino Mota Duarte, zona sul da cidade de Boa Vista - RR, às margens da BR 174, ocupando 0,55% do espaço geral. De acordo com a Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento (SEPLAN, 2018), o distrito industrial é dividido em 05 (cinco) etapas para fins de localização e organização, sendo elas: Etapa 1- indústrias manufatureiras e de produção de bens de consumo; Etapa 2- indústrias de produção de bens duráveis; Etapa 3 - madeireiras, olarias e usinas de asfalto; Etapa 4 - indústrias químicas (fábricas de tintas e de gás de cozinha); Etapa 5 - indústrias de produção de carvão e de construção pesada.

Todos os usos identificados no perímetro da micro bacia do igarapé Grande contribuem drasticamente para o aumento do escoamento superficial, já que as superfícies pavimentadas impedem o processo impermeabilização, logo, o volume que deixou de se infiltrar, escoar rapidamente, produzindo alterações significativas no regime de vazões das

pequenas bacias localizadas na área urbana.

Com menor representatividade, os lagos e nascentes representam a classe natural minoritária, com apenas 1,83% de ocupação.

A classe representada por chácaras e sítios permeia toda a região de cabeceira do igarapé Grande, ocupando 5,23% da área total. Com lotes razoavelmente maiores que os convencionais, os domicílios tornam-se propícios para o consórcio de atividades de pequena produção, variando desde o cultivo de hortaliças, plantio de culturas como o milho e mandioca, até mesmo à criação de animais, como galinhas, porcos e peixes criados em açudes. Outro aspecto importante a se destacar, é a inexistência de infraestrutura básica nessa região, como pavimentação, redes de drenagem, esgotamento sanitário e abastecimento de água.

Visualizando o mapa, é perceptível que a classe lotes vazios, concentrada em maior parte ao norte do igarapé, ocupa um espaço relevante da área de estudo com aproximadamente 4,71% da área total. Através das visitas *in loco*, depreendeu-se que se tratam de lotes residenciais particulares, aparentemente desprovidos de qualquer infraestrutura e com cobertura de solo variável, destes, muitos encontram-se em situação de abandono, tomado pelo crescimento de vegetação secundária. Por sua vez, com 4,88 km<sup>2</sup> de ocupação, a classe lavrado ocorre nos dois extremos da micro bacia, nas regiões de nascente e foz.

Outro fator determinante na caracterização do uso e ocupação do solo do igarapé Grande, é a instalação do sistema de lagoas de estabilização em sua margem direita. Ocupando 1,83% da área total, segundo dados do (IBGE, 2010), a ETE trata por dia 41.044 m<sup>3</sup> de esgoto, que chega até ela através de 882 Km de extensão de rede coletora distribuídas por toda a cidade. Como dito anteriormente, no igarapé Grande também está situado a antiga calha utilizada pela CAER para despejar efluentes oriundos da ETE, no entanto, agora um emissário de 4,5 Km leva o esgoto tratado até o Rio Branco.

Outro uso do solo a ser mencionado, é que próximo ao igarapé Grande, no atual bairro São Bento, está localizado o antigo depósito de lixo urbano de Boa Vista, que, de acordo com Rabelo (2008), após a sua desativação não ocorreu nenhum tratamento de reestruturação das feições originais, a não ser o seu aterramento, fato que pode vir a contribuir na alteração da qualidade das águas, através da percolação dos resíduos lixiviados.

#### **4.1.2 Igarapé Auai Grande**

Diferentemente da ocupação e dos usos difusos identificados na micro bacia do igarapé Grande desde a sua nascente até sua foz, nesta, a presença antrópica é notada apenas

em um determinado trecho do canal, vide figuras 13, 14 e tabela 4. Através da figura 13, percebe-se que o sistema de nascentes compartilhadas, cuja cobertura é de 1,04 km<sup>2</sup>, encontra-se estritamente em área natural de lavrado, tipo de vegetação aberta característica da região, ou seja, os efeitos da urbanização neste espaço ainda não podem ser sentidos.

Em se tratando de lavrado, nota-se que o mesmo, permeia por toda a micro bacia do igarapé Auai Grande, tal fato, justifica sua abrangência de 75,10% de toda área estudada. Inerente à regiões de lavrado, a cobertura vegetal existente é espessa e quase que inexistente, deste modo, a classe vegetação identificada no mapa, com cobertura de 6,02 km<sup>2</sup>, é composta por espécies umidícolas, como buritizais, que habitam margens de canais fluviais, dando composição à formação da mata ciliar. Ressalta-se que a presença de mata ciliar ou de galeria é de extrema importância na manutenção da quantidade e qualidade da água disponível, uma vez que esta retém nutrientes e sedimentos carregados pelas chuvas, evitando a ocorrência de processos erosivos capazes de assorear o canal, além de regularem a temperatura das águas, tornando-as adequadas para o desenvolvimento das espécies.

As áreas cultivadas de 2,57 km<sup>2</sup>, são observadas no mapa em dois espaços, um maior, localizado ao norte do igarapé e outras pequenas parcelas de plantio presentes nas regiões de chácaras. Ambas utilizam-se da água do canal para desenvolvimento das culturas, que variam entre arroz, milho, mandioca e hortaliças.

Outros usos do solo identificados nesta micro bacia restringem-se à ocupação do trecho médio do igarapé por chácaras e sítios particulares, ocupando um espaço de 0,72 km<sup>2</sup>, ou, 1% da área total. Os proprietários, em sua maioria, o possuem com a finalidade de área de lazer, utilizando-se do igarapé como espaço para balneabilidade, podendo este, também ser alugado a terceiros.

Quanto a classe de lotes residenciais, diferente das chácaras, que encontram-se próximas às margens, os domicílios em questão, estão situados do outro lado da rodovia, caracterizam 1,71% da área total e pertencem ao bairro Dr. Airton Rocha, um bairro de formação recente, cujos sistemas de rede drenagem e abastecimento de água são interligados ao geral.

Neste mesmo perímetro, ao leste, está situado o aterro sanitário municipal, com uma área de 94 hectares, está instalado a menos de 150 m das margens do igarapé Auai Grande. Inaugurado em 2002, o aterro teria vida útil de no máximo 15 anos, ou seja, a sua capacidade máxima já foi excedida há 04 (quatro) anos atrás, em 2017.

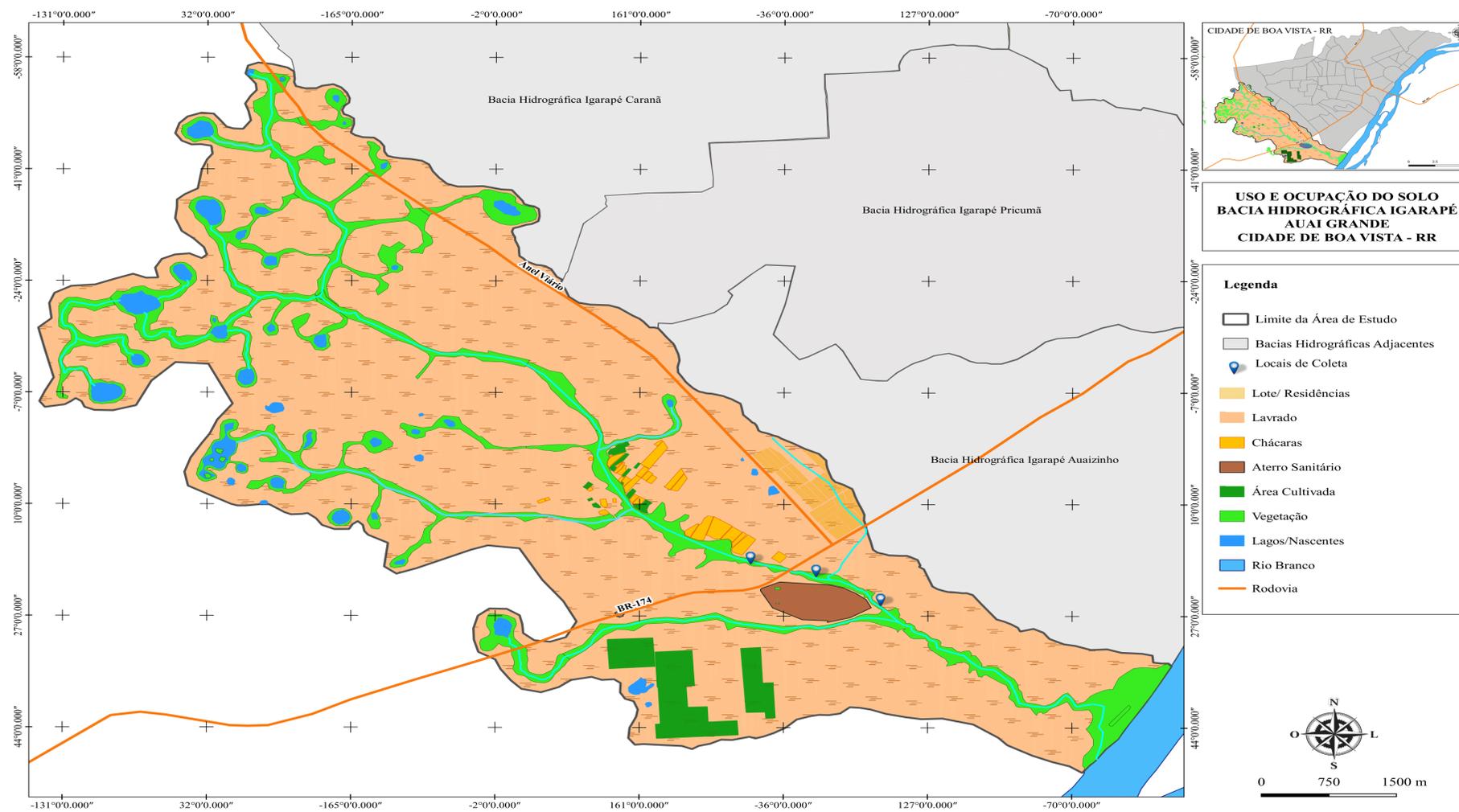
Os autores Falcão et al., (2012) analisando os impactos ambientais decorrentes da influência do aterro sanitário, concluíram que este igarapé mostra-se frágil e vulnerável pela

forma com a qual tem sido exposto nos últimos anos pelo uso e ocupação do solo em seu entorno, tal argumento corrobora com o observado durante as visitas *in loco*, a existência de um canal repleto dos mais variados tipos de resíduos sólidos, coexistindo com a presença de moradores de rua que usufruem de suas águas para satisfazer as necessidades básicas.

A própria Advocacia Geral da União ajuizou junto ao Ministério Público Federal e o Ministério Público de Roraima, uma ação para obrigar o município a desativar o lixão, bem como, juntamente com as empresas responsáveis pela sua administração, a reparar todos os danos ambientais apurados, dos quais apontam, a ausência de tratamento adequado ao chorume pelo armazenamento irregular dos resíduos; a contaminação do solo e do lençol freático e a segregação e disposição adequada de resíduos nocivos, como o hospitalar e o eletrônico.

No entanto, visando atender à Política Nacional de Resíduos Sólidos definida pela Lei nº 12.305/2010, a nova gestão criou a Lei Municipal nº 2.004/2019, na qual estabelece as diretrizes para implementação do Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos, com o intuito de subsidiar a construção de um novo aterro sanitário. De acordo com o atual prefeito de Boa Vista, Arthur Henrique, o projeto para construção do novo aterro e encerramento do atual já está pronto, o mesmo continuará situado próximo ao existente, onde serão abertas novas células aptas a suportar pelos próximos 20 (vinte) anos todos os resíduos da população do município.

