



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – PROFÁGUA

SIMONE PATRÍCIA SANTOS MESQUITA

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DE
CIMA, MUNICÍPIO DE BOA VISTA - RR

BOA VISTA – RORAIMA

2023

SIMONE PATRÍCIA SANTOS MESQUITA

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DE
CIMA, MUNICÍPIO DE BOA VISTA - RR**

Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientador(a): Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior
Coorientador(a): Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho.

BOA VISTA – RORAIMA

2023

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

M582d Mesquita, Simone Patrícia Santos.
Disponibilidade hídrica da microbacia do igarapé Água Boa de Cima,
município de Boa Vista – RR / Simone Patrícia Santos Mesquita. – Boa
Vista, 2023.
99 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior.

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima,
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos
Hídricos.

1 – Hidrologia. 2 – Geomorfologia. 3 – Curva de permanência. 4 –
Vazão de referência. 5 – Outorga. I – Título. II – Tavares Júnior, Stélio
Soares (orientador). III – Silva Filho, Pedro Alves da (coorientador).

CDU – 556.51(811.4)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Mariede Pimentel e Couto Diogo - CRB-11/354 - AM

SIMONE PATRÍCIA SANTOS MESQUITA

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DE
CIMA, MUNICÍPIO DE BOA VISTA - RR**

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, para a obtenção do grau de mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Roraima. Área de concentração: Instrumentos da política de recursos hídricos. Defendida em 21 de setembro de 2023 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Stélio Soares Tavares Júnior - (Orientador)
Universidade Federal de Roraima – UFRR



Prof. Dr. Pedro Alves da Silva Filho – (Co-Orientador)
Universidade Federal de Roraima – UFRR



Dra. Ofélia Lira Carneiro – (Convidado Interno)
Universidade Federal de Roraima – UFRR



Dra. Luiza Câmara Beserra Neta – (Convidado Externo)
Universidade Federal de Roraima – UFRR

**BOA VISTA - RR
2023**

“Assim, permanecem agora estes três: a fé, a esperança, e o amor. O maior deles, porém é o amor” (1 Corintios13:13)

RESUMO

A pesquisa analisou a disponibilidade hídrica na microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento, Roraima, com foco nas vazões médias de referência para outorga e na cobertura do solo. Em termos de metodologia, a análise integrada foi desenvolvida considerando a caracterização dos elementos dos sistemas ambientais, a análise das características morfométricas da microbacia hidrográfica, a avaliação dos processos de ocupação e o mapeamento dos tipos de vegetação na região e ao redor do igarapé sob investigação. A análise morfométrica revelou que a microbacia segue um padrão de drenagem dendrítico, com baixa ramificação, um curso de água retilíneo, uma forma alongada, relevo com pouca variação, densidade de drenagem reduzida, vertentes de baixa inclinação e uma menor suscetibilidade a enchentes. Quanto aos usos e ocupações predominantes, incluem pequenas propriedades para fins recreativos, agricultura de subsistência, fazendas de piscicultura, criação de gado e cultivo de grãos. A qualidade da água do igarapé é considerada excelente para recreação e adequada para abastecimento humano. Além disso, a pesquisa abordou a questão das vazões máximas outorgáveis, comparando valores variáveis ao longo do ano, com base nas vazões de referência Q90 e Q95, em contraste com a abordagem tradicional de valores constantes ao longo do ano. Essa análise considerou dados fluviométricos da região de estudo, apontando para a necessidade de considerar a sazonalidade na disponibilidade de água em mananciais. Resumidamente, este estudo abordou a avaliação da água disponível na microbacia do Igarapé Água Boa de Cima de maneira abrangente, considerando tanto os aspectos relacionados às quantidades médias de água disponível quanto as interações entre o uso da terra e os recursos hídricos. Os resultados têm implicações significativas para a gestão ambiental e a sustentabilidade na região, contribuindo para decisões informadas sobre o uso da água e a conscientização da importância de práticas sustentáveis para preservar os recursos hídricos para as atuais e futuras gerações. Logo, o estudo forneceu uma visão abrangente da microbacia, seu ambiente físico, características hidrológicas e a importância de considerar a variação sazonal na gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chaves: Hidrologia, Geomorfologia, Curva de permanência, Vazão de referência, Outorga, Vazão máxima outorgável.

ABSTRACT

The research analyzed water availability in the Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento microbasin, Roraima, focusing on average reference flows for granting and soil coverage. In terms of methodology, the integrated analysis was developed considering the characterization of the elements of the environmental systems, the analysis of the morphometric characteristics of the watershed, the evaluation of occupation processes and the mapping of vegetation types in the region and around the stream under investigation. . The morphometric analysis revealed that the watershed follows a dendritic drainage pattern, with low branching, a straight water course, an elongated shape, relief with little variation, reduced drainage density, low slope slopes and a lower susceptibility to flooding. As for the predominant uses and occupations, they include small properties for recreational purposes, subsistence agriculture, fish farms, livestock farming and grain cultivation. The water quality of the stream is considered excellent for recreation and suitable for human supply. Furthermore, the research addressed the issue of maximum grantable flows, comparing variable values throughout the year, based on reference flows Q90 and Q95, in contrast to the traditional approach of constant values throughout the year. This analysis considered fluviometric data from the study region, pointing to the need to consider seasonality in water availability in springs. Briefly, this study addressed the assessment of available water in the Igarapé Água Boa de Cima microbasin in a comprehensive manner, considering both aspects related to the average quantities of available water and the interactions between land use and water resources. The results have significant implications for environmental management and sustainability in the region, contributing to informed decisions about water use and awareness of the importance of sustainable practices to preserve water resources for current and future generations. Therefore, the study provided a comprehensive view of the watershed, its physical environment, hydrological characteristics and the importance of considering seasonal variation in water resource management.

Keywords: Hydrology, Geomorphology, Permanence curve, Reference flow, Grant, Maximum grantable flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de representação de uma região que limita canais fluviais formadores de uma Bacia Hidrográfica.....	34
Figura 2 – Mapa elaborado a partir da interpretação visual da Imagem OLI do Landsat 8 de 13/03/2022, banda 5, mostrando a Localização da área de estudo – Microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento.....	41
Figura 3 – Mapa de solos da bacia do igarapé Água de Cima.....	43
Figura 4 – Região da microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento – Boa Vista/RR	44
Figura 5 – Etapas do desenvolvimento do estudo.....	50
Figura 6 – Localização da área de estudo – Microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento.....	53
Figura 7- Amostra de pontos levantados na visita de campo.....	54
Figura 8 - Afluentes do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento.....	64
Figura 9 – Mapa de cobertura da terra do Igarapé Água Boa de Cima.....	65
Figura 10 – Ocupação próximo as margens do Igarapé Água Boa de Cima.....	66
Figura 11 - Vegetação de savanas parque da região, presente no trecho próximo ao encontro com o Rio Branco.....	67
Figura 12 – Vegetação de savanas parque da região natural da região do Bom Intento.....	67
Figura 13 – Vegetação de mata ciliar presente na região, ao entorno do Igarapé Água Boa de Cima	68
Figura 14 – Solo exposto causado por propriedades para o lazer/balneários, para agricultura de subsistência, fazendas de piscicultura, pecuária e plantio de grãos.....	69
Figura 15 – Corpo hídrico da região coberto por algumas vegetações presentes em alguns trechos do Igarapé Água Boa de Cima.....	70
Figura 16 – Corpo hídrico da região, e algumas lagoas presentes nos tempos de cheia que aforam no inverno.....	70
Figura 17 – Corpo hídrico coberto pela vegetação da região presente em alguns trechos do Igarapé Água Boa de Cima.....	71
Figura 18 – Área de plantação/pastos da região em crescimento devido o agronegócio no estado.....	71
Figura 19 – Área de plantação/pastos da região ao entorno do igarapé e seus	

afluentes.....	72
Figura 20 – Mapa da saúde da vegetação com extração de corpos hídricos do Igarapé Água Boa de Cima.....	73
Figura 21 – Vegetação característica e corpo hídrico de águas claras da região.....	73
Figura 22 – Mapa de vegetação do igarapé água boa de cima.....	74
Figura 23 – Vegetação da região próxima ao encontro do Rio Branco.....	75
Figura 24 - Vegetação característica a beira do rio Branco na foz do Igarapé Água Boa de Cima.....	75
Figura 25 – Hidrógrafa da série completa – 1977 a 2014.....	80
Figura 26 – Comportamento das vazões de referencia das séries hidrológicas.	81
Figura 27 – Análise estatística para a vazão de referência mais restritiva da série histórica em estudo.	83
Figura 28 – Curva de permanência das vazões de referências completa para a série estudada..	84
Figura 29 – Curva de permanencia das vazões de referências anos 1977 a 1987.....,,,	85
Figura 30 – Curva de permanencia das vazões de referências anos 1987 a 1997.	86
Figura 31 – Curva de permanência das vazões de referências anos 1997 a 2007.....	86
Figura 32 – Curva de permanência das vazões de referências anos 2007 a 2014.	87
Figura 33 – Hidrográfa da vazão de referência ano 2014.	88
Figura 34 – Comportamento das vazão de referência do ano 2014.	89
Figura 35 – Curva de permanencia das vazão de referência ano 2014.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica e demandas por estado no Brasil.....	29
Tabela 2 - Produção hídrica das grandes bacias hidrográficas brasileiras.....	30
Tabela 3 - Algumas características fisiográficas da bacia hidrográfica do Igarapé Água Boa de Cima, da região do Bom Intento.....	62
Tabela 4 - Área em km ² e porcentagem de cada classificação presente no mapa de cobertura do solo da microbacia do Igarapé Água Boa de Cima.....	65
Tabela 5 - Vazões de referências para critérios de outorgas para a série histórica completa....	76
Tabela 6 - Vazões outorgáveis da série histórica completa e dos períodos de 10 em 10 anos...	82
Tabela 7- Vazões outorgáveis da série histórica ano 2014.....	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Regulamentação das outorgas e vazões de referência nos Estados Brasileiros.....	20
Quadro 2 - Distribuição dos países segundo os níveis potenciais de disponibilidade hídrica e de uso para o ano de 2000 (m ³ /hab/ano)	25
Quadro 3 - Países com déficit hídrico (disponibilidade hídrica inferior a 500 m ³ /ano/hab) ou estresse hídrico (disponibilidade entre 500 e 1000 m ³ /ano/hab) nos anos de 1990 e 2025.....	27
Quadro 4 – Fisiografia da área da pesquisa – Boa Vista/RR.....	45
Quadro 5 – Materiais necessários para a elaboração do estudo.....	49
Quadro 6 – Codificação utilizada na interpretação.....	56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. OBJETIVOS	17
1.1.1. Objetivo geral.....	17
1.1.2. Objetivos específicos.....	17
2.0. REFERENCIAL TEÓRICO- METODOLÓGICO	18
2.1 VAZÕES DE REFERÊNCIAS	18
2.1.1 Curvas de permanências	21
2.2 DISPONIBILIDADE E DEMANDA HÍDRICA	22
2.3 DISPONIBILIDADE HIDRICA GLOBAL.....	24
2.3.1 Disponibilidade hídrica por país	25
2.3.2 Disponibilidade hídrica no Brasil.....	28
2.4. ANÁLISE GEOAMBIENTAL NO RECURSO HÍDRICO	31
2.4.1 Bacias Hidrográficas	32
2.5 LEGISLAÇÃO E GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	35
2.6 OUTORGA DE USO DA ÁGUA	36
3. MATERIAL E MÉTODO	40
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.1.1. Localização e acesso	40
3.1.2 Aspectos fisiográficos	42
3.1.3 Morfometria da área de estudo	47
3.2. MATERIAIS	49
3.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	50
3.3.1 Levantamento Bibliográfico	51
3.3.2 Processamento das imagens de sensoriamento remoto com aplicação da classificação supervisionada para elaboração do mapa de cobertura da terra.	51
3.3.3 Levantamento de Campo	53
3.3.4. Levantamento pós-campo	55
3.3.5 Metodologia para a elaboração dos mapas	55
3.3.6 Metodologia utilizada na elaboração do mapa de saúde da vegetação.....	57
3.4 DADOS DE VAZÕES REFERÊNCIAS e CURVA DE PERMANÊNCIA	58
3.5 CRITÉRIOS DE OUTORGAS	60
3.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA ÁREA DE ESTUDO	61

4.2 ASPECTOS FÍSICOS AMBIENTAIS DA REGIÃO E AS FORMAS DE COBERTURA DO SOLO	64
4.2.1 Mapa de Cobertura da terra	64
4.2.2 Vegetação e corpo hídrico	72
4.2.3 Vegetação da área de estudo.....	74
4.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DE CIMA PARA CRITÉRIO DE OUTORGA COM BASE NAS VAZÕES DE REFERÊNCIAS	76
4.3.1 Hidrógrafa da série história completa do período em estudo.....	77
4.3.2 Comportamento Hidrológico das vazões de referências para o último ano da série - 2014	87
4.3.2.1 Vazões de referência para o último ano da série – 2014	88
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS	94

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos principais recursos utilizados pelo homem na sua sobrevivência. É um elemento essencial a vida. A sua qualidade e oferta condicionam a saúde, o bem estar da população e favorece ao desenvolvimento econômico e social. Contudo, o bem estar de uma comunidade é proporcional às boas condições dos recursos hídricos e não somente as quantidades de reservas hídricas do local. A disponibilidade de recursos hídricos no Estado de Roraima, não é muito diferente de outras regiões brasileiras. Principalmente, nas regiões rurais onde os recursos hídricos estão bastante comprometidos sob o ponto de vista hídrico e sanitário. Nessas áreas, o crescimento populacional ocorreu sem planejamento, resultando na contaminação da água por resíduos humanos e poluentes provenientes da agricultura. Na zona rural e na periferia das cidades é comum para as famílias o uso de poços para suprir as necessidades de abastecimento de água. Em geral, estas famílias não contam com serviços de água tratada e coleta de esgotos. Os efluentes são lançados em fossas ou diretamente no ambiente.