Figura 13 - Mapa de uso e ocupação do solo com identificação dos pontos de coleta das amostras em área do igarapé Auai Grande em Boa Vista – RR



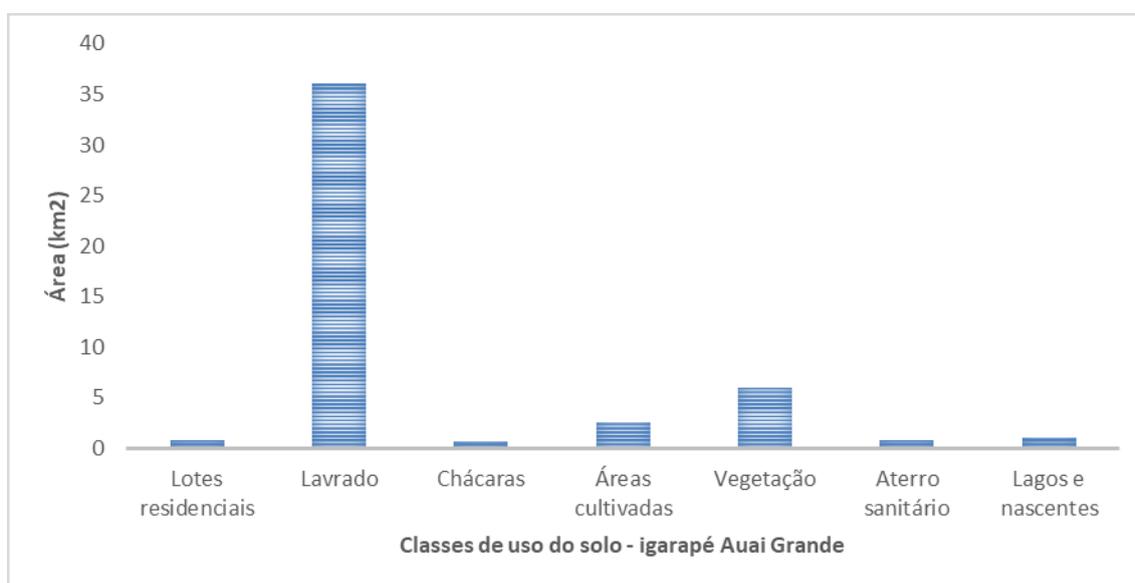
Fonte: Próprio autor.

Tabela 4 - Quantificação das classes de uso e ocupação do solo em área da micro bacia do igarapé Auai Grande em Boa Vista – RR

<b>Igarapé Auai Grande</b>		
<b>Classes de solo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
<b>Lotes residenciais</b>	0,82	1,71
<b>Lavrado</b>	36,08	75,10
<b>Chácaras</b>	0,72	1,51
<b>Áreas cultivadas</b>	2,57	5,35
<b>Vegetação</b>	6,02	12,53
<b>Aterro sanitário</b>	0,79	1,64
<b>Lagos e nascentes</b>	1,04	2,16
<b>Total</b>	48,04	100

Fonte: Próprio autor.

Figura 14 - Representação gráfica das áreas ocupadas pelos diferentes usos do solo na área da micro bacia do igarapé Auai Grande em Boa Vista – RR



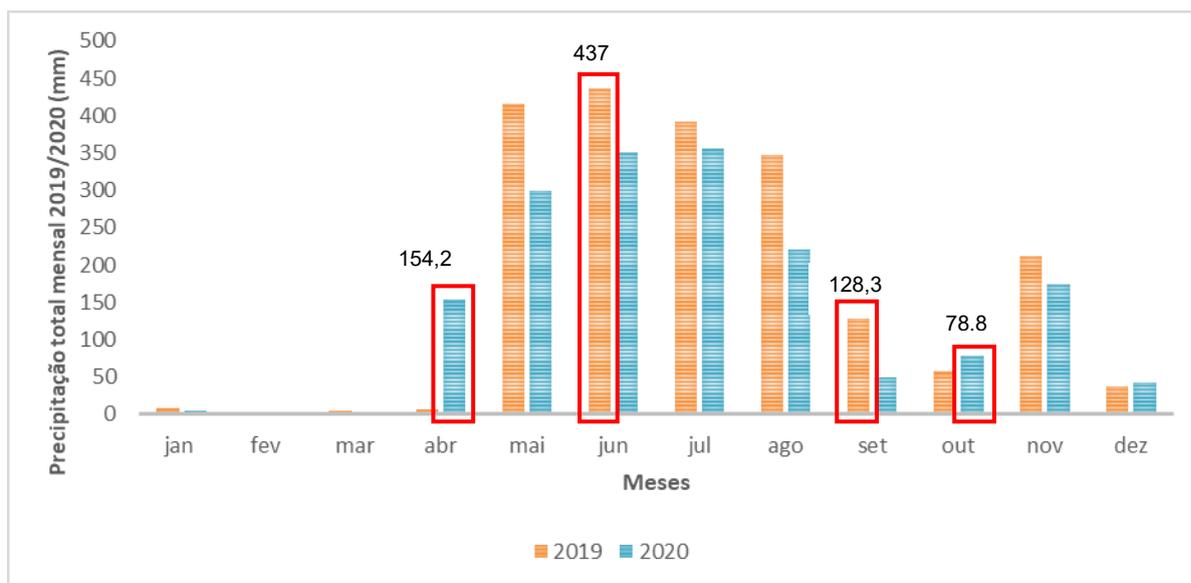
Fonte: Próprio autor.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DOS IGARAPÉS GRANDE E AUAÍ GRANDE

Intercalado ao clima de Boa Vista, caracterizado como Aw (segundo classificação de Koppen), encontra-se o clima de monção Am, que de modo geral, atua sobre os fenômenos climáticos representados pelo El Niño e La Niña, responsáveis por influenciar no volume das

chuvas. Por esta razão, conforme o gráfico da variação da precipitação mensal nos anos de 2019 e 2020, demonstrado na figura 15, depreende-se que, apesar destes anos não terem sido afetados por estas anomalias, houve uma maior pluviosidade no ano de 2019, apresentando média anual de 170,6 mm, quando comparado aos 144,8 mm do ano de 2020.

Figura 15 - Representação gráfica da variação da precipitação total mensal dos anos de 2019 e 2020 em Boa Vista - RR.



Fonte: INMET (2020).

Para Vieira (2008), a sazonalidade climática, períodos secos e chuvosos, é indicativa dos extremos das variáveis de qualidade e quantidade das águas, tornando-se assim, base para o conhecimento dos seus períodos críticos e considerada fundamental na dinâmica do processo de caracterização do ambiente em resposta ao meio.

Desse modo, a fim de verificar a interferência da sazonalidade na qualidade das amostras, tal como Kolm, Siqueira e Machado (2016), o regime pluviométrico mensal para este estudo foi caracterizado em dois períodos, o seco, com precipitação mensal menor que 150 mm, e o chuvoso, com precipitação mensal maior que 150 mm. Ressalta-se que os dados de precipitação referentes ao período estudado foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

De acordo com a figura 15, o intervalo de maior pluviosidade foi observado no período de abril a setembro, com maior pico pluviométrico registrado no mês de junho, já o intervalo de menor pluviosidade foi datado no período de outubro a março, com menor pico pluviométrico no mês de março.

Em relação às amostragens do mês de junho de 2019, fica evidente que elas

ocorreram na máxima do período chuvoso do município, onde foram precipitados 437 mm, já nas do mês de setembro do mesmo ano, é possível observar que ocorreram em regime pluviométrico menor, com 128,3 mm. Por outro lado, as coletas do ano de 2020 foram realizadas em dois extremos, as do mês de abril, transcorridas no início do período chuvoso, apresentaram pluviosidade mensal de apenas 154,2 mm, e as do mês de outubro, sucedidas no início do período seco, apresentaram uma média de 78,8 mm.

Isto posto, os meses de junho de 2019 e abril de 2020, correspondem às coletas realizadas em período chuvoso, e os meses de setembro de 2019 e outubro de 2020, caracterizam as do período seco.

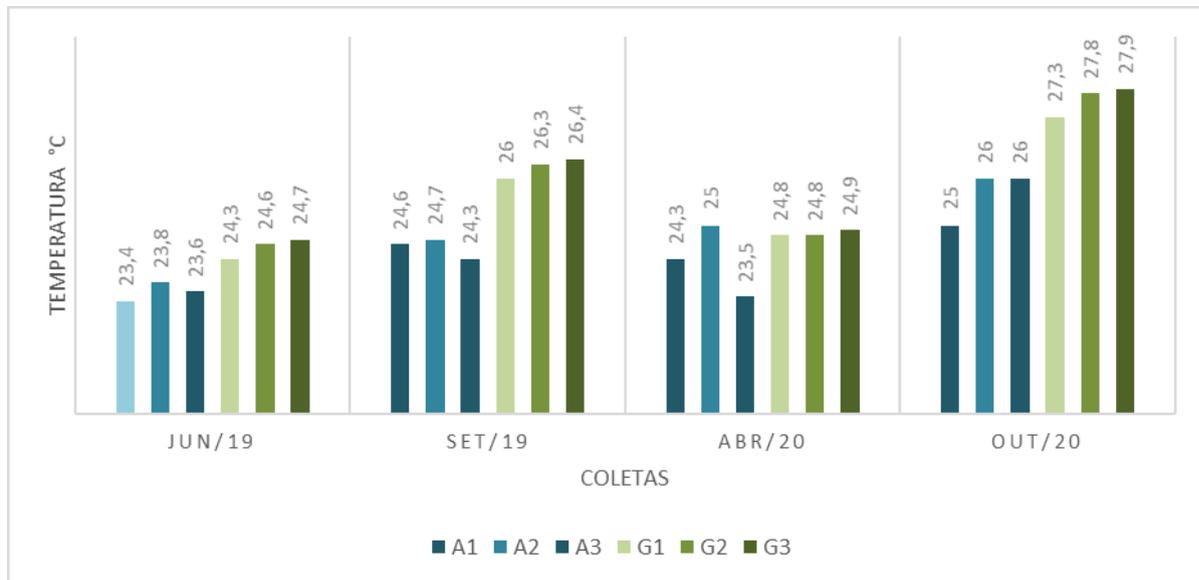
Os resultados dos parâmetros de qualidade das águas dos igarapés Grande e Auai Grande foram comparados aos índices definidos para as águas doces de classe 2, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), ou seja, águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; 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.

#### **4.2.1 Temperatura**

É sabido que a temperatura dos corpos hídricos apresentam variações sazonais resultantes da ação de diversos fatores, dentre eles, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo, profundidade do canal, bem como, a ausência ou presença de mata ciliar (ALVES *et al.*, 2017).

A resolução CONAMA nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005) não estabelece padrões para esse parâmetro em seu texto, no entanto, segundo Amorim *et al.* (2017), a temperatura exerce considerável influência nas características físicas e nas reações químicas e bioquímicas da água, além de notadamente refletir em processos biológicos da biota aquática e na ciclagem de nutrientes.

Figura 16 - Representação gráfica da variação dos níveis de temperatura, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

Diante disso, ao analisar a figura 16 pode-se aferir que no intervalo amostral a temperatura do igarapé Auai Grande variou de 23,4 °C a 26,00 °C e a do igarapé Grande variou de 24,3 °C a 27,9 °C, apresentando temperaturas mínimas e máximas, no período de junho de 2019 e outubro de 2020, respectivamente, em ambos os igarapés amostrados. Isto posto, ao comparar essas informações aos dados de precipitação contidos na figura 15, é possível relacionar que as menores temperaturas foram registradas em período chuvoso, enquanto as maiores, em período de estiagem.