O Brasil é o país mais rico em água potável, com mais de 8% das reservas mundiais, concentrando 18% do potencial de água de superfície do planeta e, 53% da água doce da América do Sul. Essa imensa quantidade de água é resultado da extensão territorial, somada ao regime climático, predominantemente equatorial e tropical úmido, com precipitações médias anuais de 1.000 a 3.000 milímetros por ano em mais de 90% do território (HIRATA, 2003). Apesar da situação aparentemente favorável observa-se, no Brasil, uma enorme desigualdade regional na distribuição dos recursos hídricos. Quando se comparam essas situações com a abundância de água da Bacia Amazônica, que corresponde a 80% das reservas de água brasileira, com a região Nordeste com 3,3%, deixam-se claras as desigualdades. Porém, quando se considera, em lugar de disponibilidade absoluta de recursos hídricos renováveis, o percentual relativo à população que dela é dependente, o Brasil deixa de ser o primeiro e passa ao vigésimo terceiro no mundo (UNIVERSIDADE DA ÁGUA, 2012).

Savana ou cerrado, como é conhecido no Brasil, é um tipo de bioma característico das regiões de clima tropical, quente e úmido. A vegetação típica do cerrado é rasteira, com árvores esparsas, arbustos e plantas gramíneas (grama). O maior bloco contínuo de savanas do extremo norte da Amazônia brasileira está situado no estado de Roraima e é conhecido regionalmente como lavrado. Pela classificação de biomas e eco regiões que o Ministério do Meio Ambiente

do Brasil adota para todo o território nacional, este conjunto paisagístico pertence a eco região das “Savanas da Guiana” que está contida no Bioma Amazônia (FERREIRA, 2001), situado entre os limites internacionais do Brasil, Guiana e Venezuela com mais de 60.000 km² onde o lado brasileiro é quase que totalmente restrito à Roraima, detendo mais de 70% (43.358 km²) de todo este complexo (CAMPOS; PINTO; BARBOSA, 2008). Trata-se de um ecossistema único, sem correspondente em outra parte do Brasil, com elevada importância para a conservação da biodiversidade, de recursos hídricos e de outros serviços ambientais amazônicos.

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

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

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

A Região do Bom Intento, está inserida na região central do estado de Roraima, com área total de 275,83 km², com ênfase nas proximidades do igarapé Água Boa de Cima que tem uma extensão de 32,19 km. O igarapé Água Boa de Cima desagua no rio Branco, principal rio do Estado de Roraima. As águas do igarapé são claras, transparentes e com pouquíssimos sedimentos.

A análise propõe realizar um estudo no sentido de avaliar a disponibilidade hídrica da microbacia do Igarapé Água Boa de Cima com ênfase nos valores de vazões médias de referência para critério de outorga e nas análises das classes da cobertura do solo.

Para gerenciar efetivamente os recursos hídricos, com foco na utilização racional da água, redução de conflitos decorrentes de usos múltiplos e apoio ao planejamento de políticas públicas, é essencial compreender as disponibilidades hídricas em uma região ou bacia hidrográfica. Se houver conflitos existentes ou potenciais relacionados ao uso da água, é crucial conhecer as disponibilidades hídricas para melhor alinhar seus usos diversos e mitigar o risco de conflitos.

A decisão de abordar este tema foi motivada pela importância fundamental da disponibilidade hídrica para manter o equilíbrio dos ecossistemas e garantir a sustentabilidade das atividades humanas. A microbacia do Igarapé Água Boa de Cima representa um cenário oportuno para estudar a interação entre vazões de referência para outorgas e o uso do solo, uma vez que essa região é sensível às flutuações hidrológicas e pressões antropogênicas. Investigar a disponibilidade hídrica nesse contexto específico pode fornecer informações valiosas para a gestão responsável dos recursos hídricos, considerando as complexidades da relação entre o meio ambiente e as atividades humanas.

A disponibilidade hídrica do Igarapé Água Boa de Cima, é de extrema importância para a gestão sustentável dos recursos hídricos. Logo a disponibilidade hídrica é um fator determinante para a qualidade de vida das comunidades locais, a preservação dos ecossistemas aquáticos e a viabilidade de atividades econômicas. Compreender as vazões de referência para critérios de outorga é essencial para evitar a sobre-exploração e garantir a preservação dos cursos d'água. Além disso, o mapeamento da cobertura do solo permite identificar áreas sensíveis à degradação, auxiliando na implementação de medidas de conservação.

No âmbito técnico, o projeto contribuirá com dados científicos que embasam a tomada de decisões relacionadas à gestão de recursos hídricos na microbacia. Isso possibilitará a implementação de políticas mais eficazes para o uso responsável da água e a preservação dos ecossistemas aquáticos. Socialmente, o projeto impacta positivamente as comunidades locais ao promover a conscientização sobre a importância da conservação hídrica. Isso resulta em benefícios diretos para a qualidade da água consumida, bem como para a mitigação de impactos

das enchentes e secas. Academicamente, o projeto contribui para o conhecimento científico ao investigar a relação entre vazões de referência e o uso do solo. Os resultados podem ser relevantes para estudos futuros e enriquecem o entendimento sobre a interação entre fatores naturais e humanos em bacias hidrográficas.

A escolha da área de estudo é justificada pela relevância ecológica e socioeconômica que ela possui. A região selecionada desempenha um papel crucial na conservação da biodiversidade e no fornecimento de serviços ecossistêmicos essenciais. Além disso, a área enfrenta desafios significativos em termos de uso sustentável dos recursos hídricos devido à interação entre atividades humanas e ecossistemas naturais. Ao examinar essa região, podemos obter insights valiosos sobre a dinâmica dos recursos hídricos, a influência das atividades humanas e as possibilidades de gerenciamento eficaz. Por meio dessa pesquisa, será possível contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais informadas e sustentáveis para a gestão dos recursos hídricos nessa área específica.

Em suma, avaliar a disponibilidade hídrica da microbacia do igarapé Água Boa de Cima, localizado no município de Boa Vista – RR é de grande relevância para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da região, bem como para o avanço do conhecimento acadêmico na área de recursos hídricos.

1.1. OBJETIVOS

A fim de analisar a microbacia do igarapé Água Boa de Cima foram estabelecidos os seguintes objetivos.

1.1.1. Objetivo geral

- Avaliar a disponibilidade hídrica da microbacia do igarapé Água Boa de Cima com ênfase nos valores de vazões médias de referência para critério de outorga e nas análises das classes da cobertura do solo.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar as características morfométricas da microbacia de estudo para conhecer o comportamento hidrológico;

- Caracterizar os aspectos físicos ambientais da região com ênfase a identificar as formas de cobertura do solo.
- Avaliar a disponibilidade hídrica da microbacia do igarapé Água Boa de Cima para critério de outorga nesta região com base nas vazões de referências;
- Mostrar a vazão de referência mais viável para a microbacia do igarapé Água Boa de Cima para critério de outorga;

2.0. REFERENCIAL TEÓRICO- METODOLÓGICO

A seguir, serão expostas as definições e conceitos que guiaram o escopo deste estudo.

2.1 VAZÕES DE REFERÊNCIAS

O regime hidrológico exibe uma notável diversidade, caracterizada pela flutuação das vazões dos rios em momentos de enchentes e estiagens. Assim sendo, a determinação das vazões de referência assume um papel crucial na viabilização eficaz da outorga como ferramenta de gestão hídrica, como ressaltado por diversos especialistas.

Segundo Smith et al. (2018), a compreensão das variações nas vazões dos rios ao longo do tempo é essencial para uma alocação sustentável dos recursos hídricos, garantindo o equilíbrio entre as demandas humanas e a conservação dos ecossistemas aquáticos.

De acordo com Jones (2020), a implementação efetiva da outorga de água depende da definição precisa das vazões de referência, que estabelecem os limites para a retirada de água, contribuindo para evitar a exaustão dos recursos hídricos e para a manutenção da saúde dos sistemas fluviais.

As vazões de referência representam o ponto máximo até o qual a água pode ser aproveitada em um corpo d'água. No contexto brasileiro, essas vazões estão intrinsecamente ligadas às características únicas de cada bacia hidrográfica em que se encontram, resultando na adoção de distintos padrões. (SANTOS et al, 2011).

De acordo com a definição presente na Resolução ANA nº 467, a vazão de referência é aquela que estabelece um parâmetro para a determinação da vazão máxima instantânea outorgável,

constituída por duas partes: uma fração destinada a outorgas e outra fração que deve ser mantida no rio para atender a usos múltiplos (Brasil, 2006).

Conforme Ribeiro (2000), a vazão de referência determina a magnitude da vazão que simboliza o ponto máximo de exploração da água em um corpo d'água e desempenha um papel fundamental como um dos principais obstáculos na efetivação de um sistema de outorga.

Para Tucci (2007), uma das vazões de referência para a estimativa de vazões mínimas é a $Q_{7,10}$, que é a vazão de sete dias de duração com dez anos de recorrência. A $Q_{7,10}$ indica uma situação de estado mínimo. Esta vazão mínima espelha o comportamento da contribuição dos aquíferos ao escoamento de base dos rios, em períodos climáticos secos, neste caso, fixa-se a duração de sete dias porque deste modo tem-se um intervalo de tempo que abrange as variações de consumo de dias úteis e finais de semana, possibilitando que os reservatórios absorvam os impactos das variações ocorridas durante a semana. O tempo de retorno é definido como sendo de dez anos pois representa uma probabilidade de 10% de que a vazão fique abaixo do valor mínimo, o que se julgou aceitável (MENDES, 2007).

Para o cálculo da $Q_{7,10}$ é recomendada a obtenção de séries históricas com pelo menos trinta anos de registros de vazões diárias. Nos meses de estiagem é importante que não haja falhas nos dados, visto que isto pode prejudicar os resultados. A $Q_{7,10}$ tem caráter bastante restritivo pois reflete uma situação de severa escassez, mas, ainda assim, alguns estados fixam como máxima vazão outorgável apenas uma porcentagem da $Q_{7,10}$, assumindo uma postura mais conservadora (MENDES 2007).

Geralmente, são utilizadas como vazão de referência a Q_{90} (vazão de permanência) ou a $Q_{7,10}$ (vazões mínimas). Cada estado fixa a vazão de referência como o máximo outorgável para os usos e a parcela restante é destinada a manutenção do meio biótico - vazão ecológica (MENDES, 2007).

As vazões mínimas de referência desempenham um papel crucial na gestão da outorga de diluição. Esse processo envolve o cálculo da média das vazões de sete dias consecutivos durante períodos de estiagem com uma recorrência de dez anos. Nesse contexto, a determinação da estatística de vazão mínima é realizada por meio do ajuste de distribuições estatísticas como Gumbel, Weibull, entre outras. A vazão de permanência, por sua vez, representa aquela cuja

probabilidade de ser superada é de 90%, e essa porcentagem de tempo é denominada como "garantia". Quando essa garantia não é alcançada, esse período é referido como "risco".

Segundo Mendes (2007), a Q90% é uma vazão de permanência, ou seja, reflete a vazão que é igualada ou superada 90% do tempo. A determinação de vazões de permanência também é feita a partir de registros de vazão diária e é preferível que se tenha uma série histórica representativa e com a menor ocorrência de falhas possível.

Tem-se também a vazão Q50%, considerada a mediana das vazões. É a vazão extraída da curva de permanência cuja probabilidade de ser igualada ou superada é de 50% (JUNIOR, 2003). É importante destacar que a Q50% é diferente da vazão média. Para Souza, Santos e Kobiyama, (2009), a vazão média é superior a Q50%, devido ao alto valor de vazões máximas.

A vazão mediana do mês de menor vazão do ano é utilizada no método da Vazão Aquática de Base para estabelecer a vazão ecológica, ou seja, a vazão necessária para estabelecer os requerimentos mínimos de vazões em rios. Este método define este valor como o fluxo de base de rio (BENETTI, 2003).

A vazão de referência estabelece o valor de vazão que representa o limite superior de utilização da água em um corpo hídrico e é, também, uma das principais barreiras à implementação de um sistema de outorga (RIBEIRO, 2000).