Apesar de possuir um uso do solo bem homogêneo em seu perímetro, é precisamente no ponto de localização do aterro sanitário, que se foram apontadas as maiores amplitudes térmicas do Auai Grande, por sua vez, nos pontos à jusante e à montante deste, foram observadas temperaturas mais baixas.

Ao se tratar do igarapé Grande é notável que a temperatura de suas águas tende a ser mais elevada que as do igarapé Auai Grande. Pressionado pelo uso diversificado do solo em toda a sua extensão, a amplitude térmica mais expressiva do corpo hídrico é notada no ponto em que está localizado a antiga calha da ETE, o mesmo também foi identificado por Esbell (2006), Satelles (2011) e Scabarossi *et al.* (2012) ao analisarem as águas do igarapé Grande.

É visível através do mapa de uso ocupação do solo de ambos os igarapés (figuras 11 e 13), que estes apresentam cobertura vegetal ao longo de toda extensão do canal. No entanto, aos resultados dos pontos específicos de A2 e G2, pode-se correlacionar a diminuição da mata

ciliar, uma vez que o sombreamento do curso d'água deve ser levado em consideração já que a redução da luminosidade ameniza consideravelmente o aquecimento da água superficial e a modificação da paisagem natural, (ALVES *et al.*, 2017; AMORIM *et al.*, 2017; OLIVEIRA; OLIVEIRA; LIMA, 2018; SANTOS; BARBOSA, 2013).

#### 4.2.2 pH

No cenário do potencial hidrogeniônico (pH) os resultados expõem no geral a existência de águas relativamente ácidas (Figura 17), que comparados aos padrões determinados pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), na qual fixa o pH entre 6,0 e 9,0 para rios de água doce classe 2, apontam em sua maioria valores insatisfatórios.

Figura 17 - Representação gráfica da variação dos níveis de pH, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

Considerando que o período amostral abrangeu dois meses chuvosos e dois meses relativamente secos, foi possível estabelecer um comportamento peculiar da acidez com os períodos sazonais. Isto posto, analisando as médias do pH de 5,5 e 5,4, no período chuvoso e de 6,3 e 6,1 no período seco, nos igarapés Auai Grande e Grande, respectivamente, é possível constatar que as águas, já caracterizadas como ligeiramente ácidas, se tornaram mais ácidas ainda nos meses de maior pluviosidade, deste modo, depreende-se que as mesmas só atenderam aos padrões de qualidade em período seco. Fato que se confirma nas análises realizadas em outubro de 2020, mês com menor incidência de chuvas de todo o período

amostral, no qual todos os resultados encontraram-se em conformidade aos padrões da Resolução. Aspectos similares foram observados por Esbell (2006) e Pereira (2015) ao estudarem as águas de igarapés urbanos em Boa Vista – RR.

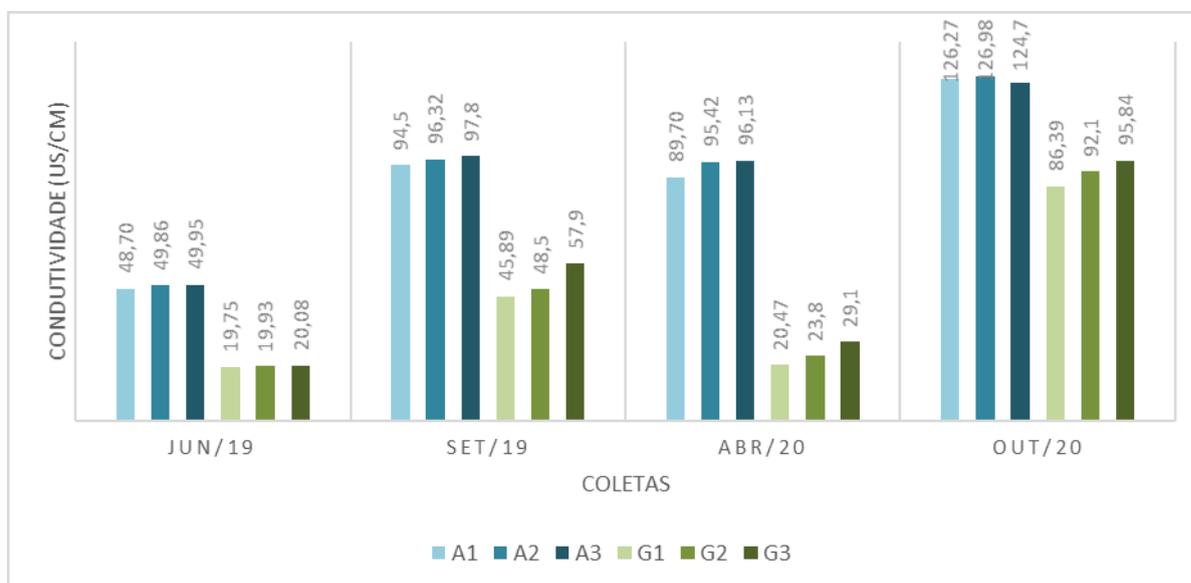
Já sabido que as águas do igarapé Grande, no geral, são mais ácidas que as do Auai Grande, percebeu-se no entanto, que em ambos, os trechos à montante, caracterizados pelos pontos A1 e G1, apresentaram valores de acidez inferior aos pontos localizados próximos ao Aterro Sanitário e à ETE, identificados como A2 e G2. Ressalta-se ainda que os valores de pH do igarapé Auai Grande diminuíram ao alcançar o ponto A3, entretanto, o mesmo não foi observado no ponto G3, no igarapé Grande.

Autores como Silva et al. (2008), Rocha et al. (2019) e Conceição et al. (2020) justificam que as chuvas contribuem nesta dinâmica através da lixiviação dos solos, da maior dispersão de sedimentos, bem como o aumento da decomposição da matéria orgânica em forma de ácidos orgânicos, no entanto, além desses fatores, o pH também pode ser influenciado pela tipologia do solo local, visto que, de natureza acida, solos do tipo latossolo amarelo distrófico com associação do argissolo acinzentado distrófico e do neossolo quartzarênico hidromórfico, ocorrem de forma expressiva na região, e, por ser um dos parâmetros mais importantes de monitoramento dos recursos hídricos superficiais, a acidez acentuada também pode ser um indicativo de contaminação proveniente de efluentes domésticos e/ou industriais.

#### **4.2.3 Condutividade elétrica**

Em se tratando da condutividade elétrica, através da figura 18 percebe-se que os dois igarapés apresentaram índices satisfatórios com pontos abaixo de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , conforme preconizado pela CETESB (2019), uma vez que a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) não estabelece nível de classificação para este parâmetro. Contudo, é evidente ao longo de toda a série amostral que de ambos os igarapés, o Auai Grande ostentou possuir índices mais elevados.

Figura 18 - Representação gráfica da variação dos níveis de condutividade elétrica, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

Depreende-se também ser indiscutível a relação da condutividade com os níveis de precipitação e temperatura, já que os valores mais expressivos encontrados, de 126,98  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no igarapé Auai Grande e de 95,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no igarapé Grande, coincidiram em ocorrer justamente nos meses de estiagem, em setembro/2019 e outubro de 2020, característicos por possuírem temperaturas mais elevadas e uma menor vazão hídrica.

À esta condição, alguns autores como Silva et al. (2008) e Amorim et al. (2017), explicam que dependente das concentrações iônicas e da temperatura, a condutividade se intensifica à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, e que a formação geológica da área em questão, manifestada através do intemperismo das rochas, é um dos fatores que mais influencia nesse aumento. Partindo do princípio de que quanto mais chuva, mais diluído se encontra a concentração dos contaminantes no corpo hídrico, logo, os altos índices de condutividade encontrados no período de estiagem são ocasionados por meio de fontes difusas, como efluentes de áreas urbanas, águas de drenagem e de sistemas de irrigação, uma vez que o próprio escoamento superficial e os processos erosivos encontram-se reduzidos neste período.

Apesar da pouca variação nos valores de condutividade entres os pontos G1, G2 e G3 no igarapé Grande, de modo geral, observou-se resultados crescentes do ponto à montante à jusante. Como dito alhures, nos meses mais secos, setembro de 2019 e outubro de 2020, os pontos G1 apresentaram as maiores concentrações, 45,89  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 86,39, respectivamente, por sua vez os pontos G3, com resultados um pouco mais elevados para o mesmo período,

registraram 57,90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 95,84  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente. Já na estação chuvosa, representada pelos meses de junho de 2019 e abril de 2020, os resultados em G1 foram de 19,75  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 20,47  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e em G3 de 20,08  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e 29,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.

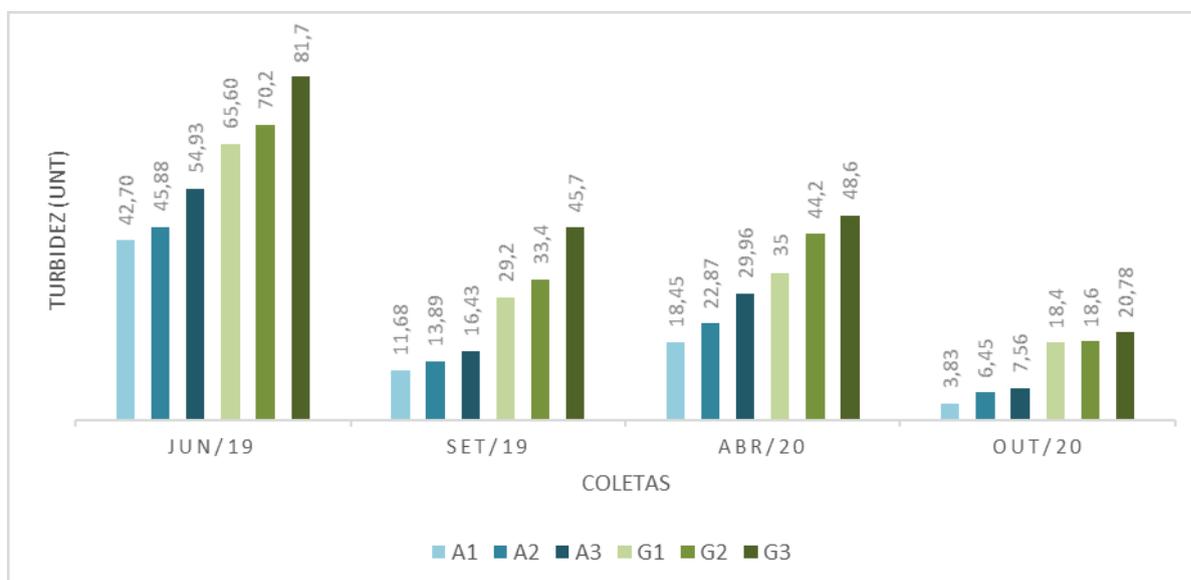
Semelhante ao igarapé Grande, também percebeu-se uma evolução crescente nos resultados do ponto A1 ao ponto A3 do igarapé Auai Grande, exceto pelo mês de outubro de 2020, cujo resultado de A3 foi inferior aos dos pontos A1 e A2. Igualmente com concentrações maiores nos meses secos, os pontos A1 registraram neste período, uma média de 110,39  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e os pontos A3 uma média de, 111,25  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já no período chuvoso, os pontos A1 atingiram média de 69,20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e os pontos A3 média de 73,04  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### 4.2.4 Turbidez

A turbidez é a variável que mais se diferencia estatisticamente entre períodos secos e chuvosos pela quantidade de materiais em suspensão, já que estes impedem a penetração de feixes de luz solar na água, conferindo uma aparência turva à mesma, prejudicando seus aspectos estéticos e a produtividade do ecossistema pela diminuição da penetração da luz.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005), o limite máximo estabelecido para rios de águas doces classe 2, é de 100 NTU. Diante do exposto, através da figura 19 pôde-se verificar que os dois igarapés estudados se mantiveram dentro da conformidade.

Figura 19 - Representação gráfica da variação dos níveis de turbidez, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

No entanto, diferente dos resultados de condutividade, o parâmetro turbidez foi mais expressivo durante os meses de maior pluviosidade nos dois corpos hídricos analisados, com máximas de 81,7 NTU e 54,9 NTU, no período chuvoso, e máximas no 45,7 NTU e 16,43 NTU, no período seco, nos igarapés Grande e Auai Grande, respectivamente.

Outra observação importante a ser feita está relacionada ao padrão crescente da turbidez na extensão dos corpos hídricos. Todos os pontos à montante, caracterizados como A1 e G1, apresentaram valores inferiores aos encontrados em A2 e G2, que por sua vez, foram menores aos registrados à jusante, em A3 e G3.

No igarapé Grande, o mês de junho de 2019 (maior precipitação) apresentou resultados mais elevados que o mês de abril de 2020 (menor precipitação). Neste primeiro mês, os pontos G1, G2 e G3 apresentaram turbidez de 65,6 NTU, 70,2 NTU e 81,7 NTU, respectivamente, enquanto neste último, os resultados foram de 35 NTU, 44,2 NTU e 48,6 NTU, respectivamente. Por sua vez, nos meses de estiagem, os registros dos pontos de amostragem em setembro de 2019 (menos seco) foram menos expressivos quando comparados aos registros de outubro de 2020 (mais seco), neste último, os valores de G1, G2 e G3 foram respectivamente, 18,4 NTU, 18,6 NTU e 20,78.

Semelhante ao igarapé Grande, o Auai Grande também apresentou turbidez mais elevada no mês de junho de 2019, com registros do ponto A1, A2 e A3, de 42,70 NTU, 45,88 NTU e 54,93 NTU, respectivamente. Para o período seco, nos meses de setembro de 2019 e outubro de 2020, os resultados de A1 foram de 11,68 NTU e 3,83 NTU, A2 de 13,89 NTU e 6,45 NTU e A3 de 16,43 NTU e 7,56 NTU, respectivamente.

Valores elevados de turbidez podem ser atribuídos pelo intenso volume de chuvas ocorrido nesse período aumentando a ocorrência de processos erosivos ocasionados pelo inadequado uso do solo e ausência de vegetação ciliar e, especialmente o aporte de efluentes sanitários e industriais (ALVES *et al.*, 2017; ARAÚJO *et al.*, 2018; OLIVEIRA; OLIVEIRA; LIMA, 2018) carreados através do escoamento superficial. Isto posto, depreende-se que a partir do pontos A2 e G2 há a contribuição de circunstâncias insatisfatórias da qual o corpo hídrico não está sendo capaz de depurar, tal fato explicaria os valores permanecerem elevados em A3 e G3.

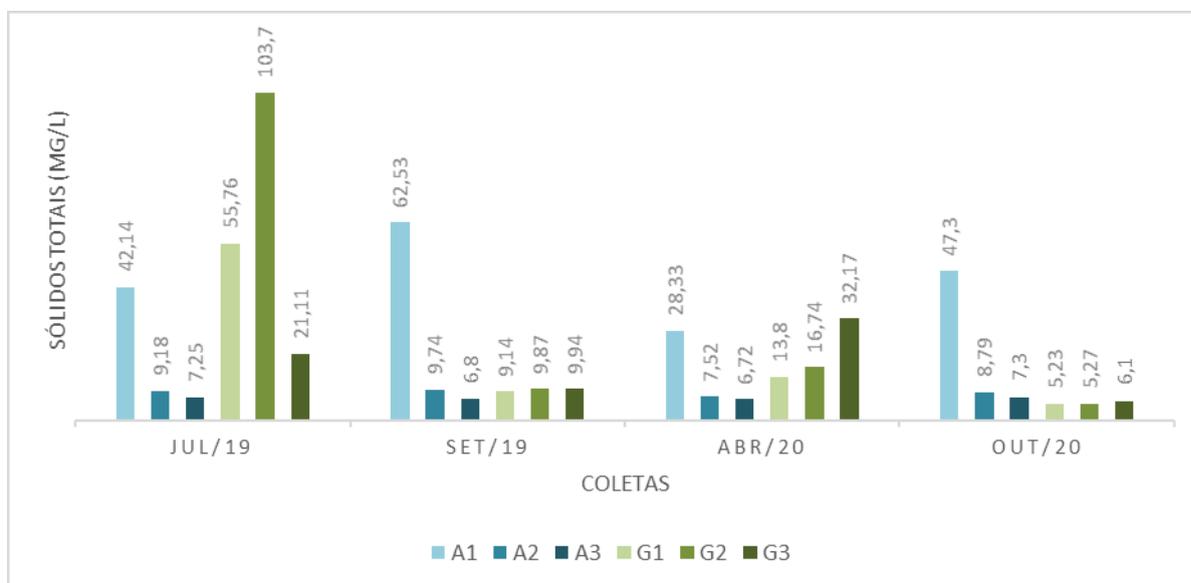
A principal fonte da turbidez é a erosão dos solos, embora esgotos ou outras fontes de poluição possam elevá-la. Esse parâmetro também pode indicar indiretamente o fluxo de nutrientes nos rios, uma vez que esses geralmente estão associados com os sedimentos em suspensão.

#### 4.2.5 Sólidos totais

Todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes na massa líquida. Os sólidos com tamanho superior a 1 micron são classificados como sólidos em suspensão (SS).

Quanto as concentrações de sólidos totais (Figura 20), constatou-se que os resultados encontrados estão todos em conformidade à Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) que especifica  $500 \text{ mg/L}^{-1}$  como limite máximo para sólidos totais dissolvidos em rios de classe 2.

Figura 20 - Representação gráfica da variação dos níveis de sólidos totais, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

Nota-se que as concentrações se modificaram de acordo com a sazonalidade climática, apresentando no período mais chuvoso, um pico de  $255 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Auai Grande e  $436 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Grande, já no período seco, se obteve registros máximos de  $41 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $82 \text{ mg/L}^{-1}$ , respectivamente. Nos meses de setembro/19 e abril/20, as concentrações de sólidos totais não experimentaram muita variabilidade, apresentando máximas de  $96 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $131 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Auai Grande, e máximas de  $242 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $247 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Grande.

Destaca-se ainda que os valores extremos alcançados para o igarapé Auai Grande foram de  $121 \text{ mg/L}^{-1}$  à montante e  $131 \text{ mg/L}^{-1}$  à jusante, enquanto no igarapé Grande os valores foram de  $237 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $252 \text{ mg/L}^{-1}$ , respectivamente. Não muito obstante, nos estudos

de monitoramento da qualidade da água de uma bacia urbana e outra rural, por meio de amostragens em tempo seco e durante eventos chuvosos, Paz (2006) encontrou valores médios de  $223 \text{ mg/L}^{-1}$  a  $1.358 \text{ mg/L}^{-1}$  na bacia urbana e de  $112 \text{ mg/L}^{-1}$  a  $346 \text{ mg/L}^{-1}$  em área rural. No entanto o teste F (5%) não identificou diferença significativa entre os pontos de amostragem dos dois igarapés durante as duas estações, e também não identificou diferença significativa na comparação dos resultados alcançados entre eles.

Ao comparar os dados obtidos de sólidos totais com os índices de turbidez demonstrados através da figura 19, infere-se uma correlação positiva com o parâmetro, ou seja, os valores de sólidos totais acompanharam a distribuição da turbidez. Apesar das concentrações se mostrarem satisfatórias aos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), ainda assim, mais uma vez, o igarapé Grande alcança o limiar no mês mais chuvoso, junho/19, além de manter, durante todo o período de amostragem, índices maiores que os do igarapé Auai Grande, em virtude de sua intensa ocupação no entorno, influenciada pelos seus diferentes usos do solo.

À este resultado, está associado a ressuspensão ocasionada pelas chuvas durante o período de pluviosidade intensa, onde o carreamento de sólidos pelas águas pluviais, decorrente das altas taxas de impermeabilização do solo nessas áreas, aumenta a ocorrência de processos erosivos e conseqüentemente a incidência de partículas na água. Contribui Vieira (2018) ao afirmar que valores altos de sólidos totais dissolvidos podem estar associados à maior concentração de íons na água, possivelmente devido a dissolução ou intemperização das rochas e solo, agravadas pelas atividades antrópicas do entorno.

#### **4.2.6 Oxigênio dissolvido**

O oxigênio dissolvido é essencial para o equilíbrio da vida aquática e manutenção da qualidade da água. Certo de que, em condições naturais as águas devam apresentar altos teores de OD, por outro lado, a sua deficiência pode ser um indicador de poluição, caracterizando a existência de intensa atividade bacteriana, uma vez que as mesmas, durante a estabilização da matéria orgânica, fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio.

De acordo com a Resolução 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005), o valor mínimo permitido de OD para ambientes de classe 2 é  $5,00 \text{ mg/L}^{-1}$ . Desta forma, em todo o período de estudo, verificou-se no geral, um comportamento semelhante deste parâmetro nos dois corpos hídricos estudados (Figura 21).

Figura 21 - Representação gráfica da variação dos níveis de oxigênio dissolvido, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

Medições em campo aferiram baixas concentrações de oxigênio dissolvido no período chuvoso, com médias variando de  $3,1 \text{ mg/L}^{-1}$  a  $6,33 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Auai Grande, e de  $0,9 \text{ mg/L}^{-1}$  a  $3,1 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Grande, neste último se confirma as condições próximas de anaeróbias do corpo hídrico.

Enquanto no período de maior pluviosidade todos os resultados apresentaram baixas concentrações de OD, nos meses considerados secos, representados por setembro/19 e outubro/20, o níveis no igarapé Auai Grande, atenderam ao limite mínimo estabelecido pela Resolução, com média aproximada de  $5,82 \text{ mg/L}^{-1}$ .

O igarapé Grande, por sua vez, apresentou suas maiores concentrações de OD também no período de estiagem, com médias variando de  $2,3 \text{ mg/L}^{-1}$  a  $3,1 \text{ mg/L}^{-1}$ . Com a baixa oxigenação, o resultado de todas as amostras se mostraram insatisfatórias com valores abaixo do permitido.

De modo geral, ao analisar a relação entres os pontos de amostragem do igarapé Grande, visualizou-se que os pontos à montante apresentaram concentração de OD mais elevada que os pontos à jusante, ou seja, decaem os níveis nos pontos específicos de A2 e G2, que por sua vez, decaem ainda mais nos pontos A3 e G3. Esse padrão se repete exceto no período de junho/2019, cujos pontos G1, G2 e G3 do igarapé Grande expõem um gradiente de elevação com valores de  $2,56 \text{ mg/L}^{-1}$ ,  $2,58 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $2,64 \text{ mg/L}^{-1}$ , respectivamente.

Análogo à essa situação, visualizou-se que nos meses chuvosos de junho de 2019 e

abril de 2020 o OD nos pontos A1, A2 e A3 do igarapé Auai Grande seguiram uma ordem crescente, já nos meses secos, de setembro de 2019 e outubro de 2020, seguiram ordem decrescente.