A Agência Nacional de Águas (ANA) incorporou o princípio de seguir as diretrizes estabelecidas pelas resoluções dos comitês de Bacia Hidrográfica no processo de concessão de outorgas para o uso de recursos hídricos. Contudo, em áreas onde as bacias não possuem regulamentações particulares, a ANA define um teto máximo para a outorga de usos consuntivos, estabelecendo-o como 70% do valor Q95. Importante notar que essa cifra pode apresentar variações específicas para distintas regiões geográficas do país (MENDES, 2007).

Conseqüentemente, as vazões utilizadas como referência para a concessão de direitos de uso das águas são estabelecidas com base nos valores mínimos de vazão. O quadro 1 ilustra as vazões de referência que foram adotadas nos diversos estados brasileiros. De acordo com Tucci (2002), as vazões mínimas correspondem aos valores mais baixos observados em séries históricas ou que não satisfazem as exigências de demanda.

Quadro 1 - Regulamentação das outorgas e vazões de referência nos Estados Brasileiros

Estado	Órgão outorgante	Vazão de Referência
AL	CERH-AL	Q ₉₀
BA	SHR-BA	Q ₉₀
CE	SHR-CE	Q ₉₀
ES	IEMA-ES	Q ₉₀
GO	SEMARH-GO	Q ₉₅
MA	SEMA-MA	Q ₉₀
MG	IGAM-MG	Q _{7,10}
MT	SEMA-MT	Q ₉₅
PB	AESA-PB	Q ₉₀
PE	APAC-PE	Q ₉₀
PI	SEMAR-PI	Q ₉₅ e Q ₉₀
PR	Instituto Águas do Paraná	Q ₉₅
RJ	SERLA-RJ	Q _{7,10}
RN	SERHID-RN	Q ₉₀
SE	DAEE-SP	Q _{7,10}
TO	NATURATINS-TO	Q ₉₀

Fonte: SANTOS; CUNHA (2013)

A vazão de referência Q_{7,10}, utilizada nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Sergipe, é conceituada como a vazão que simboliza os valores mínimos consecutivos ao longo de um período de 7 dias, dentro de um intervalo de recorrência de 10 anos. Além disso, os parâmetros Q₉₅ e Q₉₀, extraídos da curva de permanência, representam a fração de tempo durante a qual a vazão é alcançada ou superada em 95% e 90%, respectivamente (SOUZA, 2011).

2.1.1 Curvas de permanências

As curvas de permanência relacionam a vazão dos corpos d'água e sua permanência no intervalo de tempo, em que sua vazão se encontra maior ou igual ao período analisado (TOMASELLA, 2005). Segundo Tucci (2002), para elaboração da curva de permanência torna-se necessários definir o tipo de variável: vazão e nível de água. Utiliza-se a vazão quando deseja-se conhecer a disponibilidade hídrica e o nível de água é usualmente utilizada para navegação. Outros tópicos importantes de conhecimento para elaboração da curva são o intervalo de tempo variável, usualmente utilizado o diário e o período dos dados em que a curva representa, período esse geralmente definido pelos anos de dados disponíveis.

As curvas de permanência de vazão podem ser obtidas através de duas hipóteses. A primeira hipótese considera o cálculo da frequência pelo processamento de toda a série histórica de vazões, isto é, uma curva seria gerada para cada mês, com os dados diários respectivos. Assim, uma vazão de permanência não seria necessariamente igual para diferentes meses. Já a segunda considera a hipótese de que em cada ano ocorre um evento hidrológico independente, dessa forma o cálculo de uma curva de permanência deverá ser realizado para cada ano, segundo (CRUZ, 2001).

2.2 DISPONIBILIDADE E DEMANDA HÍDRICA

Dois principais elementos são essenciais para a formulação da concessão de uso da água: a disponibilidade hídrica e a demanda hídrica. A disponibilidade hídrica é avaliada por meio de registros históricos de fluxos de água, nos quais são estabelecidos os níveis de vazão de referência, enquanto as demandas são documentadas por meio das solicitações feitas ao órgão regulador (DA SILVEIRA, ROBAINA, *et al.*, 1998).

Para uma gestão sustentável dos recursos hídricos se observa imprescindível o conhecimento sobre a disponibilidade hídrica e fatores ecológicos em comparação com fatores administrativos, econômicos e políticos (BULLER, 1996; DE QUEIROZ e DE OLIVEIRA, 2013). Segundo Amorin Júnior (2014) a disponibilidade hídrica é uma informação básica de apoio para a outorga de direito de uso da água.

Um sistema de recursos hídricos, como uma bacia hidrográfica, apresenta uma saída de água que flutua ao longo do tempo. Além disso, essa saída de água varia em diferentes regiões dentro da mesma bacia (CRUZ; SILVEIRA, 2007). A disponibilidade de água pode ser compreendida como o volume total dessa saída, uma vez que uma parte é utilizada pela sociedade para fins de desenvolvimento, enquanto outra parte é retida na bacia para preservar a integridade ecológica e ambiental. Isso também atende a necessidades como navegação, lazer e recreação, que não exigem a extração direta da água.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019) a disponibilidade hídrica é:

A estimativa da quantidade de água ofertável aos mais diversos usos, que para fins de gestão, considera um determinado nível de garantia. No caso adotado pela ANA, a disponibilidade nos trechos de rio corresponde à vazão de referência (ou de estiagem)

Q_{95} (vazão que passa no rio em pelo menos 95% do tempo). Nos trechos sob influência de reservatórios, a disponibilidade é estimada de forma específica, tal que a jusante da barragem adota-se a vazão mínima defluente do reservatório somada às contribuições de vazões Q_{95} que afluem a partir dali. Já no lago do reservatório adota-se a vazão regularizada com 95% de garantia deduzida da vazão defluente. No lago dos reservatórios operados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), é desconsiderada a capacidade de regularização, adotando-se apenas a vazão Q_{95} do local das barragens.

A disponibilidade hídrica para outorga está vinculada a certa garantia, compatível com a responsabilidade intrínseca do poder outorgante, frente aos direitos concedidos aos usuários junto à outorga (TUCCI, 2001; CRUZ; SILVEIRA, 2007). Além disso, a disponibilidade não se refere apenas à quantidade de água, mas às condições relativas aos parâmetros qualitativos, que podem indicar maior ou menor capacidade de diluição de poluentes.

Conforme De Moura (2007) a disponibilidade hídrica e disponibilidade hídrica para outorga podem ter conceitos distintos. A disponibilidade hídrica é o total de vazão ao longo do ano, na medida que parte dela é utilizada nas demandas dos usos consuntivos e não consuntivos; e a outra parte é mantida em forma de vazão ecológica no rio. Por outro lado, a disponibilidade hídrica para outorga é a vazão que atende uma parcela de garantia compatível com a responsabilidade intrínseca do poder outorgante frente aos direitos consentidos aos usuários na outorga.

Adicionalmente, a disponibilidade hídrica não está limitada somente aos aspectos quantitativos da água, mas também engloba considerações qualitativas. Em certos cenários, a capacidade do corpo d'água para diluir poluentes pode estar prejudicada, mesmo quando há fluxo suficiente para atender às demandas dos usuários (CRUZ, 2001).

A demanda é dependente de uma série de fatores demográficos, econômicos, tecnológicos, sociais, políticos e de desenvolvimento regional. Em uma bacia que irá iniciar o processo de outorga, o primeiro passo é a realização de um cadastro detalhado sobre os usuários da água (CRUZ, 2001; CRUZ; SILVEIRA, 2007).

Os conflitos entre as disponibilidades hídricas e as demandas hídricas são resultado do desenvolvimento econômico das regiões e da falta de adoção de estratégias de gestão do recurso hídrico. A estimativa correta das vazões de referência de forma a haver a conservação dos corpos d'água e a gestão integrada dos usos são alternativas a problemática (LIMA, 2004; LANNA, 1993).

2.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA GLOBAL

A disponibilidade hídrica mundial refere-se à quantidade de água doce disponível para uso em uma determinada região. Ela é influenciada por fatores climáticos, geográficos, populacionais e de gestão hídrica. A água doce está presente em rios, lagos, aquíferos subterrâneos e outros reservatórios naturais. Várias regiões enfrentam desafios significativos em relação à disponibilidade hídrica. Mudanças climáticas, aumento da demanda devido ao crescimento populacional e atividades industriais, além da poluição e má gestão dos recursos hídricos, têm impacto na quantidade e qualidade da água doce disponível.

Regiões áridas e semiáridas, como o Oriente Médio e partes da África, frequentemente sofrem com a escassez de água. Um exemplo é a crise hídrica no Oriente Médio, onde a demanda por água excede significativamente a oferta disponível devido ao aumento populacional e ao uso intensivo para irrigação.

Por outro lado, algumas regiões, como partes da América do Sul e Sibéria, possuem abundância de recursos hídricos devido a altos níveis de precipitação. No entanto, mesmo nessas áreas, a má gestão da água pode levar a problemas como inundações sazonais.

Além das variações regionais, a disponibilidade hídrica também é afetada por questões transfronteiriças, já que muitos rios e bacias hidrográficas atravessam fronteiras nacionais. Isso pode levar a disputas sobre a distribuição equitativa dos recursos hídricos entre países.

De acordo com Rebouças 1999, o ciclo hidrológico libera cerca de 41.000 km³/ano de água doce, enquanto as demandas em 2000 representaram apenas 11% desse total. Com base nesses números, não parece haver escassez global de água, já que cada habitante teve acesso a 6.000 a 7.000 m³/ano nos rios. Isso é 6 a 7 vezes mais do que a quantidade considerada razoável pela ONU (1.000 m³/hab/ano). É importante notar, no entanto, que esses recursos potenciais estão distribuídos de maneira desigual no espaço. Isso é evidente ao analisar as vazões dos rios em relação às zonas climáticas. Nas áreas intertropicais úmidas e temperadas, por exemplo, as descargas dos rios contribuem com 98% do total mundial.

Essa desigualdade se acentua considerando as descargas de rios por país. Avaliar o potencial de água por habitante ou reservas sociais de cada país ajuda a equilibrar as diferenças de

densidade populacional. Essas relações refletem a abundância ou escassez de água nos países de forma mais precisa do que as métricas globais. No entanto, a distribuição de água entre indivíduos dentro de um país é mais desigual do que entre os países, devido ao impacto do desenvolvimento humano, especialmente em nações continentais (REBOUÇAS, 1999).

2.3.1 Disponibilidade hídrica por país

Com base na população de 1995, os países se dividem em classes, variando de muito pobres em água doce (<500m³/hab/ano) a muito ricos (>100,000m³/ano/hab). Os níveis de consumo variam de muito baixo (<100m³/ano/hab) a muito alto (>2000m³/ano/hab). A quadro 2 mostra a distribuição dos países de acordo com a disponibilidade hídrica potencial e os usos em 2000 (m³/hab/ano). O quadro 3 lista países com escassez (disponibilidade inferior a 500 m³/ano/hab) ou estresse hídrico (disponibilidade entre 500 e 1000 m³/ano/hab) em 1990 e 2025 (REBOUÇAS, 1999).

Observa-se no Quadro 2 que o Brasil é considerado rico em disponibilidade hídrica, com baixa demanda. Os dados sugerem que o Brasil poderá atender ao aumento da demanda devido ao crescimento populacional e melhor qualidade de vida. Notavelmente, países com melhor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) apresentam níveis moderados a altos de uso dos recursos hídricos, conforme indicado no Quadro 2.

Quadro 2. Distribuição dos países segundo os níveis potenciais de disponibilidade hídrica e de uso para o ano de 2000 (m³/hab/ano).

DISP. HÍDRICA NIVEIS USO	MUITO POBRE < 500	POBRE 500 -1000	REGULAR 1000-2000	SUFICIENTE 2000 -10000	RICO 10000-100000	MUITO RICO > 100000
MUITO-BAIXO < 100	Bahamas Malta Singapura	Quênia	Buquina Faso Etiópia	CostaMarfim Gana Nigéria Tanzânia	Angola Camarões Chade Congo Indonésia Vietnã Zaire	Gabão Papua

BAIXO 100 -500	Argélia E. Árabes Gaza Iemem Israel Jordânia Quatar Tunísia	CaboVerde	África do Sul Haiti Líbano Marrocos Omã Polônia R.Tcheca Senegal Somália Zimbábue	Belaros China	Áustria Bangladesh Bolívia BRASIL Colômbia Mali Suécia Venezuela	Guiana- Francesa Islândia
MODERADO 500-1000	Arábia Saudita Líbia		Bélgica Chipre Ucrânia	Alemanha Cuba Espanha França Holanda Índia Itália Japão México Peru Síria Sudão Suíça Reino Unido Turquia	Albânia (Iugoslá- via) Malásia N.Zelân- dia Rússia	
ALTO 1000-2000		Egito	Paquistão	Afeganistão Bulgária EUA Filipinas Irã	Argentina Austrália Canadá Chile Madagas- car	
MUITO ALTO > 2000		EUA(baixo Colorado)		Azerbaijão Cazaquistão Iraque Osbequistão	Turquistão EUA (Colorado)	Sibéria (Rússia) Suriname

Fonte: Águas Doce do Brasil, 1999.