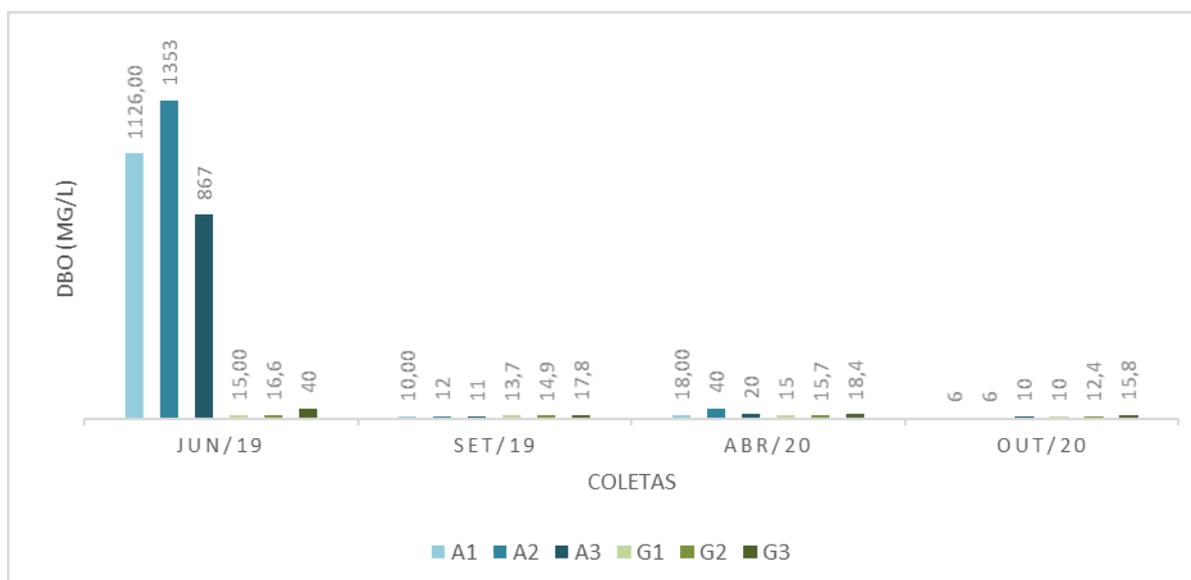
Autores como, Alves *et al.* (2017) e Araújo (2017) atribuem essa baixa oxigenação das águas no período chuvoso, ao aumento da vazão dos canais associado à grande influência antrópica exercida sob eles, como o despejo de efluentes domésticos, lixo e erosão ocasionais, além das próprias características físicas.

#### 4.2.7 Demanda bioquímica de oxigênio

A DBO representa a quantidade de oxigênio molecular necessário à estabilização da matéria orgânica decomposta aerobicamente por via biológica. Neste caso, diferente do OD, quanto mais elevado o índice de DBO no meio, mais imprópria a água se encontra. Segundo a resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), águas com DBO inferior a  $5 \text{ mg/L}^{-1}$  são classificadas como águas limpas, e águas com valores superiores a este, como poluídas.

Os resultados das concentrações em tempo seco de DBO apresentaram, no geral, faixas (valores mínimos e máximos) variando entre  $3,2 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $5,2 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Auai Grande e entre  $10 \text{ mg/L}^{-1}$  e  $15,8 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Grande, neste último, o valor mínimo apresentado pela DBO foi aproximadamente o dobro do valor máximo exigido pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL,2005) de  $5 \text{ mg/L}^{-1}$  para rios de classe 2 (Figura 22).

Figura 22 - Representação gráfica da variação dos níveis de demanda bioquímica de oxigênio, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapé Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

Deste modo, no tempo seco as águas do igarapé Auai Grande são consideradas limpas em 50% do período da amostragem, por sua vez, as do igarapé Grande foram consideradas impróprias em 100% delas.

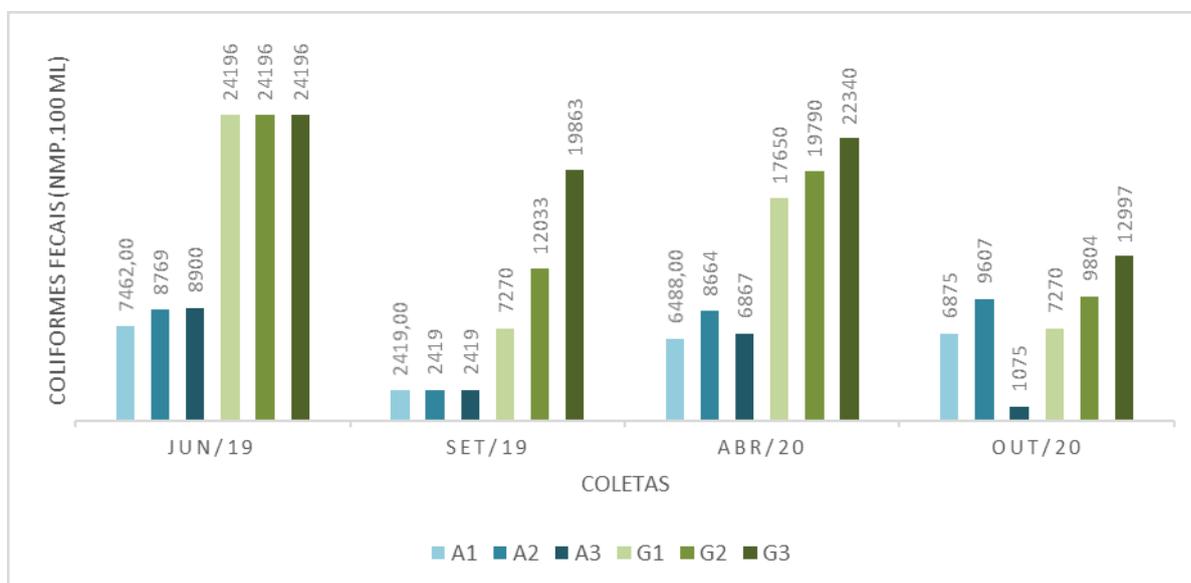
Apresentando relação temporal inversa ao OD em ambos os igarapés, as maiores concentrações de DBO foram registradas no período chuvoso. O comportamento de diluição durante os eventos chuvosos observados para o parâmetro, fez com que os resultados apresentassem valores inferiores aos resultados no tempo seco, com média aproximada de  $6,63 \text{ mg/L}^{-1}$  no Auai Grande e  $16,42 \text{ mg/L}^{-1}$  no igarapé Grande. Comparando os dados de DBO entre ambos os corpos hídricos, nota-se que as concentrações do igarapé Grande se sobrepuseram às do igarapé Auai Grande em todo o período amostral.

Em relação à interação entre os pontos de amostragem, percebeu-se que no igarapé Grande, em ambas as estações, os resultados do ponto A2 foram maiores que o dos pontos A1 e A3, levando à interpretação de que o ambiente recebe alguma carga poluidora pontual, no entanto, ao apresentar concentrações menores de DBO ao atingir A3, à jusante, é possível aferir à este resultado, a sua boa capacidade de autodepuração. Verificou-se que o igarapé Grande manteve padrão idêntico para com os pontos G1, G2 e G3.

#### **4.2.8 Coliformes Totais**

As bactérias do grupo coliforme constituem um indicador de contaminação fecal mais comum. Apesar da Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005) não estabelecer um limite padrão para a concentração de coliformes totais em águas de classe 2, a figura 23 expõe resultados que evidenciam quantidades elevadas presente nos dois corpos hídricos.

Figura 23 - Representação gráfica da variação dos níveis de coliformes totais, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

As densidades de Coliformes Totais observadas em tempo chuvoso nos igarapés Auai Grande e Grande, apresentaram médias elevadas,  $7.858,33 \text{ NMP.100mL}^{-1}$  e  $22.061,33 \text{ NMP.100mL}^{-1}$ , respectivamente. Já, nas amostras coletadas em tempo seco os valores demonstraram ser menores,  $4.135,67 \text{ NMP.100mL}^{-1}$  no igarapé Auai Grande e  $11.539,50 \text{ NMP.100mL}^{-1}$  no igarapé Grande. Tais resultados mostraram ser superiores aos encontrados em outras pesquisas de qualidade das águas em corpos hídricos urbanos, como os realizados por Amorim *et al.* (2016), Oliveira, Oliveira e Lima (2018), Shneider *et al.* (2009) e Silva *et al.* (2017). Estes autores também explicam que a pequena faixa de variação de coliformes entre o tempo seco e os eventos chuvosos, é característica de regiões com grande adensamento populacional, no qual, independentemente das contribuições promovidas pelo escoamento superficial, está relacionada com a entrada contínua de efluentes sanitários provenientes das residências, comércios e similares.

Sem muita variação entre os pontos de amostragem, notou-se que o ponto A1 apresentou menores concentrações quando comparado aos pontos A2 e A3, exceto pelo mês de outubro de 2020, onde o ponto A3 registrou o menor índice de todo o período amostral, com 1.075 unidades formadoras de colônia por 100 mL. Ainda retratando os resultados colhidos no igarapé Auai Grande, a quantidade menos expressiva foi registrada em setembro de 2019, mês considerado seco, cujos resultados aferiram 2.419 unidades formadoras de colônia por 100 mL em todos os pontos amostrais, seguido do mês de abril de 2020, mês considerado chuvoso, com  $6.488 \text{ NMP.100mL}^{-1}$  no ponto A1,  $8.664 \text{ NMP.100mL}^{-1}$  no ponto

A2 e 6.867 NMP.100mL<sup>-1</sup> no ponto A3.

Por sua vez, no igarapé Grande os menores índices médios de coliformes totais, cerca de 11.539,50 NMP.100mL<sup>-1</sup>, foram encontrados no período seco, já no chuvoso, as quantidades foram maiores, com média de 22.061,33 NMP.100mL<sup>-1</sup>. Percebeu-se ainda neste igarapé, a inexistência de variação entre os pontos de amostragem no mês de junho de 2019, já nos demais, a tendência do ponto à montante G1 ser menor que os pontos G2 e G3, continua.

A Resolução CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) estabelece critérios e limites para análise da qualidade de corpos d'água destinados à balneabilidade e recreação de contato primário. Para isto, as águas doces tem sua condição avaliada em categorias próprias e impróprias de acordo com a concentração de coliformes fecais ou *E. coli* em 100 mL de amostra. Desse modo, de acordo com os resultados obtidos para coliformes fecais, as águas de ambos os igarapés são consideradas impróprias para este fim, uma vez que os resultados de coliformes totais ultrapassaram na última coleta o valor máximo de 2.500 unidades por 100 mililitros de amostra.

#### **4.2.9 *Escherichia Coli***

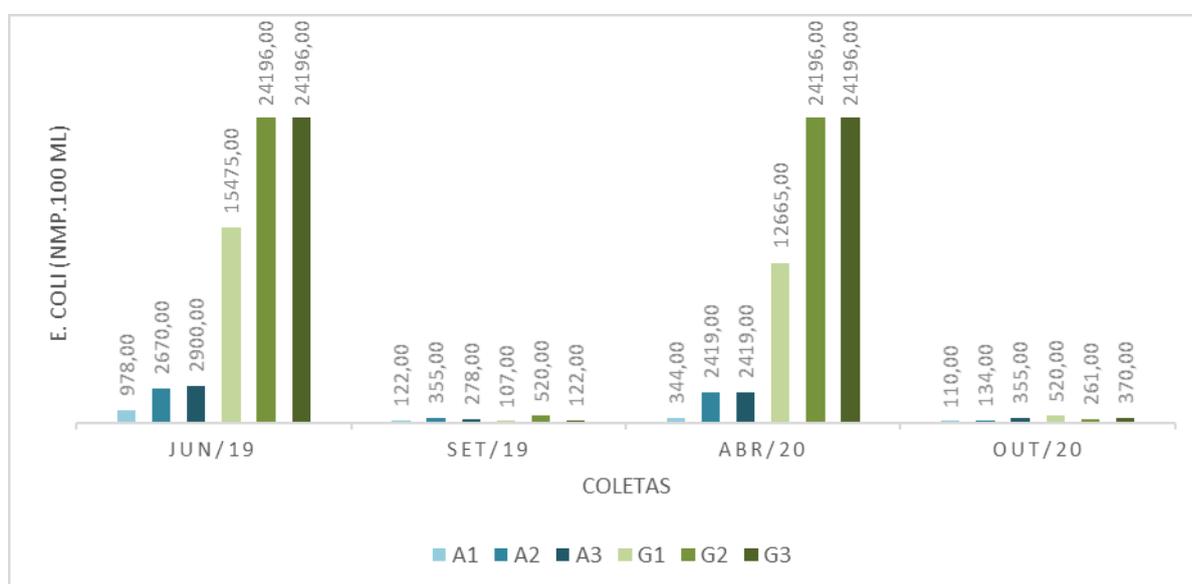
Dentre as bactérias presentes no grupo dos coliformes, a *Escherichia coli* é considerada a mais precisa na indicação de contaminação fecal e da potencial presença de agentes patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (VIEIRA, 2008).

As bactérias do grupo *E. Coli* por sua vez, são limitadas no corpo hídrico em até 1.000 unidades pela Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005). Ao analisar a Figura 27, foram observados ao longo dos pontos A2 e A3 elevados teores de contaminação fecal nos meses de maior pluviosidade, cerca de 2.602 unidades formadoras de colônia por 100 mL, entretanto, os resultados das coletas realizadas nos meses de estiagem apresentaram em média um número bem menor, cerca de 226 NMP.100mL<sup>-1</sup> coliformes, ou seja, a concentração de *E. Coli* no igarapé Auai Grande apenas se ateu aos padrões da Resolução no período seco.

Para o igarapé Grande (figura 27), no período de estiagem as médias registradas também se mostraram favoráveis aos limites estabelecidos pela legislação, com aproximadamente 316 NMP.100mL<sup>-1</sup> unidades formadoras de colônia, em comparação às 17.304 NMP.100mL<sup>-1</sup> encontradas no período chuvoso, com destaque para o ponto G3, que neste mesmo período, se aproximou ao número expressivo de 25.000 unidades formadoras de colônia por 100 mL.

Isto posto, observa-se a semelhança no comportamento de ambos os igarapés nos dois períodos sazonais, com diminuição da concentração de *E. Coli* no período seco e aumento no chuvoso. Fato este, que se deve ao aporte direto de material de origem fecal conduzido através das chuvas aos corpos d'água avaliados, em associação ao extravasamento de fossas sépticas mal instaladas ou sem manutenção das moradias circunvizinhas ao canal, cujos efluentes, ricos em matéria orgânica, oferecem um ambiente adequado para o desenvolvimento das bactéria, elevando seu número no ambiente.

Figura 24 - Representação gráfica da variação dos níveis de *E. Coli*, monitorados no período de junho e setembro de 2019 e abril e outubro de 2020, em áreas dos igarapés Auai Grande e Grande em Boa Vista – RR.



Fonte: Próprio autor.

### 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Utilizando-se dos critérios da estimativa de desvio padrão ( $s$ ) como medida para indicar a dispersão dos dados em relação à média, a Tabela 5 apresenta os dados de variância existentes entre as amostras do período seco e chuvoso em cada um dos igarapés monitorados, por sua vez, a Tabela 6 demonstra a comparação desses dados sazonais entre os igarapés. Ambos os resultados foram obtidos através da análise de variância ANOVA e do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao interpretar o coeficiente de variação posto nas Tabelas 5 e 6, é importante ressaltar inicialmente que, como este analisa a dispersão em termos relativos, é dado sempre em porcentagem (%). Um coeficiente de variação grande significa que os valores amostrais estão bem distribuídos em torno da média, enquanto um coeficiente de variação pequeno indica o oposto, ou

seja, quanto menor o valor do coeficiente de variação, mais homogêneo serão os dados. De forma geral, o CV menor ou igual a 15%, representa baixa dispersão (dados homogêneos); entre 15 e 30%, média dispersão e maior que 30%, alta dispersão (dados heterogêneos).

Tabela 5 - Estatísticas descritivas da análise da água nos períodos chuvoso e seco, igarapés Auai Grande e Grande, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Parâmetros	Igarapé Auai Grande			Igarapé Grande		
	Chuvoso	Seco	CV(%)	Chuvoso	Seco	CV(%)
<b>Temperatura</b>	<b>23,93b</b>	<b>25,10a</b>	2,80	<b>24,68b</b>	<b>26,95a</b>	2,49
<b>pH</b>	<b>5,49b</b>	<b>6,27a</b>	5,51	<b>5,38b</b>	<b>6,09a</b>	4,74
<b>Condutividade</b>	<b>71,46b</b>	<b>111,10a</b>	25,49	<b>22,19b</b>	<b>71,10a</b>	38,34
<b>Turbidez</b>	<b>35,80a</b>	<b>9,97b</b>	48,89	<b>57,55a</b>	<b>27,68b</b>	35,68
<b>Sólidos totais</b>	16,86a	23,74a	37,33	40,55a	7,59a	107,64
<b>OD</b>	4,80a	5,24a	21,57	3,36a	3,91a	25,42
<b>DBO</b>	570,67a	9,17a	166,63	19,12a	14,10a	43,75
<b>Coliformes Totais</b>	<b>8315,0a</b>	<b>4135,6b</b>	41,76	<b>22061,3a</b>	<b>11539,5b</b>	19,12
<b>E. Coli</b>	<b>1955,00a</b>	<b>225,67b</b>	51,07	<b>20820,67a</b>	<b>316,67b</b>	28,46

Médias seguidas por letras diferentes na linha, marcadas em negrito, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%)

Deste modo, os dados estatísticos oriundos do teste de Tukey (5%) da Tabela 5, evidenciam através das médias seguidas de letras diferentes, que os parâmetros temperatura, pH, condutividade, turbidez, coliformes totais e E. Coli apresentaram resultados de qualidade significativamente diferentes no igarapé Auai Grande, nas estações sazonais chuvosa e seca. Todavia, o mesmo não foi observado para os parâmetros sólidos totais, OD e DBO, sendo compreendido que os valores entre os pontos de amostragem, encontrados em ambas as estações, não foram tão expressivos assim.

Destes, o parâmetro temperatura seguido do pH, denotaram coeficientes que menor demonstraram variação entre as estações. Já os demais indicadores expuseram CV de alta dispersão, exceto para a condutividade, que por se manter na faixa acima de 15% e abaixo de 30%, apresentou dados de média dispersão.

Semelhante ao observado no igarapé Auai Grande, as médias seguidas de letras diferentes para os parâmetros temperatura, pH, condutividade, turbidez, coliformes totais e E. Coli, indicaram resultados significativamente diferentes entre os períodos sazonais de chuva e seca no igarapé Grande. Igualmente, o mesmo não foi observado para os parâmetros sólidos totais, OD e DBO. A mínima variação nos coeficientes dos parâmetros temperatura e pH,

demonstram que os dados relativos à eles são mais homogêneos que os demais, já que o CV dos parâmetros coliformes totais e E. coli apresentam média dispersão, e o CV dos indicadores condutividade e turbidez, alta dispersão.

Tabela 6 - Estatísticas descritivas da comparação dos resultados de qualidade da água, entre os períodos chuvoso e seco dos igarapés Grande e Auai Grande, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Parâmetros	Auai Grande		CV(%)	Grande		CV(%)
	Chuvoso	Grande		Seco	Grande	
<b>Temperatura</b>	<b>23,93b</b>	<b>24,68a</b>	1,92	<b>25,10b</b>	<b>26,95a</b>	3,19
<b>pH</b>	5,49a	5,38a	5,52	6,27a	6,09a	4,98
<b>Condutividade</b>	<b>71,46a</b>	<b>22,19b</b>	41,64	<b>111,10a</b>	<b>71,10b</b>	24,17
<b>Turbidez</b>	35,80a	57,55a	35,78	<b>9,97b</b>	<b>27,68a</b>	45,81
<b>Sólidos totais</b>	16,86a	40,55a	97,09	23,74a	7,59a	91,43
<b>OD</b>	<b>4,80a</b>	<b>3,36b</b>	21,87	<b>5,24a</b>	<b>3,91b</b>	20,96
<b>DBO</b>	570,67a	19,12a	163,93	<b>9,17b</b>	<b>14,10a</b>	19,60
<b>Coliformes Totais</b>	<b>8315,0b</b>	<b>4135,67a</b>	13,56	<b>22061,3b</b>	<b>11539,50a</b>	54,28
<b>E. Coli</b>	<b>1955,0b</b>	<b>20820,6a</b>	21,72	225,67a	316,67a	60,80

Médias seguidas por letras diferentes na linha, marcadas em negrito, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5%)

Se tratando da Tabela 6, os dados estatísticos fornecidos pelo teste de Tukey (5%) evidenciam através das médias seguidas de letras diferentes, que os resultados dos parâmetros temperatura, condutividade, OD, coliformes totais e E. coli, monitorados na estação chuvosa, apresentaram diferenças significativas, quando comparado os igarapés. Contudo, para as variáveis pH, turbidez, sólidos totais e DBO não houve demonstração de significância entre eles.

Quanto ao coeficiente de variação, dos resultados mais homogêneos, aparecem os parâmetros temperatura e coliformes totais, com índices abaixo de 15%, o OD e E. coli, com CV entre 15% e 30%, apresentam resultados com média dispersão, e, por sua vez, somente a condutividade mostra resultados com alta dispersão, com CV acima de 30%.

Na comparação entre os igarapés no período seco, somente os parâmetros temperatura, condutividade, turbidez, OD, DBO e coliformes totais apresentaram resultados significativamente diferentes. A mesma significância não foi notada para as variáveis pH, sólidos totais e E. coli. Destes, somente a temperatura apresentou resultados mais

homogêneos, com o coeficiente de variação abaixo de 15%, ademais, os resultados de condutividade, OD e DBO, com CV entre 15 e 30%, demonstraram média dispersão, e os resultados dos parâmetros turbidez e coliformes totais, com CV acima de 30%, alta dispersão.

## 5 CONCLUSÃO

Através da utilização das técnicas de geoprocessamento aliado às ferramentas do SIG integrado ao sensoriamento remoto, foi possível elaborar os mapas temáticos de uso e ocupação do solo das áreas das micro bacias dos igarapés Grande e Auai Grande e assim analisar a sua influência sobre os respectivos canais.

Desse modo, depreendeu-se que as águas de ambos estão passivas à reflexos de uso e ocupação bem distintos. Enquanto o igarapé Grande, marcado pela presença da intensa urbanização, apresenta as mais diversas ocupações ao longo de toda a sua extensão, variando desde comércios, lotes residenciais à áreas cultivadas e de chácaras, sobretudo a instalação da ETE às suas margens, o igarapé Auai Grande apresenta apenas em seu trecho médio, determinados pontos antropizados, ocupados por áreas de plantio, de chácaras, de residências, além da instalação do aterro sanitário próximo às suas margens.