O Quadro 3 exibe a lista dos países que enfrentam os maiores desafios em termos de disponibilidade hídrica, tanto no momento atual quanto nas projeções para o ano de 2025.

Quadro 3 - Países com déficit hídrico (disponibilidade hídrica inferior a 500 m³/ano/hab) ou estresse hídrico (disponibilidade entre 500 e 1000 m³/ano/hab) nos anos de 1990 e 2025.

	País	1990	2025
África	Argélia	750	380
	Burundi	660	280
	Cabo Verde	500	220
	Camarões	2040	790
	Dijibuti	750	270
	Egito	1070	620
	Etiópia	2360	980
	Quênia	590	190
	Lisoto	2220	930
	Líbia	160	60
	Marrocos	1200	680
	Nigéria	2660	1000
	Ruanda	880	350
	Somália	1510	610
	África do Sul	1420	790
	Tanzânia	2780	900
	Tunísia	530	330
América Norte Central			
	Barbados	170	170
	Haiti	1690	960
América do Sul			
	Peru	1790	980
Ásia/Oriente Médio			
	Chipre	1290	1000
	Irã	2080	960

	Israel	470	310
	Jordânia	260	80
	Kuwait	< 10	< 10
	Líbano	1600	960
	Omã	1330	470
	Qatar	50	20
	Arábia Saudita	160	50
	Singapura	220	190
	Emirados árabes	190	110
	Yemen	240	80
Europa			
	Malta	80	80

Fonte: Águas Doce do Brasil, 1999.

O Brasil se destaca globalmente pela significativa descarga de água doce de seus rios. A produção hídrica brasileira (177.900 m³/s) junto com a da Amazônia Internacional (73.100 m³/s) corresponde a 53% da produção de água doce na América do Sul e 12% do total mundial.

Para Rebouças 1999, alguns veem isso como indicativo de abundância de água, o que levou a práticas de desperdício, falta de investimentos em reuso e desvalorização econômica da água. No entanto, a concentração de 80% da produção hídrica em três principais bacias revela o potencial de escassez. A densidade populacional na Amazônia varia de 2 hab/km² a 5 hab/km², com 78% da produção hídrica. Na bacia do rio São Francisco, densidades entre 5 hab/km² e 25 hab/km² contribuem com 1,7%. A bacia do rio Paraná, com densidade entre 25 hab/km² e mais de 100 hab/km², média de 53 hab/km², contribui em cerca de 6%.

2.3.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

Com base nos padrões da ONU (1997), os estados brasileiros têm disponibilidade hídrica classificada como Regular, Suficiente, Rico e Muito Rico. Todos os estados do Norte são Muito Ricos, enquanto a maioria dos estados do Nordeste se enquadra na classe Regular. Importante ressaltar que nenhum estado está em nível de estresse (500 a 1000 m³/hab/ano) ou escassez (menos de 500 m³/hab/ano) de disponibilidade hídrica. No entanto, os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe possuem disponibilidade hídrica

classificada como regular, conforme a Tabela 1, indicando a necessidade de planos diretores de recursos hídricos para essa região.

Tabela 1. Disponibilidade hídrica e demandas por estado no Brasil.

Estados	Potencial Hídrico (km³/ano)	População habitantes	Disponibilidade Hídrica (m³/hab/ano)	Densidade Populacional (hab/km²)	Demanda Total (m³/hab/ano)	Nível de Utilização 1991
Rondônia	150,2	1.229.36	115.538	5,81	44	0,03
Acre	154,0	483.593	351.123	3,02	95	0,02
Amazonas	1.848,3	2.389.279	773.000	1,50	80	0,00
Roraima	372,3	247.131	1.506.488	1,21	92	0,00
Pará	1.124,7	5.510.849	204.491	4,43	46	0,02
Amapá	196,0	379.459	516.525	2,33	69	0,01
Tocantins	122,8	1.048.642	116.952	3,66		
Maranhão	84,7	5.522.183	16.226	15,89	61	0,35
Piauí	24,8	2.673.085	9.185	10,92	101	1,05
Ceara	15,5	6.809.290	2.279	46,42	259	10,63
R. G. Norte	4,3	2.558.660	1.654	49,15	207	11,62
Paraíba	4,6	3.305.616	1.394	59,58	172	12,00
Pernambuco	9,4	7.399.071	1.270	75,98	268	20,30
Alagoas	4,4	2.633.251	1.692	97,53	159	9,10
Sergipe	2,6	1.624.020	1.625	73,97	161	5,70
Bahia	35,9	12.541.675	2.872	22,60	173	5,71
M. Gerais	193,9	16.672.613	11.611	28,34	262	2,12
Esp. Santo	18,8	2.802.707	6.714	61,25	223	3,10
R. Janeiro	29,6	13.406.308	2.189	305,35	224	9,68
São Paulo	91,9	34.119.110	2.209	137,38	373	12,00
Paraná	113,4	9.003.804	12.600	43,92	189	1,41
S. Catarina	62,0	4.875.244	12.653	51,38	366	2,68
R. G. Sul	190,0	9.634.688	19.792	34,31	1.015	4,90
Mat.G. Sul	69,7	1.927.834	36.684	5,42	174	0,44
Mat Grosso	522,3	2.235.832	237.409	2,62	89	0,03
Goiás	283,9	4.514.967	63.089	12,81	177	0,25
Dist.Federal	2,8	1.821.946	1.555	303,85	150	8,56

Brasil	5.610,0	157.070.16	3 35.732	18,37	273	0,71
---------------	---------	------------	----------	-------	-----	------

Fonte. Águas Doce do Brasil, 1999.

A escassez de água no Brasil resulta principalmente da interação entre a crescente demanda localizada (urbana e, às vezes, irrigação) e a degradação da qualidade da água. É vital controlar esses usos. A Tabela 2 lista a produção hídrica das principais bacias hidrográficas brasileiras.

Tabela 2. Produção hídrica das grandes bacias hidrográficas brasileiras.

Região hidrográfica	Área de drenagem (km²)	Vazão média (m³/s)	Vazão específica (L/s/km²)	Porcentagem Brasil (%)
1. Amazonas Brasil	3.900.000	128.900	33,0	72
2. Tocantins	757.000	11.300	14,9	6
(3a) Paraíba-Atlântico Norte	242.000	6.000	24,8	3
(3b) Atlântico Nordeste	787.000	3.130	4,0	1,7
4. São Francisco	634.000	3.040	4,8	1,7
(5a) Atlântico Leste (BA/MG)	242.000	670	2,8	0,3
(5b) Paraíba do Sul	303.000	3.170	12,2	1,8
(6a) Paraná até Foz (Paraná –Brasil)	901.000	11.500	12,8	6,5
(6b) Paraguai Foz do Apá Paraguai - Brasil	485.000	1.770	3,6	1,0
7. Uruguai – foz Quarai Uruguai - Brasil	368.000	1.340	3,6	0,7
8. Atlântico Sudeste	189.000	4.300	22,7	2,4
	178.000	4.040	22,7	2,2
Brasil	224.000	4.570	20,4	2,5
Brasil	8.547.403	177.900	20,9	100
Brasil-Amazons Total	10.724.000	251.000	23,4	140

Fonte. Águas Doce do Brasil, 1999.

2.4. ANÁLISE GEOAMBIENTAL NO RECURSO HÍDRICO

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

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

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

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

A paisagem, com sua estrutura e processos funcionais, pode ser sentida, observada e analisada sob diferentes ângulos, envolvendo aspectos perceptivos, sensoriais e cognitivos. Assim, a paisagem é tudo o que nos rodeia, podendo, deste modo, estar diretamente correlacionada com uma localidade ou uma região (GORAYEB, 2008).

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

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

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

2.4.1 Bacias Hidrográficas

A necessidade do uso dos recursos naturais e conseqüentemente a intensificação dos problemas ambientais, requer ações planejadas com base na capacidade de suporte e vulnerabilidade/fragilidade dos sistemas ambientais. O planejamento ambiental surge como um importante caminho para o gerenciamento dos recursos naturais, tendo por objetivo minimizar os impactos ambientais da ação humana (SILVA, 2012), e deve estar focada também na relação entre o desenvolvimento da produção e o processo de desenvolvimento da sociedade (ROCHA; VIANNA, 2008).

As bacias hidrográficas destacam-se como unidades físico-territoriais que viabilizam as ações de planejamento e gestão ambiental em determinados espaços, priorizando o estabelecimento de propostas voltadas para a preservação dos recursos naturais, a satisfação das necessidades

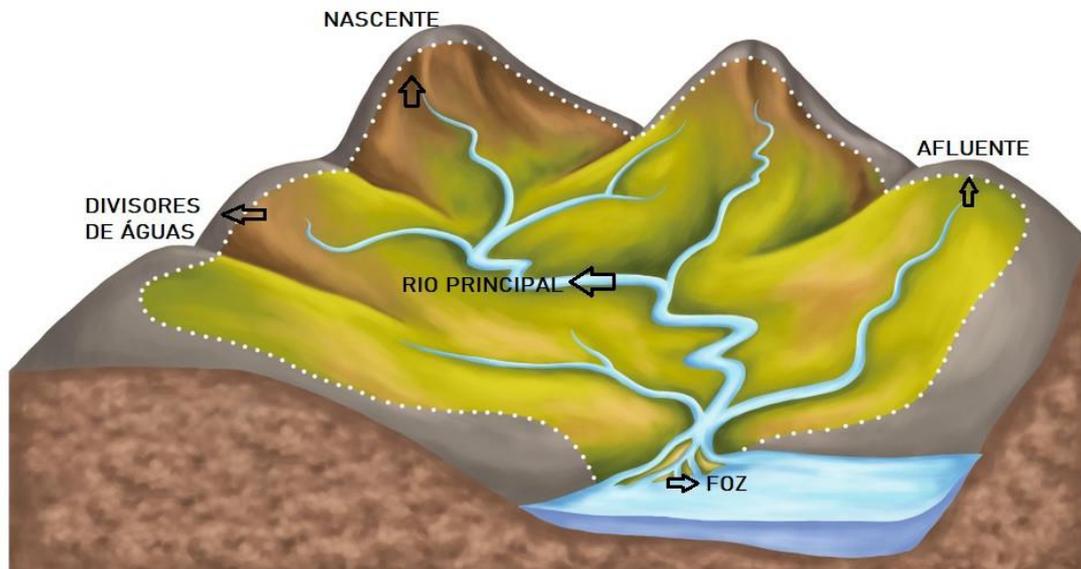
humanas e o desenvolvimento econômico embasados nos princípios da sustentabilidade (FARIAS; SILVA; NASCIMENTO, 2015).

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

Pires e Santos, (1995 apud SILVA, 2012) relatam que no início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visava basicamente a solução de problemas relacionados à água, com prioridade para o controle de inundações, para o abastecimento doméstico e industrial, para a irrigação ou para a navegação. O enfoque principal dessa estratégia continua, em muitos casos, sendo a água, sem atentar para o manejo adequado dos outros recursos ambientais da bacia hidrográfica que também influenciam, quantitativa e qualitativamente, o ciclo hidrológico. Mas, o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas devem incorporar todos os recursos ambientais da área de drenagem da bacia e não apenas o hídrico. Nas bacias hidrográficas estão agregados uma série de aspectos como unidades e características ambientais, atributos naturais e socioeconômicos, os quais, de certo modo, são de fácil caracterização e delimitação. Porém, uma bacia comporta também unidades político administrativas que não coincidem com a delimitação da mesma, que são os municípios, distritos e localidades (FARIAS; SILVA; NASCIMENTO, 2015).

A bacia hidrográfica é tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos, por constituir-se em sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal é medida. Portanto, o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica pode ser avaliado através dos atributos fisiográficos inerentes à sua área e aferido através dos registros fluviométricos (ROCHA; VIANA, 2008). A Figura 1, detalha a informação:

Figura 1 – Modelo de representação de uma região que limita canais fluviais formadores de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Mundo educação (JUL/2023).

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

A Política Nacional do Meio Ambiente promulgada em 1981 é um dos documentos referentes sobre a legislação ambiental brasileira, pois, formulou diretrizes para a avaliação de impactos ambientais, planejamento e gerenciamento, zoneamentos e instituiu o SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente). Em 1986, com a Resolução 001 do CONAMA se criou a obrigatoriedade de estudos de impacto ambiental para cada atividade conforme a legislação (SANTOS, 2004 apud SILVA, 2012).

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

Dessa forma, o planejamento ambiental do território (ou de uma bacia hidrográfica) converte-se em um elemento tanto básico como complementar para a elaboração dos programas de desenvolvimento econômico e social e para a otimização do plano de uso, manejo e gestão de qualquer unidade territorial (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013), o planejamento ambiental pode ser realizado tendo como base a análise integrada da paisagem, compreendida como um conjunto de métodos e procedimentos técnico-analíticos que permitem conhecer e explicar a estrutura da paisagem, estudar suas propriedades, índices e parâmetros sobre a dinâmica, a história do desenvolvimento, os estados, os processos de formação e transformação da paisagem e a pesquisa das paisagens naturais, como sistemas manejáveis e administráveis.