Em relação à qualidade das águas, 6 (seis) dos 9 (nove) parâmetros analisados, mostraram-se tendenciosos a apresentarem maiores concentrações no igarapé Grande, como foi o caso da temperatura, turbidez, sólidos totais, DBO, coliformes totais e E. coli. Por sua vez, os parâmetros pH, condutividade elétrica e OD demonstraram ser mais expressivos nas amostragens feitas no igarapé Auai Grande. Destes, todos apresentaram valores em conformidade à Resolução CONAMA nº 357/2005 nas duas condições de tempo monitoradas, exceto para os parâmetros pH, E. Coli, OD e DBO, que só demonstraram resultados adequados nas estações secas de ambos igarapés, os dois últimos, por sua vez, apresentaram índices aceitáveis somente no igarapé Auai Grande.

A necessidade de avaliar as condições destes corpos hídricos urbanos sob diferentes circunstâncias hidrológicas, permitiu observar nítidas diferenças no comportamento dos parâmetros de qualidade da água entre as estações seca e chuvosa. Assim sendo, os resultados dos testes de variância apresentaram para todos os parâmetros, com exceção dos sólidos totais, OD e DBO, a condição de ocorrência de variabilidade significativa entre os resultados das estações chuvosa e seca, em ambos os igarapés. Por sua vez, a comparação dos resultados das amostragens realizadas em período seco, entre os igarapés Grande e Auai Grande, somente as variáveis temperatura, condutividade, turbidez, OD, DBO e coliformes totais apresentaram resultados significativamente diferentes. Já a comparação dos dados obtidos no período chuvoso entre os igarapés, evidenciou variabilidade significativa para os parâmetros temperatura, condutividade, OD, coliformes totais e E. Coli. Ressalta-se que, de acordo com o

teste de variância, os parâmetros não mencionados comportaram-se modo indiferente sobre as mesmas condições analisadas.

Dessa maneira, observa-se um potencial poluidor elevado, nos dois igarapés, nos períodos de maior precipitação. Certo de que quase metade dos domicílios localizados dentro do perímetro estudado, utilizam-se das fossas sépticas e sumidouros, como alternativa pro tratamento dos seus efluentes sanitários, o intenso carreamento de sólidos pelas águas pluviais, provenientes da lixiviação dos solos e dos processos erosivos na bacia, contribuem na dispersão de sedimentos no leito, ocasionando sua contaminação. Soma-se à este fato, o aumento das áreas impermeabilizadas na zona urbana, que diminuem as taxas de infiltração no solo e contribuem na intensificação do escoamento superficial, favorecendo a condução de poluentes difusos, como os resíduos sólidos, efluentes oriundos de sistemas de drenagem e de irrigação, até o leito dos igarapés.

Outro aspecto relevante, é que apesar de terem sido maiores no período chuvoso, a ocorrência de elevadas concentrações indicadoras de contaminação também foram notadas em período de estiagem, principalmente no que tange o ponto de coleta A2, localizado próximo ao aterro sanitário, no igarapé Auai Grande e o ponto de coleta G2, situado próximo à antiga calha de desague dos efluentes da ETE, no igarapé Grande. Isto posto, os mesmos, de maneira quase que unânime, apresentaram em todas as amostragens, teores de contaminação maiores que os pontos à montante e à jusante à eles, indicando assim, o constante aporte de carga poluidora nessas regiões específicas, ou seja, tanto o aterro sanitário, quanto a Estação de Tratamento de Efluentes, estão afetando negativamente a qualidade das águas de ambos igarapés.

Sendo assim, considerando que a condição de qualidade das águas são determinadas pela avaliação conjunta de todos os parâmetros, somente as águas do igarapé Auai Grande em período seco denotaram atender à todos os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, todavia, ao confrontar os teores de coliformes totais aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 274/2000, as águas tornam-se impróprias para os fins de balneabilidade e recreação de contato primário.

Isto posto, de modo geral, as águas de ambos igarapés não possuem condições de cumprir com os usos preponderantes estabelecidos para águas de classe 2, conforme os padrões de qualidade determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005, e as altas concentrações de matéria orgânica, conjuntamente com as altas densidades de coliformes (Totais e E.coli), impedem o uso para fins de balneabilidade e recreação, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA nº 274/2000.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Formas de relevo**. São Paulo, SP: EDART, 1982.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Informe anual: Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**. Brasília, DF: ANA, 2017.
- AGUILAR, T. O. de; FIORESE, Caio H. U. Uso e ocupação do solo de duas sub-bacias hidrográficas no município de Domingos Martins, estado do Espírito Santo. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 11, p. 1-10, 2019.
- ALAMY, J. E. F. et al. Aplicação da ferramenta computacional QUALI-TOOL na avaliação da qualidade da água em ambiente lótico, **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 69-83, jan. 2019.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standart Methods for Examination of and Wasterwater**. 20. ed. Baltimore: United Book Press, 2012. Não paginado.
- AMORIM, D. G. et al. Enquadramento e avaliação do índice de qualidade da água dos igarapés Rabo de Porco e Precuá, localizados na área da Refinaria Premium I, município de Bacabeira (MA). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 251-59, dez. 2017.
- ARAÚJO, A. C. R. **Uso do solo e risco à inundação na cidade de Boa Vista - RR**, 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2016.
- ARAÚJO, I. C. F. et al. Aspectos físico-químico e microbiológicos de dois córregos municipais de Várzea Grande. **Caderno de Publicações Univag**, v. 8, n. 8, não paginado, 2018.
- ARAUJO, R. R.; ANDRADE, N. L. R.; SOUZA, J. G. R. Uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente do município de JI - Paraná - RO. **IX Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. São Bernardo do Campo, SP, 2018.
- ASSIS, Josélia Neida Cadete de. **Bacias hidrográficas da área urbana de Alto Alegre-RR: condições ambientais e qualidade da água**. UFRR, Boa Vista, RR, 2020. [Projeto de pesquisa] apresentado ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais-PRONAT- da Universidade Federal de Roraima-UFRR, Mestrado em Recursos Naturais. Não publicado
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9897: **Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898: **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.
- BARBOSA, Reinaldo Imbrozio. Distribuição das chuvas em Roraima. **Homem, ambiente e Ecologia no Estado de Roraima.**, pgs. 325-335, 1997.
- BARBOSA, Reinaldo Imbrozio; XAUD, HaronAbraham Magalhães; COSTA e Souza, Jorge

Manuel (Eds). Savanas de Roraima: **Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**, FEMACT, Boa Vista, 2005.

BARNI, Paulo Eduardo et al. Precipitação no extremo norte da Amazônia: distribuição espacial no estado de Roraima, Brasil. **Embrapa Roraima-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2020.

BENEDETTI, U. **Estudo Detalhado dos Solos do Campus do Cauamé da UFRR, Boa Vista-RR**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia. Boa Vista: UFRR, 2007.

BENEDETTI, U. G. *et al.* Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, Norte Amazônico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35., p. 299-312, 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define o critério de balneabilidade das águas brasileiras. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 jan. 2001.

**BRASIL. Resolução CONAMA nº 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, e dá outras providências.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 01 jul. 2018.

BRASIL. Agência Nacional da Água (ANA). **Capacitação para gestão das águas. Marco legal. Lei das Águas.** Módulo 1: Política Nacional de Recursos Hídricos: fundamentos, objetivos e diretrizes. Brasília, 2000. Disponível em: <<https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAM BRASIL**. Folha NA. 20 Boa Vista e parte das Folhas NA. 21 Tumucumaque, NB. 20 Roraima e NB. 21: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Editora DNPM, 1975.

BRASIL. Fundação Nacional do Índio/FUNAI. **Processo FUNAI. BSB 28870.002192/84-04 – Identificação, proposta de delimitação e demarcação da área indígena para posterior criação do Parque Indígena Yanomami.** Brasília: FUNAI, 1984.

CARVALHO, J.C.; SALES, M.M.; MORTARAI, 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. **Processos Erosivos no Centro-oeste Brasileiro**. Brasília: FINATEC, 2006, p. 39-91.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: Editora UFG, 1994.

CASSETI, V. O relevo no contexto ideológico da natureza: uma nota. In: **Boletim Goiano de Geografia, Departamento de Geografia – Instituto de Química e Geociências**.

Universidade Federal de Goiás. v. 14., n. 1. Goiás: Editora UFG, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª edição, 1980, pg. 26-44.

COATES, D.R. Urbangeomorphology. The Geological Society of America Colorado, Estados Unidos, 1976, 166p. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RORAIMA (CAER). **ETE - Estação de tratamento de esgoto**. Boa Vista, 2018. Disponível em: <<http://www.caer.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Variáveis de Qualidade das Águas**. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis>>. Acesso em: 01 jul. 2018.

COUTINHO, L. M. Efeitos ecológicos do fogo no Cerrado brasileiro. In: HUNTLEYB, J.; WALKER, B. H. (orgs.). **Ecologia das Savanas Tropicais**. Berlim: Springer-Verlag, 1982.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Brasília: EMBRAPA, 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2018.

ESBELL, D. M. **Influência do deságue do Sistema de lagoas de estabilização na quantidade de nutrientes no Igarapé Grande, Boa Vista, Roraima**. 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2006.

FALCÃO, M. T. et al. Impactos ambientais no igarapé Wai Grande em Boa Vista - Roraima decorrentes da influência do aterro sanitário. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 199-207, 2012.

FALCÃO, M. T.; BURG, I. P.; COSTA, J. A. V. Expansão urbana de Boa Vista/Roraima através do uso de sig e os reflexos sobre os recursos hídricos. **Revista Equador**, v. 4, n. 2, pag. 98-113, 2015.

FEMACTO - Fundação do Meio Ambiente e Tecnologia de Roraima. **Brasil do Hemisfério Norte: Diagnóstico Científico e Tecnológico para o Desenvolvimento**. Boa Vista: Editora AMBITEC, 1994.

FIGIORESE, C. H.; AGUILAR, T. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do córrego Murubia no município de Muqui - ES, Brasil. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12, 2019.

FRAGA, L.M.A **Associação Anortosito – Mangerito - Granito Rapakivi (AMG) e suas encaixantes paleoproterozóicas: evolução estrutural, geocronologia e petrologia**. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Pará. Pará: UFPA, 2002.

FREITAS, Aimberê. **Geografia e História de Roraima**. ED. VER. AMPL. BOA VISTA, DLM, 2000.

GALDINO, L. K. A. **Roraima**: da colonização ao estado. Boa Vista: Editora da UERR, 2018a.

GALDINO, L. K. A. **Roraima**: sociedade, política e meio ambiente. Boa Vista: Editora da UERR, 2018b.

GLORIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água - IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, v.14, n. 1, não paginado, 2017.

GOUDIE, A. The Human Impact on the Natural Environment. Oxford, Basil Blackwell Ltd., Inglaterra, 338p. 1990. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A. J. T (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.57. Departamento de Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, acesso em 08 de outubro de 2013, p. 56-90.75.

HACKSPACHER, P. C. (org.). **Dinâmica do relevo**: quantificação de processos formadores. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

HADLEY, R. F.; LAL, R.; ONSTAD, C. A.; WALING, D. E; YAIR, A. Recent Developments in Erosion and Sediment Yield Studies. Technical Documents *In*: Hydrology. Paris, Internacional Hydrological Programme, UNESCO, 1985. *In*: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2011.