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

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

2.5 LEGISLAÇÃO E GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS

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

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

pelo uso da água. Em alguns estados existe uma paridade entre o poder público, sociedade civil e empresas ou usuários individuais, mas que em outros estados, ou bacias a são composição é somente por usuários, sendo dificultado a presença de outros entes, neste caso, o modelo de negociação é desfigurado e o setor explorador dos recursos hídricos é amplamente favorecido. Concomitante a instituição da PNRH pela Lei nº. 9.433/1997 foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SNGRH), estruturado com a intenção de promover a gestão dos recursos hídricos de forma integrada, participativa e descentralizada (FARIAS, 2015).

A Lei nº 9.433/1997 também estabelece a formação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, o qual tem emitido várias resoluções, algumas das quais se destacam, de acordo com Silva, Reis e Pimenta (2003):

- Resolução nº 5, de 10/04/2000 - Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas;
- Resolução nº 12, de 19/07/2000 – Estabelece procedimentos para enquadramento de corpos de águas em classes;
- Resolução nº 13, de 25/09/2000 - Estabelece diretrizes para implantação do sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos;
- Resolução nº 15, de 11/01/2001 – Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas;
- Resolução nº 16, de 08/05/2001 – Estabelece critérios gerais para a Outorga de direito e uso de recursos hídricos; e,
- Resolução nº 17, de 29/05/2001 – Estabelece diretrizes para elaboração dos planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas.

No âmbito da legislação federal, é relevante mencionar a Resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, a qual trata da classificação e do enquadramento dos corpos d'água, além de estabelecer critérios e padrões para o descarte de efluentes (BRASIL, 2005).

2.6 OUTORGA DE USO DA ÁGUA

Conforme a lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica é a unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento das águas. No qual estabeleceu como um de seus instrumentos (Art. 5º, III) a Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos, a qual constitui o elemento central de controle dos recursos hídricos e indutor do ordenamento dos usos múltiplos.

O estabelecimento dos critérios de outorga de direito de uso das águas segundo Silva e Monteiro (2004), além de estar vinculado à disponibilidade hídrica, é dependente dos sistemas jurídicos. A outorga do uso da água é, portanto, um instrumento essencial ao gerenciamento dos recursos hídricos, pois ela pode possuir aspectos técnicos, legais e econômicos que, se bem articulados, colaboram para o sucesso da implementação de um sistema racionalizado de uso dos mananciais.

De acordo com Collischon (2014) a outorga tem o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo da água, além de garantir o direito do acesso a água. Esta é garantida através de atos administrativos do órgão gestor na qual são estabelecidas condições específicas de captação de água e lançamento de efluentes (COLLISCHONN e LOPES, 2009).

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é caracterizado como um ato administrativo onde o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado o direito de uso dos recursos hídricos por um determinado período, sendo um ato renovável que pode ou não ser suspenso parcial ou totalmente e é um dos seis instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidos no inciso III, do art. 5º da Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997 (FARIAS, 2015).

Essa ferramenta tem como propósito garantir a gestão tanto quantitativa quanto qualitativa das utilizações da água, bem como a efetiva realização dos direitos de acesso aos recursos hídricos (ANA, 2011). A tarifação pelo uso da água atua como um mecanismo educativo, reconhecendo a água como um recurso natural finito, possuidor de valor econômico, proporcionando aos utilizadores uma noção de seu real significado. Isso estimula uma abordagem mais consciente no uso da água e viabiliza fundos para subsidiar programas e intervenções delineados nos planos de recursos hídricos. Os parâmetros gerais da tarifação são estabelecidos pelos Conselhos de Recursos Hídricos (CRH) (LIMA, 2012).

Existem também grandes desafios de articulação e pactuação entre os entes federados visto que a lei previu que a unidade de gestão dos recursos hídricos são as bacias hidrográficas e a Constituição Federal dividiu em cursos d'água. Com isso, em uma única bacia hidrográfica podem existir vários órgãos gestores de recursos hídricos que administram em comum a mesma

disponibilidade hídrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

Conforme evidenciado, há discordâncias entre os autores acerca da eficácia da outorga como método primordial de gestão dos recursos hídricos no Brasil. Diante dessa situação, surge claramente a demanda e a relevância de atualizar e uniformizar os sistemas já estabelecidos no contexto da outorga.

Os rios, frequentemente utilizados como fontes de abastecimento de água para seres humanos, animais e fins agrícolas, têm visto uma crescente adoção da abordagem de vazão de referência Q95 e Q90 por muitos estados e pela Agência Nacional de Águas (ANA) devido à sensibilidade desses usos à escassez hídrica, conforme destacado pela ANA em 2019.

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

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

No âmbito da gestão hídrica, Roraima está atualmente seguindo as diretrizes da legislação federal. A lei nº 547, datada de 23 de junho de 2006, que estabelece a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (RORAIMA, 2007), ainda aguarda regulamentação para entrar em vigor.

Considerando que a Sessão II do Decreto nº 8.123-E de 12 de Julho de 2007 que dispõe sobre as águas superficiais e estabelece:

Art. 16. A disponibilidade hídrica será estabelecida em função das características hidrológicas do local ou da bacia sobre a qual incide a outorga, observando ainda o seguinte:

I - A vazão de referência para fins de concessão de outorga de direito de uso de água superficial deverá ser a Q7,10 ou Q90 ou QL;

II - Na falta de qualquer uma das vazões citadas no inciso I deste artigo, a Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia poderá adotar os seguintes procedimentos para análise e emissão das respectivas outorgas:

a) vazões instantâneas medidas pelo usuário pelo menos nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril que corresponde ao período seco do Estado.

b) apresentação por parte do requerente de declaração de aceite dos usuários a jusante do ponto de captação ou que não existiu conflito pelo uso de águas superficiais no curso d'água nos últimos cinco anos;

c) os prazos de outorga de direito de uso de águas superficiais concedidos com base nas avaliações do inciso II deste artigo terão validade de três anos, prorrogável a critério do órgão gestor de recursos hídricos por igual período.

d) no instrumento da concessão de outorga de direito de uso de águas superficiais com base nas avaliações do inciso II deverão constar obrigatoriamente às vazões com critérios estabelecidos pela Fundação Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia de Roraima.

O estado de Roraima apresenta uma maior flexibilidade quanto à vazão de referência, de modo que a vazão outorgável pode ser 80% da $Q_{7,10}$ (vazão mínima de 7 dias consecutivos e recorrência de 10 anos), ou da Q_{90} ou da Q_{mld} (vazão média de longa duração), conforme (BAZZO et al, 2017). O Art. 17, inciso I, estabelece esse critério. estabelecendo, para o somatório das vazões a serem outorgadas num mesmo curso d'água superficial, os seguintes limites máximos: I - até 80% (oitenta por cento) das vazões de referência das quais trata o artigo 16, inciso I, quando não houver barramento.

A entidade responsável pela gestão hídrica no estado é a Fundação Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia - FEMACT. Essa fundação inclui uma Divisão de Outorga de Recursos Hídricos dentro de sua estrutura, sob a alçada da Diretoria de Recursos Hídricos. Contudo, até o momento, só será divulgado resultados das atividades de gerenciamento desses recursos, mediante solicitação ao órgão responsável.

Em resumo no Brasil, cada estado tem adotado critérios particulares pragmáticos para o estabelecimento das vazões de referência para outorga sem, no entanto, apresentar justificativas da adoção desses valores (Silva et al., 2006). Em geral, utilizam-se as seguintes vazões obtidas dos estudos hidrológicos de cada bacia:

- Q7,10 - Vazão média mínima de sete dias consecutivos com período de retorno de 10 anos;
- Q90 - Vazão com garantia de 90% de permanência dentro da série histórica de dados observada;
- Q95 - Vazão com garantia de 95% de permanência dentro da série histórica de dados observada.

Em bacias com reservatórios e açudes, a vazão de permanência natural se modifica, sendo também chamada de vazão de regularização. A vazão regularizada pode ser entendida como a quantidade média anual de água que pode ser fornecida por um açude com uma determinada segurança de tempo.

3. MATERIAL E MÉTODO

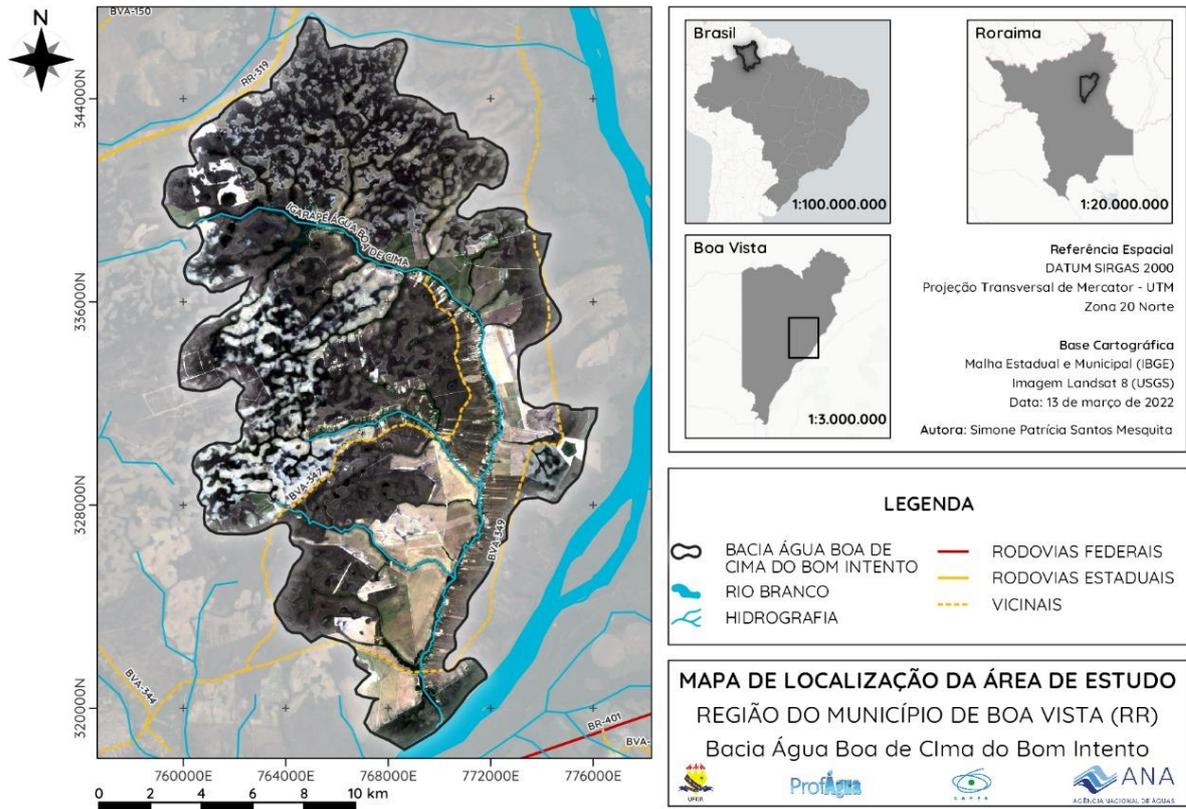
Para a realização dos objetivos, o estudo foi conduzido utilizando o método exploratório de caráter quantitativo e qualitativo, com o propósito de observar e analisar as diferentes formas de cobertura da terra na região do Bom Intento, com ênfase na microbacia do Igarapé Água Boa de Cima. Partiu-se de uma revisão bibliográfica dos temas de maior relevância para o estudo, proporcionados no capítulo do referencial teórico-metodológico, com propósito de situar uma base para as análises e discussões.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1. Localização e acesso

O estudo desenvolveu-se na área da microbacia do igarapé Água Boa de Cima região do Bom Intento, inserida nas coordenadas geográficas: 3° 08' 17,58" N 60° 37' 00,15" W; 2° 52' 41,12" N com 60° 30' 57,69" W, distante a 22 km da cidade de Boa Vista – RR, com acesso pela estrada BVA-349 (margem esquerda) e pela BVA-347 (margem direita). O igarapé Água Boa de Cima apresenta um comprimento de 32,1970 km, partindo da sua nascente que fica próximo à rodovia (RR - 319) de acesso da região do Passarão a até o encontro com a margem direita do rio Branco. A microbacia apresenta uma área total de 275,83 Km² (Figura 02).

Figura 2 – Mapa elaborado a partir da interpretação visual da Imagem OLI do Landsat 8 de 13/03/2022, banda 5, mostrando a Localização da área de estudo – Microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento.



Fonte: Autora (2023).

A Base Cartográfica Contínua do Estado de Roraima na escala de 1:100.000, homologada pelo IBGE (2015) serviu de referência para a elaboração do mapa de localização e demais mapas. A Figura 01, detalha a região da microbacia hidrográfica do igarapé Água Boa de cima do Bom Intento, lócus do estudo, para delimitação dos pontos de amostragem com a finalidade de analisar a demanda x disponibilidade hídrica da microbacia.

A área de estudo foi selecionada devido à sua diversidade geográfica e uso variado da água. Por meio dessa pesquisa, foi possível avaliar o mapa de cobertura do solo para compreender as áreas de maior pressão hídrica e suas mudanças ao longo do tempo. Além disso, as estimativas de vazão de referência da bacia foram analisadas em relação aos critérios de outorga, considerando os diferentes usos observados na área de estudo. Isso proporciona uma visão abrangente das questões relacionadas à disponibilidade e uso sustentável da água nesse contexto específico.

A delimitação da área de estudo foi realizada de forma automatizada usando a ferramenta GRASS no QGIS. Essa abordagem eficiente permitiu calcular a extensão da região com precisão. A ferramenta GRASS possibilita análises geoespaciais avançadas, como cálculos de áreas, sem intervenção manual extensiva. Isso garante resultados consistentes, evitando erros humanos. O uso de ferramentas geoespaciais automatizadas como o GRASS oferece eficiência e precisão, especialmente em áreas complexas. Ao adotar essa ferramenta, o projeto beneficiou-se da rapidez e confiabilidade da automação, assegurando análises sólidas e confiáveis com base em informações geoespaciais precisas.

O cálculo da área da bacia foi realizado em várias etapas. Inicialmente, os limites foram preliminarmente determinados através da análise de imagens de satélite. Em seguida, houve o reconhecimento em campo dos limites identificados anteriormente, onde foram verificados, interpretados e ajustados com base em dados altimétricos coletados através de GPS. O ajuste final dos limites ocorreu cruzando as informações das etapas anteriores. Por fim, o cálculo da área da bacia e do perímetro foi realizado utilizando o método gráfico, considerando todas as correções e ajustes feitos nas etapas anteriores. Esse processo meticuloso assegurou a precisão e a confiabilidade da delimitação da área da bacia hidrográfica.

3.1.2 Aspectos fisiográficos

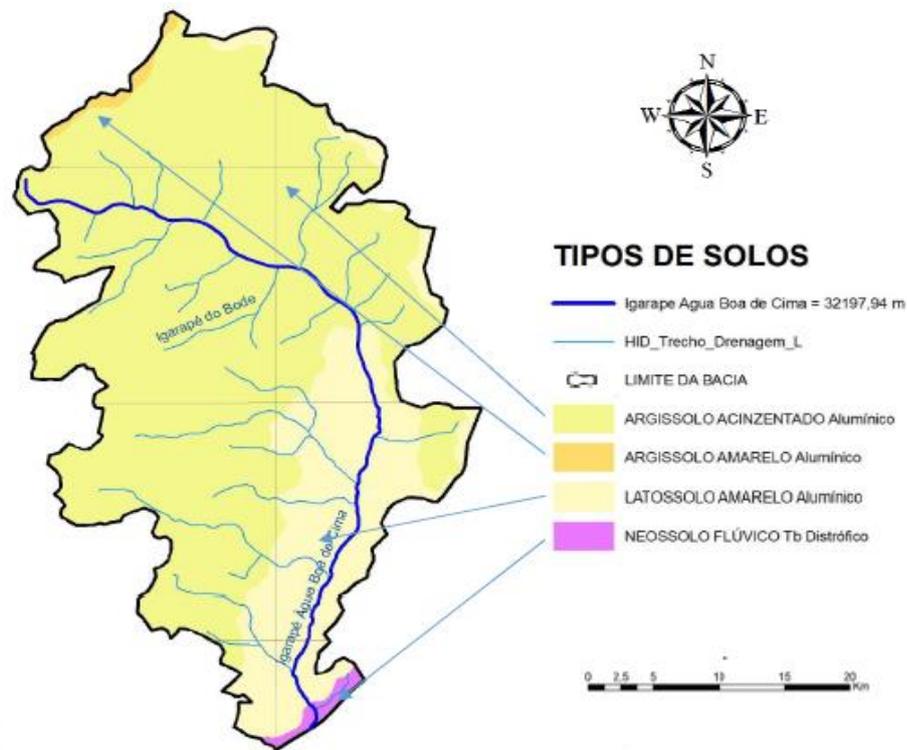
Geologicamente na área de estudo predomina os sedimentos semi consolidados da Formação Boa Vista (Pleistoceno Superior - Holoceno), resultado de um processo de pleiplanação que se sobrepôs parte do Graben do Tacutu com mais de 2.000 metros de sedimentos originados da erosão de remanescentes do Grupo Roraima (SCHAEFER e VALE JÚNIOR, 1997). Em níveis superiores se encontra na formação Areias Brancas (Figura 2), caracterizada por áreas úmidas abertas associadas a depósitos de areias. Esses depósitos, desenvolvidos no Neógeno e Quaternário, surgem a partir de um constante processo de intemperismo químico nas elevações de escudos cristalinos e do movimento do manto de intemperismo (saprólito) causado pelas flutuações do lençol freático. Pequenos igarapés drenam essas áreas (CARVALHO, 2014b).

A área da bacia do igarapé Água Boa de cima, abrangem áreas com altitudes variando de baixas a médias (80 a 160 metros) e situam-se na região centro-Norte do estado. Essas áreas apresentam características de terreno planas a levemente onduladas, com ocorrência de depressões no relevo (abaciamento) que contribuem para a formação de sistemas lacustres permanentes e

sazonais. Dentro da microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, a altitude varia de aproximadamente 60 a 90 metros acima do nível do mar.

Os solos da bacia do igarapé Água Boa de cima são classificados em dois tipos principais: Argissolo Acimentado alumínico e Latossolo Amarelo alumínico (CPRM, 2003; ZEE, 2002), conforme figura 3 abaixo:

Figura 3 – Mapa de solos da bacia do igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: ZEE (2002).

Os solos Argissolo Acimentado e Latossolo Amarelo são solos altamente desenvolvidos, formados a partir de sedimentos argilosos e argilo-arenosos que datam do Quaternário-Pleistoceno, assim como de coberturas sedimentares do Terciário ao Pleistoceno. Eles apresentam perfis típicos da classe dos Latossolos Amarelos, com uma espessura média de cerca de 200 centímetros. Esses perfis exibem uma sequência de horizontes, incluindo os horizontes A, Bw e C, que frequentemente exibem transições suaves e gradualmente difusas. Nos Argissolos, o horizonte diagnóstico é o Bt (textural), uma característica que os distingue dos Latossolos Amarelos, e essas duas classes de solo tendem a ocorrer frequentemente em associação na paisagem (VALE JÚNIOR e SOUSA, 2005).

Os Argissolos Acinzentados e os Latossolos Amarelos são solos que se caracterizam por serem profundos e bem drenados. Eles exibem uma uniformidade notável ao longo de seus perfis, com horizontes A de intensidade fraca a moderada e baixos teores de carbono orgânico.

Nos ambientes naturais como o Lavrado, os igarapés apresentam características que tendem a ser bem estabelecidas, sofrendo apenas variações sazonais, que se repetem regularmente ao longo do tempo, alterando muito lentamente esta condição à medida que o sistema evolui. Os igarapés característicos do lavrado roraimense, embora bastante heterogêneo, mantém nítidas regularidades nos ambientes e nos processos. Quando começa a haver influência do homem, as alterações já não são assim tão regulares, ainda que o sistema natural consiga absorver certo grau de perturbação mantendo suas propriedades, analisa Amorim (2018). A Figura 4, detalha a região do Bom Intento.

Figura 4 – Região da microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento – Boa Vista/RR.



Fonte: Autora (2023). Legenda: A = Nascente do igarapé de estudo, com vegetação savana parque; B =Foz do igarapé de estudo apresentado vegetação de floresta em seu encontro com o rio branco e C = trecho do igarapé de estudo demonstra a ocupação em seu entorno.

Segundo Schaefer e Vale Júnior (1997) o processo de construção da paisagem dos lavrados presente no extremo norte da Amazônia Brasileira está diretamente ligado a eventos tectônicos, erosionais e flutuações climáticas do passado. Essa cobertura vegetal se desenvolve sobre extensa superfície plana e levemente ondulada, com dissecação variando de muito baixa a baixa, esculpidas em rochas sedimentares pleistocênicas e ígneo-metamórficas (ZEE, 2002).

De acordo com Veloso et al. (1975), diversos estudos foram conduzidos para categorizar a vegetação em Roraima. Em 1938, Burt-Davy classificou tipos de vegetação tropicais, introduzindo o termo "savanas" pela primeira vez para formações herbáceas. Azevedo, em 1950, usou o termo "cerrado" para formações arbustivas e herbáceas no Brasil. Em 1951, Oviedo e Valdes empregaram o termo "savanas" para descrever as savanas da Venezuela, mas somente a partir de 1806 esse termo foi oficialmente adotado na terminologia fitogeográfica.

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

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

Dentro desse contexto, a área de pesquisa abrange as fisiografias listadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Fisiografia da área da pesquisa – Boa Vista/RR.

Savana Parque (Sp)	Essas formações tendem a agrupar-se principalmente na região central e ocidental das savanas, onde limitam-se com a floresta estacional de transição. No entanto, essas formações não são contínuas e podem ser notadas em outras áreas de forma evidente. O que as distingue é sua disposição agrupada de elementos lenhosos, o que pode conferir uma aparência de moitas, caracterizada por uma
---------------------------	---

	área basal significativa, alta densidade de indivíduos e considerável grau de cobertura.
Savana Graminosa ou Gramíneo-lenhosa (Sg):	Situa-se ao longo da bacia do alto rio Branco, essa área é marcada por extensos campos que cobrem as ondulações do pediplano de Boa Vista. Esses campos são pontilhados por lagoas temporárias, ocasionalmente permanentes, e são atravessados por uma rede densa de cursos d'água, que são ladeados por veredas de buritis.
Outros sistemas	Além das savanas, na região são encontradas outras formações distintas, incluindo: <ol style="list-style-type: none"> 1. Pequenas Ilhas de Florestas (também conhecidas como ilhas de mata), frequentemente de formato circular ou elíptico. 2. Matas de Galeria que margeiam os igarapés ou rios que atravessam a região. 3. Matas de Buritis ou Buritizais que acompanham pequenos cursos d'água, geralmente temporários. Essas formações são particularmente comuns, especialmente na região da Formação Boa Vista.

Fonte: Autora (adaptado de BARBOSA e MIRANDA, 2005).

Nas áreas de cabeceira predominam as savanas gramíneo-lenhosas ou campos limpos, caracterizadas por gramíneas adaptadas a solos inundados ou encharcados. Essas áreas são utilizadas historicamente para pecuária extensiva de corte. Nas regiões circundantes da bacia, há predominância das savanas parque e das savanas gramíneo-lenhosas ou campos sujos, utilizadas para pecuária extensiva e atualmente também para o cultivo de grãos, principalmente soja. Pequenas ilhas de matas são encontradas próximas a cursos d'água, enquanto matas ciliares acompanham o igarapé, apresentando espessura variável. As áreas de buritizais são mais comuns nas cabeceiras do igarapé, devido à necessidade de áreas encharcadas para o desenvolvimento dessa vegetação.

3.1.3 Morfometria da área de estudo

Foram conduzidos levantamentos que incluíram a contagem de canais, a determinação da distância total percorrida por todos os canais, a medição do comprimento do canal principal, a quantificação do perímetro total da bacia, a identificação das altitudes máxima, média e mínima, a mensuração do comprimento do eixo da bacia, o cálculo da diferença de altitude entre o ponto mais alto e mais baixo da área drenada, a estimativa da variação altimétrica ao longo do perfil longitudinal e a obtenção da área total da bacia. Além desses dados, procedeu-se aos cálculos dos parâmetros morfométricos:

1) A hierarquia dos canais de drenagem fluvial envolve a classificação de cursos d'água dentro da bacia hidrográfica na qual estão situados. Esse processo tem como objetivo simplificar e tornar mais diretos os estudos morfométricos das bacias. A ordenação dos cursos d'água pode ser feita seguindo critérios propostos por Horton (1945) e Strahler (1957 conforme CHRISTOFOLETTI, 1980). Neste estudo, adotou-se a classificação de Strahler, na qual os canais de primeira ordem são os menores, sem afluentes, estendendo-se da nascente até a confluência; canais de segunda ordem originam-se da junção de dois canais de primeira ordem, recebendo apenas afluentes de primeira ordem; canais de terceira ordem resultam da junção de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordem; canais de quarta ordem formam-se da confluência de dois canais de terceira ordem, admitindo tributários das ordens inferiores e assim por diante.

2) Área da bacia (A): A área da bacia hidrográfica é delimitada pelos divisores topográficos da bacia ou, de forma mais simples, pela região drenada pelo sistema fluvial. Essa medida é expressa em quilômetros quadrados (km²).

3) Comprimento do canal principal (Ccp): Este é o valor da distância, expressa em quilômetros (km), entre a foz do canal e a nascente mais distante situada ao longo do mesmo.

4) Comprimento do eixo da bacia (Cb): Trata-se da maior extensão em linha reta entre um ponto específico localizado ao longo da fronteira da bacia até o ponto de desembocadura. A medida é expressa em quilômetros (km).