HIGHLAND, L. M.; BOBROWSKY, P. The landslide handbook – A guide to understanding landslides. **O Manual de Deslizamento: um Guia para a Compreensão de Deslizamentos**. Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325. 2008, 129p, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Geomorfologia do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro: 1ª Ed., 2005a. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Geologia do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro: 1ª Ed., 2005b. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa da Vegetação do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro: 1ª Ed., 2005c. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa da Pedologia do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro: 1ª Ed., 2005d. 1 mapa. Escala: 1:1.000.000

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. Ministro do Planejamento, Orçamento e Gestão. 2. ed. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório Técnico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Estimada 1991 em Boa Vista**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Estimada 2000 em Boa Vista**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Estimada 2010 em Boa Vista**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Estimada 2019 em Roraima**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Boa Vista - Roraima**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rr/boa-vista/panorama>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

JESUS, P. F. V. de. Caracterização e alterações físico-química dos solos pelo efeito do uso e ocupação na etnorregião do Alto São Marcos, Roraima. 2020. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2020.

JORGE, M. do. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. p. 117-145. In: GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

KONCAGÜL, E. et al. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Águas residuais: o recurso inexplorado**. Brasília, DF: UNESCO e WPP, 2017.12 p.

KONCAGÜL, E. et al. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Soluções baseadas na natureza para a gestão da água**. Brasília, DF: UNESCO e WPP, 2018.11 p.

KONCAGÜL, E. et al. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos: Não deixar ninguém para trás**. Brasília, DF: UNESCO e WPP, 2019.11 p.

KÜGLER, H. Zur Aufgaben der geomorphologischen Forschung und Kartierung in der DDR. *Petermanns Geographische Mitteilungen*. v. 120, n. 2, p. 154-160, 1976. In:

LADEIRA, Luiz Felipe Brandão; DANTAS, Marcelo Eduardo. Compartimentação geomorfológica. **Geodiversidade do Estado de Roraima**. Manaus: CPRM, p. 31-46, 2014.

LEMONS, C.E.F.; VIEIRA, M.I. de S.; FERRAZ, R.R. Compartimentação hidrográfica da bacia de drenagem do rio branco, estado de Roraima, Brasil por meio da base hidrográfica otocodificada. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.11, n. 26, 2017.

LEPESCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2002.

LIMA, A. C. S.; BARRETO FILHO. H. T. Antropologia e identificação: os antropólogos e a definição de terras indígenas no Brasil, 1977-2002. In: LIMA, A. C. S.; BARRETO FILHO, H. T. (orgs.). **Antropologia e identificação: os antropólogos e a definição de terras indígenas no Brasil (1977-2002)**. Rio de Janeiro: Contra Capa Livraria, 2005.

LIMA, J.A. de M.; BETHONICO, M.B. de M.; VITAL, M.J.S. Água e doenças relacionadas

à água em comunidades da bacia hidrográfica do rio Uraricoera – terra indígena Yanomami – Roraima. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, mar. 2018.

LIMA, M. G.; FARIZEL, S. R. S.; JÚNIOR, A. C. R. A. Coleta seletiva: realidade e utopia na cidade de Boa Vista - RR. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 21, n. 3, p. 152-164, 2017.

MARTINS, Thallita Isabela Silva et al. **Mapeamento geomorfológico da folha Piumhi, Minas Gerais**. 2013.

MELO, M. C; BARBOSA, R. I. **Árvores e Arbustos da Savana de Roraima: Guia de Campo Ilustrado**. Boa Vista: PMBV/CONSEMMA, 2007.

MIRANDA, I. S. **Flora, Fisionomia e Estrutura das Savanas de Roraima**. Tese (Doutorado em Biologia (Ecologia)). Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia / Universidade do Amazonas, 1998.

MONTANHER, O. C.; SOUZA FILHO, E. E.; NOVO, E. M. L. M. Padrões espaciais do transporte, produção e variabilidade de sedimentos suspensos dos rios amazônicos de águas brancas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, 2016.

MOREIRA, J. C.; SENE, E. de. **Geografia**. São Paulo: Editora Scipione, 2005.

MORGAN, R. P. C. Soil Erosion and Conservation. Longman Group, Inglaterra, 1986. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2011.

NASCIMENTO, Thays Valente et al. Caracterização socioeconômica e ambiental da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço, Estado do Pará, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, 2020.

NASCIMENTO, Thays Valente; FERNANDES, Lindemberg Lima. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 1, p. 169-177, 2017.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Norte**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

OLIVEIRA, L. F.; OLIVEIRA, B. O. S.; LIMA, L. B. Avaliação da qualidade da água de três córregos na área urbana de Humaitá - AM. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, pag. 25-33, 2018.

PALMER, I. Application of land-use constrains. In: Urban Geomorphology. (Org). COATES, D.R. (1996). The Geological Society of America. Colorado, Estados Unidos, 1976, p. 61-84. In: GUERRA, A.J.T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico**. São Paulo: Editora Xamã, 1998.

PEREIRA, U. P. J. **Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do Igarapé Grande, Boa Vista, Roraima**. 2015. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2015.

PLORENZO, M. Pedologia – Conceitos de solos e áreas degradadas. **Portal Eletrônico Mariana Plorenzo**, 2010. Disponível em:

<<https://marianaplorenzo.com/2010/10/15/pedologia-conceitos-de-solos-e-areas-degradadas/>>. Acesso em: 30 out. 2020.

RABELO, A. M. F. **Manejo dos resíduos sólidos de hospitais e riscos ambientais em Boa Vista, Roraima**. 2008. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2008.

RAMOS, C. de A. *et al.* Horta escolar: uma alternativa de Educação Ambiental, Alcântara (MA). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 13., n. 1., p. 228-247, 2018.

REIS, N.J.; FRAGA, L.M.; FARIA, M.S.G; ALMEIDA, M.E. Geologia do Estado de Roraima, Brasil. *In: Geology Of France and Surrounding Areas – Special Guiana Shield*, n. 2-3-4, BRGM, p. 121-134, 2003.

RIBEIRO, W. C. **Geografia Política da Água**. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2008. 162 p.

RODRIGUES, S.M.; NETA, L.C.B.; JÚNIOR, S.S.T. Análise das formas de relevo: setor leste do município de Alto Alegre-RR. *In: VERAS, A.T. de R.; SANDER, C. (Orgs.). Alto Alegre: um olhar geográfico*. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016.

RORAIMA (Estado). Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento. **Perfil sócio-econômico de Roraima**. 2014. Disponível em: <<http://www.seplan.rr.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

RORAIMA. Guia Turístico. Série Guias Empresa das Artes de Turismo do Brasil. 1ª Edição. Editora Ltda: Fábio Ávila, 2009.

SALDANHA, Fabianne Silva; COSTA, Gracione Pereira da; SILVA, Ivanilde Rodrigues da; PIMENTEL; Maria das Dores Cardoso. Gestão ambiental urbana no estado de Roraima. Universidade Estadual de Roraima – UERR. Notas de aula. Boa Vista, 2008.

SALOMÃO, F. X. de T. Controle e prevenção dos processos erosivos. 2012, p. 229-267. *In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A. S. da.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

SANDER, C. et al. Intervenções antrópicas em canais fluviais em áreas urbanizadas: rede de drenagem do igarapé Caranã, Boa Vista - RR. **Acta Geográfica**, v. 6, n. 12, 2012.

SANDER, C.; Wankler, F. L. Cenários de intervenções realizadas em canais fluviais urbanos nas cidades de Marechal Cândido Rondon - PR e Boa Vista – RR. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, pag. 760-770, 2012.

SANT'ANA, A. C. **Análise multivariada da qualidade da água superficial no município de Boa Vista - RR**. 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2006.

SANTOS, H, G. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). **Embrapa solos**, 367 p, 2006.

SANTOS, R. D. dos.; LEMOS, R. C. de.; SANTOS, H. D. dos.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: EMBRAPA, 2013.

SANTOS, W. A. et al. Avaliação da qualidade da água e estado trófico do ribeirão das abóboras, em Rio Verde – GO, Brasil. **Geociências**, v. 36, n. 1, p. 13-29, 2017.

SATELLES, J. L. **Influencia do lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico no Igarapé Grande em Boa Vista/RR**. 2011. Dissertação (Mestrado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2011.

SCACABAROSSO, H. et al. Análise dos impactos ambientais causados pelo sistema de tratamento de resíduos líquidos na área de expansão urbana da cidade de Boa Vista – RR. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 422-431, 2012.

SCACABAROSSO, H.; PÉRICO, E. Perspectivas e desafios da coleta seletiva na cidade de Boa Vista-RR, no contexto da política nacional de resíduos sólidos, lei federal nº 12.305/2010. **Geografia (Londrina)**, v. 23, n. 2, p. 49-69, 2014.

SCHAEFFER, Carlos Ernesto Gonçalves Rynaud et al. Solos, ambientes e povos indígenas de Roraima: uma etnoecologia entrelaçada. In book: Guia de Campo da XI Reunião Brasileira de Classificação e Correlação de Solos: RCC de Roraima (pp.165), Editora: Embrapa, 2019.

SELBY, M.J. Hillslope materials and processes. Oxford, Oxford University Press. 1993. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SILVA, Barbara C. N; SILVA, Sylvio B. de M. e SILVA, Maina P. Rede Urbana e Educação em Roraima. *Revista de Desenvolvimento Econômico*. Salvador /BA, 2008.

SILVA, L. G. T. et al. Mapeamento de solos em duas mesobacias hidrográficas no Nordeste Paraense. **Embrapa Amazônia Oriental: Documentos**, n.394, 40p, 2013.

SILVA, M. A. et al. Reflexos do uso da terra na qualidade da água da bacia hidrográfica do córrego Taboão, Guarulhos (SP). **Revista Geociências - UNG-Ser**, v. 16, n. 1, pag. 69-86, 2017.

SOUZA, N. da C. *et al.* Classification model of gully erosion process along of railway line through Decision Tree algorithm and geotechnology. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23., n. 1., p. 72-86, 2017.

TEIXEIRA, C.; VIEIRA, S. M. Solo na escola: uma metodologia de educação ambiental no ensino fundamental. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v. 12., n. 45., set./nov., 2013.

TEIXEIRA, Izaias Coelho; SANTOS FILHO, Herondino; CARMONA, Sávio. Análise da ocupação e crescimento urbano na bacia hidrográfica do igarapé da Fortaleza entre 1985 e 2015 utilizando imagens dos satélites landsat 5/tm e landsat 8/oli. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos, SP, 2019.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília, DF: UNESCO, 2001. 156 p.

VAEZA, R. F. et al. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.12, n.1, p. 23-29, 2010.

VALE JÚNIOR, J. F. do.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, J. A. V. da. Etnopedologia e

transferência de conhecimento: diálogos entre os saberes indígena e técnico na terra indígena Malacacheta, Roraima. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, v. 31., p. 403-412, 2007.

VALE JÚNIOR, J. F. **Pedogênese e alterações dos solos sob manejo itinerante, em áreas de rochas vulcânicas ácidas e básicas, no nordeste de Roraima**. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Viçosa: UFV, 2000.

VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Solos sob savanas de Roraima: gênese, classificação e relação e relações ambientais**. Boa Vista: Gráfica Ióris, 2010.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R. **Solos e Ambientes em Roraima**. Manaus: CPRM, 2014.

VERAS, A.T. de R.; SANDER, C. (Orgs.). **Alto Alegre: um olhar geográfico**. Boa Vista: Editora da UFRR, 2016.