5) Gradiente dos canais (Gc): Este índice é definido como a relação entre a altitude máxima presente na bacia e o comprimento do canal principal. Sua finalidade reside em indicar a inclinação dos cursos d'água da bacia (conforme SANTOS et al., 2012). A fórmula para o cálculo é:

$Gc = Amax/Ccp$, onde:

Gc = gradiente de canais em m/km;

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

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

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

$F_f = A/C_b^2$, onde:

F_f = fator de forma (adimensional);

A = área total da bacia (km^2);

C_b = comprimento do eixo da bacia (km)

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

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

I_c = índice de circularidade (adimensional);

A = área total da bacia (km^2);

P = perímetro da bacia (km).

8) Coeficiente de compacidade (k_c): Esse coeficiente estabelece uma relação entre a forma da bacia e um círculo. É uma medida adimensional que varia conforme a configuração da bacia, independente do seu tamanho. Portanto, quanto mais complexa a forma da bacia, maior será o valor do coeficiente de compacidade. Um coeficiente de compacidade igual a 1 reflete uma bacia circular. Esse coeficiente é usado para indicar a probabilidade de ocorrência de cheias, aumentando à medida que a bacia se afasta do valor de 1 (conforme VILLELA E MATTOS, 1975 citados por SANTOS et al., 2012). Ele expressa a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área equivalente à da bacia:

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

k_c = coeficiente de compacidade (adimensional);

P = perímetro (km);

A = área total da bacia (km^2).

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

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

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

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

9) Densidade hidrográfica (D_h): Essa métrica estabelece uma relação entre a quantidade de rios ou canais presentes e a área total da bacia. A densidade hidrográfica quantifica a complexidade da rede de cursos d'água na bacia, oferecendo insights sobre sua capacidade de

gerar novos fluxos de água (conforme CHRISTOFOLETTI, 1969 mencionado por SANTOS et al., 2012):

$D_h = N/A$, onde:

D_h = densidade hidrográfica;

N = número total de rios ou canais;

A = área total da bacia (km²).

Christofoletti (1969 citado por Santos et al., 2012) propõe que N seja utilizado para representar o número de canais de primeira ordem, conforme a classificação de Strahler (1952), com a argumentação de que isso proporciona resultados mais realistas quanto ao comportamento hidrológico da bacia.

10) Amplitude altimétrica máxima da bacia (H_m): Este valor corresponde à diferença de altitude entre a foz (em metros) e o ponto mais elevado do divisor topográfico (em metros). A média da variação altimétrica desempenha um papel crucial, já que a temperatura e a precipitação estão associadas à altitude. Mudanças na temperatura afetam as perdas de água por evaporação e transpiração, enquanto variações na precipitação têm um impacto direto no escoamento superficial e na infiltração.

3.2. MATERIAIS

Os materiais necessários para a elaboração do estudo foram divididos em categorias, conforme descrito no quadro 5 e o suporte computacional utilizado consistiu em um Notebook com processador Intel Core i5 10 TH GEN de 8 GB de RAM.

Quadro 5 – Materiais necessários para a elaboração do estudo.

Categorias	Aquisição de dados	Tratamento de dados
Levantamento bibliográfico	Google Acadêmico, consulta bibliográfica na biblioteca da UFRR.	Fichamento e catalogação das bibliografias relevantes no programa Microsoft Word e Excel.
Levantamento Fisiográficos/cartográfico	Aquisição de imagens de satélite no site Earth Explore.	Processamento de imagens no programa QGIS 3.22.7.
Levantamento de campo	Definição do percurso e dos pontos de registro fotográfico através do percurso	Para a coleta fotográfica foi utilizado a câmera profissional, aparelho de drone,

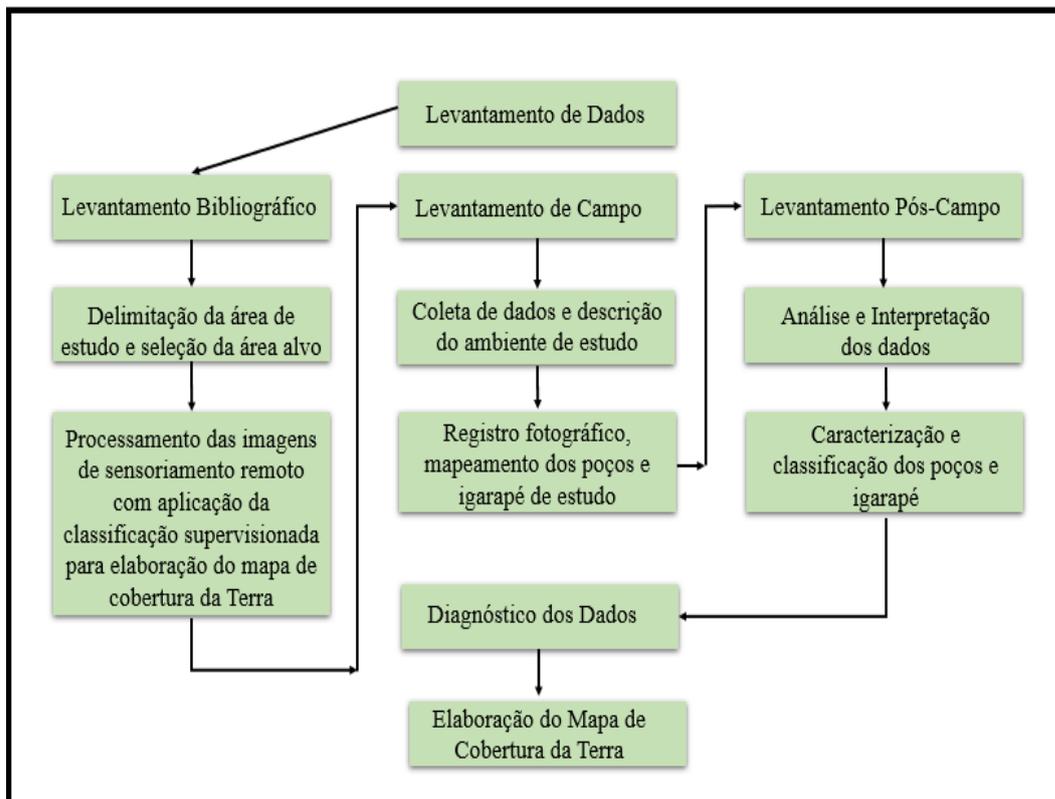
	feito via terrestre, com programa Google Earth e com aparelho de drone do departamento de geologia da UFRR.	também do celular Samsung Galaxy S20 FE 5G. As imagens serão armazenadas em um banco de dados de um HD externo e no computador.
Elaboração dos mapas (produto)	Utilização dos dados resultantes dos levantamentos bibliográficos, cartográficos e de campo.	Processamento de imagens no programa QGIS 3.22.7.

Fonte: Autora (2023).

3.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir, serão apresentados os materiais e métodos empregados para conduzir o estudo. A fim de proporcionar uma compreensão mais clara da metodologia adotada, foi desenvolvido um fluxograma (Figura 5) que delineia as etapas para a elaboração da dissertação.

Figura 5 – Etapas do desenvolvimento do estudo.



Fonte: Autora (2023).

3.3.1 Levantamento Bibliográfico

Para a realização do presente estudo as informações foram buscadas nas bases de dados da biblioteca da Universidade Federal de Roraima, em dissertações, teses, livros, artigos científicos, sites Google Acadêmico e Scielo, nos periódicos da CAPES e manuais tanto nacionais como internacionais e nas legislações federal, estadual e municipal que envolvem a temática, dentre outros textos que colaboraram para um melhor entendimento do estudo.

3.3.2 Processamento das imagens de sensoriamento remoto com aplicação da classificação supervisionada para elaboração do mapa de cobertura da terra.

De acordo com Nunes (2016), a representação gráfica, como plantas de loteamentos, plantas antigas e cartografia digital, é fundamental para a análise do objeto dos estudos urbanos e rurais. Sem essa representação, as análises seriam inviáveis. Portanto, para este estudo, foi necessário criar uma base de dados cartográficos que permitisse identificar o limite da bacia hídrica do igarapé de estudo do município, analisar a hidrografia da área de estudo, identificar e analisar o uso e ocupação do solo atual, bem como avaliar a área de vegetação, contudo fazer um mapeamento dos poços.

Esse processo envolve várias etapas, desde a aquisição das imagens até a geração do mapa final. Serão descritas essas etapas em detalhes:

a) **Aquisição das imagens:** O primeiro passo é adquirir as imagens de sensoriamento remoto adequadas para a sua área de interesse. Captadas pelo satélite entre outras, é importante considerar a resolução espacial e espectral das imagens, pois isso afetará a capacidade de distinguir diferentes tipos de cobertura da terra.

b) **Pré-processamento das imagens:** Antes da classificação, as imagens precisam passar por um pré-processamento para corrigir possíveis distorções, eliminar ruídos e melhorar a qualidade geral dos dados. Isso pode incluir a correção radiométrica, correção geométrica, correção atmosférica e fusão de imagens multiespectrais.

c) **Seleção das classes de interesse:** Determinando as classes de cobertura da terra que se deseja mapear, como floresta, agricultura, áreas urbanas, corpos d'água, entre outras. Essas classes

foram escolhidas com base nos objetivos do projeto.

d) **Coleta de dados de treinamento:** Nesta etapa, foi coletado dados de treinamento para cada classe de interesse. Os dados de treinamento são amostras de pixels que representam cada classe. Eles foram coletados em áreas representativas das classes em questão. Isso foi feito por meio de levantamentos de campo e com análise de dados existentes.

e) **Extração de atributos:** A partir das imagens de sensoriamento remoto, é necessário extrair atributos que possam ser usados para diferenciar as classes de interesse. Esses atributos podem incluir índices espectrais, como NDVI, NDBI (Índice de Diferença Normalizada de Construção), textura, entre outros. A extração de atributos pode ser feita usando software especializado ou algoritmos disponíveis no QGIS, como índices de banda e operações de álgebra de mapas.

f) **Treinamento do classificador:** Com os dados de treinamento e os atributos extraídos, é hora de treinar o algoritmo de classificação supervisionada. Existem vários algoritmos disponíveis, como Árvores de Decisão, SVM, Random Forest, Máxima Verossimilhança, entre outros. Durante o treinamento, o algoritmo aprenderá a relação entre os atributos e as classes de interesse.

g) **Classificação das imagens:** Após o treinamento, o algoritmo é aplicado às imagens completas para classificar cada pixel de acordo com as classes de interesse. Isso envolve o cálculo dos atributos espectrais para cada pixel e a atribuição de uma classe com base nas informações aprendidas durante o treinamento.

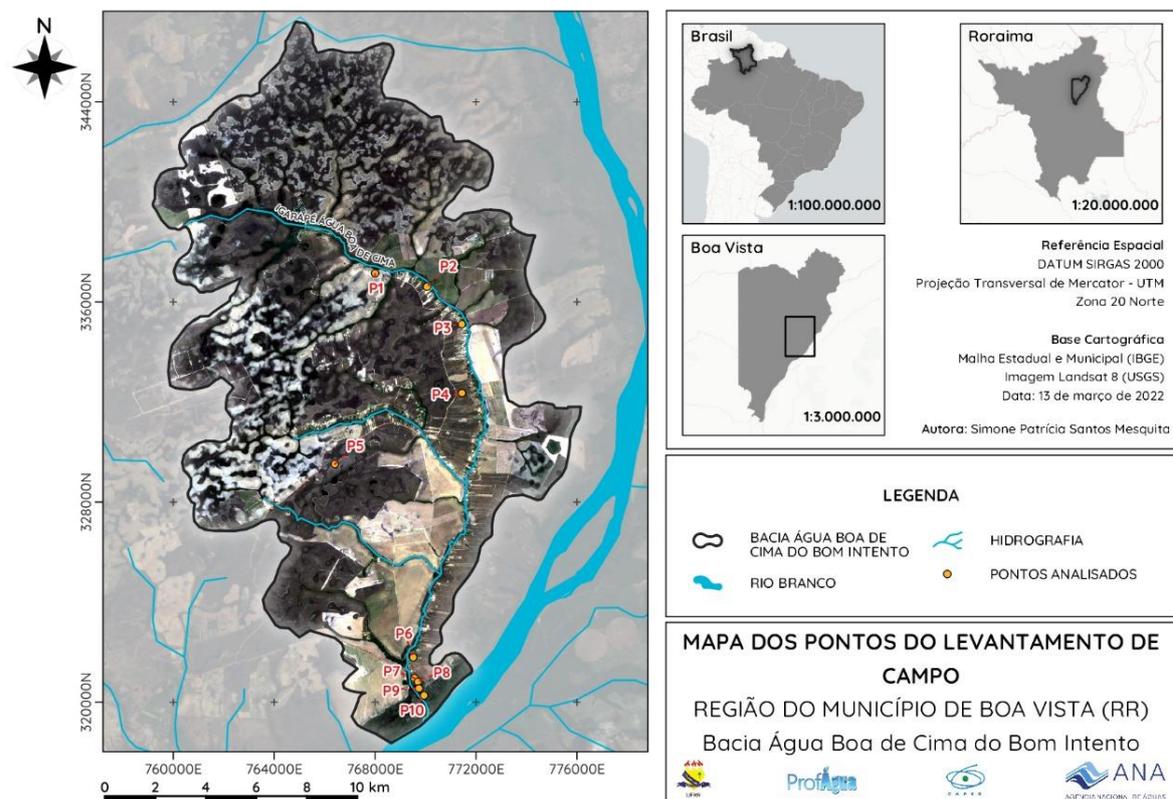
h) **Pós-processamento e avaliação:** Após a classificação, é necessário realizar um pós-processamento para suavizar as bordas das classes, remover pequenos ruídos e corrigir possíveis erros. Também é importante realizar uma avaliação da precisão da classificação. Isso pode ser feito comparando os resultados da classificação com dados de referência de campo ou com outros mapas de cobertura da terra existentes.

i) **Elaboração do mapa de cobertura da terra:** Com a classificação concluída e a precisão avaliada, é possível gerar o mapa de cobertura da terra final. O mapa mostrará as diferentes classes de cobertura da terra identificadas e será útil para uma variedade de aplicações, como planejamento urbano, monitoramento ambiental, estudos de mudanças climáticas, entre outros.

3.3.3 Levantamento de Campo

Nesta etapa foram realizadas as visitas de campo na qual foi gerado os registros fotográficos simples e de forma aéreas através de drone. Podendo verificar a descrição do ambiente, observando a vegetação da área, mapeando o igarapé e marcando os pontos dos poços de estudo. Na visita foi possível verificar como a população vive, para melhor entender o seu cotidiano e assim colaborar com o estudo. Os fatores determinantes para a definição dos pontos de amostra foram a acessibilidade ao local e a proximidade da ocupação rural, totalizando 10 pontos de análise. Conforme a figura 6 e 7 a seguir:

Figura 6 – Localização da área de estudo – Microbacia do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento.



Fonte: Autora (2023).

Figura 7- Amostra de pontos levantados na visita de campo.



Fonte: Autora (2022), imagens A, B, C e D dos pontos de pesquisa.

Durante o levantamento buscou-se avaliar o estado do igarapé Água Boa de Cima, com a observação de parâmetros como: poluição, proximidade da malha urbana, estado de conservação da vegetação nativa, a localização dos poços, a disponibilidade hídrica entre outros. Rigo (2005), aponta que a poluição das águas e o uso e ocupação do solo estão diretamente conectados, sendo difícil, porém, estabelecer padrões entre os dois devido à complexidade desses processos.

Na etapa de mapeamento foi feita excursão de campo para identificar e avaliar por observação as condições de conservação da área, incluindo registros do traçado dos córregos e possíveis nascentes. Incluímos também a classificação conforme a categoria do recurso hídrico. Foi usado os recursos de imagens de sensores remotos georreferenciados para análise da evolução do desmatamento e conservação da cobertura vegetal e edição de mapas. Em campo foi realizado o levantamento das coordenadas que foram posteriormente foram confrontadas com as imagens de satélite. Em visitas buscou a localização de cada poço em torno do igarapé Água Boa de Cima, para que se possa fazer a localização no mapa a partir das coordenadas encontradas em

cada ponto. Observando também toda a área para poder verificar os aspectos físicos e a forma de cobertura da região.

3.3.4. Levantamento pós-campo

Com os dados obtidos na etapa de campo, obtemos uma melhor análise e interpretação dos dados, o qual as coletas realizadas serão analisadas em conjunto com os dados de sensoriamento remoto. Essa análise inclui a comparação dos dados de campo com os resultados da classificação de imagens, a identificação de erros ou inconsistências, a avaliação da acurácia dos resultados e a extração de informações adicionais sobre as classes mapeadas.

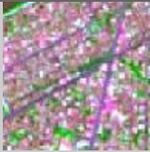
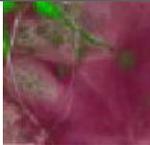
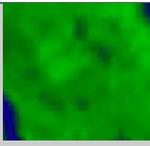
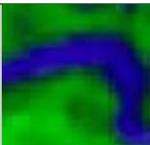
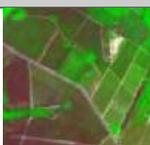
3.3.5 Metodologia para a elaboração dos mapas

De acordo com Santos e Petronzio (2011), os mapas são fundamentais para compreender as diferentes formas de utilização da terra, bem como para identificar áreas de risco, áreas degradadas e a evolução da paisagem. A análise desses mapas permite entender como a região estudada é utilizada e como ocorrem as interações espaciais entre os diferentes usos do solo, fornecendo apoio às decisões de planejamento e desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, foi elaborado o mapa de uso e ocupação do solo para a área de estudo. Esse mapa tem como objetivo proporcionar um melhor entendimento das interações e do grau de interferência antrópica na região. Para sua elaboração, foi utilizado o método de classificação supervisionada no software QGIS, com o auxílio do plugin dzetsaka. Esse plugin específico permitiu aprimorar o processo de classificação, contribuindo para a obtenção de resultados mais precisos e detalhados.

Através da interpretação de imagens de satélite e da aplicação da classificação supervisionada com o uso do plugin dzetsaka, foi possível identificar e mapear as diferentes classes de uso do solo presentes na área de estudo, proporcionando informações valiosas para análises futuras e tomadas de decisão relacionadas ao planejamento e desenvolvimento sustentável da região. A classificação supervisionada é baseada no uso de amostras de treinamento que servem como referência para identificar as classes em outras partes da imagem. Quanto maior a quantidade de amostras, melhor os resultados obtidos. Para realizar o treinamento do software, foram utilizadas as seguintes codificações de interpretação, conforme especificado no Quadro 6 abaixo:

Quadro 6 – Codificação utilizada na interpretação.

CLASSE TEMÁTICA	AMOSTRA DA IMAGEM DE SATÉLITE	LEGENDA UTILIZADA
Mancha urbana		
Vegetação Savana parque		
Vegetação Arbórea densa/Mata ciliar		
Solo Exposto		
Corpo Hídrico		
Plantação/Pasto		

Elaboração: Autora (2023).

Após a conclusão da classificação, foi necessário realizar uma correção manual comparando a imagem resultante com a imagem de satélite de referência. Essa etapa foi crucial devido à possibilidade de algumas classes apresentarem semelhança espectral, levando a resultados questionáveis. Em particular, as classes de vegetação savana parque e plantação/pasto exigiram atenção especial durante a correção.

Para garantir maior precisão e acurácia, a matriz de classificação foi convertida em vetores, permitindo uma análise mais detalhada das classes e uma correção mais precisa. Essa abordagem possibilitou identificar e corrigir possíveis erros ou ambiguidades na classificação,

garantindo que as classes fossem atribuídas corretamente de acordo com as características reais da paisagem.

Essa correção manual é um passo importante para assegurar a confiabilidade dos resultados da classificação e fornecer um mapa final mais preciso e consistente em termos de distribuição das classes de interesse.

3.3.6 Metodologia utilizada na elaboração do mapa de saúde da vegetação.

A cobertura vegetal desempenha um papel fundamental na análise da degradação ambiental devido às suas múltiplas funções. A vegetação atua como uma proteção essencial, mantendo o ciclo hidrológico, protegendo o solo contra a erosão, aumentando a permeabilidade e porosidade, reduzindo o escoamento superficial e mantendo a umidade e fertilidade do solo devido à presença de matéria orgânica (Beltrame, 1994; Melo, Sales, Oliveira, 2011). Portanto, é crucial estudar a densidade e a distribuição espacial da cobertura vegetal não apenas para a análise da degradação ambiental, mas também para a gestão e o planejamento dos recursos naturais, além de compreender os processos hidrológicos (Melo, 2008).

Nesse contexto, foi realizada uma análise da vegetação na área de estudo e nas áreas próximas por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index). O NDVI é uma técnica que utiliza operações matemáticas entre as bandas de sensores satelitais para realçar informações sobre a vegetação. É amplamente utilizado na estimativa de biomassa e cobertura vegetal, bem como na detecção de mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo (Shimabukuro, 1998). De acordo com Melo, Sales e Oliveira (2011), o NDVI permite determinar a densidade da biomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área, sendo que um índice maior indica uma maior densidade de vegetação. Ou seja, à medida que a quantidade de vegetação verde aumenta, há um aumento na reflexão na banda do infravermelho próximo e uma diminuição na reflexão na banda do vermelho, resultando em um aumento na razão NDVI e destacando a presença de vegetação (Novo, 1989).

É essencial considerar os períodos das imagens de satélite ao utilizar o NDVI em Boa Vista, devido às variações significativas na fitomassa ao longo do ano. Especificamente, a vegetação na região apresenta diferenças marcantes entre os períodos chuvoso e de estiagem. Para garantir

uma análise mais precisa, neste estudo, foram utilizados produtos satelitários capturados aproximadamente no fim do período de estiagem.

Essa escolha permitiu um realce mais estável das áreas correspondentes à vegetação arbórea densa e à mata ciliar. Ao selecionar imagens capturadas nesse período, evita-se interferências das áreas descampadas, que podem dificultar a distinção entre vegetação do tipo savana parque e áreas desmatadas e abandonadas.

Com essa abordagem, torna-se possível obter resultados mais confiáveis e uma análise mais precisa da vegetação na Área de Preservação Permanente (APP) em questão. Ao minimizar as interferências das áreas descampadas, o foco é direcionado para as áreas de vegetação densa, contribuindo para uma compreensão mais acurada da cobertura vegetal na APP estudada.

3.4 DADOS DE VAZÕES REFERÊNCIAS e CURVA DE PERMANÊNCIA

Este segmento aborda o cálculo das vazões de referência, compreendendo a vazão mínima de longo período, a vazão de permanência de longo período, a vazão média de longo período e a vazão específica.

O método empregado para calcular as vazões mínimas ao longo de sete dias, utilizando o ano civil como ponto de referência, consistiu em calcular a média aritmética das vazões ao longo de sete dias consecutivos, selecionando o valor mais baixo de vazão média para esse período em cada ano da série de dados.

Para estimar as vazões de referências, sendo a vazões mínimas de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), bem como as Q_{50} , Q_{75} , Q_{90} , e Q_{95} utilizou-se o Sistema Computacional para Análises Hidrológicas – SisCAH 1.0, criado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa, disponível em (www.ufv.br/dea/gprh), para a área da bacia hidrográfica de estudo.

Com as séries históricas em mãos, os bancos de dados correspondentes foram processados, permitindo a reorganização de acordo com os intervalos anuais e semestrais estabelecidos, além de ajustar as estimativas para o ano hidrológico, que começa no mês de janeiro.

Após importar os dados, foram realizados processos de pré-processamento em cada série histórica de estações, excluindo anos com falhas significativas. Após essa etapa, para estimar a $Q_{7,10}$, a série histórica das vazões mínimas de sete dias (Q_7) foi determinada. Em seguida, o software seleciona a melhor distribuição estatística (Weibull, Pearson 3, Logpearson 3, Lognormal 2 e Lognormal 3) para a série das vazões mínimas Q_7 .

A estação fluviométrica analisada foi a de código 14515000, que possui uma série histórica de dados que abrange o período de 1977 a 2014, totalizando 37 anos de informações disponíveis. No entanto, é importante ressaltar que esta estação não apresentou dados posteriores a 2014, uma vez que o sistema da ANA não foi atualizado ou alimentado com informações após esse período.

Para calcular as vazões de permanência, o software apresenta um gráfico da curva de permanência, realiza análises de frequência e fornece os valores das vazões de permanência ($Q_{7,10}$; Q_{50} ; Q_{75} , Q_{90} e Q_{95}).

Decidiu-se incluir, além do período anual, os semestres como unidades de avaliação da sazonalidade na disponibilidade hídrica. Isso foi feito visando proporcionar flexibilidade aos critérios de outorga, particularmente durante a estação chuvosa. Para calcular a disponibilidade hídrica sazonal, foi necessário identificar os semestres secos e chuvosos, utilizando a metodologia proposta por Marques (2010).

Portanto, as vazões calculadas durante o período de estiagem não serão restritivas para as concessões durante a temporada de chuvas, pois a entidade reguladora tem a liberdade de estabelecer as outorgas de acordo com a sazonalidade. Dessa maneira, não há necessidade de manter um valor fixo de outorga ao longo do ano, com estimativas fundamentadas em base anual.

Para a apresentação dos resultados, foram feitas as quantificações das vazões de referências, considerando as seguintes sequencias:

- **SÉRIE HIDROLÓGICA COMPLETA:** para as vazões de referências ($Q_{7,10}$; Q_{50} ; Q_{75} , Q_{90} e Q_{95}), mostrando o comportamento da hidrógrafa da série; as vazões de permanências para a série; a curva de permanência para a série e o comportamento estatístico para a vazão de referência ideal para a outorga da área de estudo.

- Foram realizadas análises das vazões de referência (Q7,10; Q50; Q75, Q90 e Q95) em intervalos de 10 anos ao longo do período estudado. Isso envolveu a avaliação de diversas séries hidrológicas, abrangendo os anos de 1977 a 2014. Em cada uma dessas análises decenais, foram examinados o comportamento da hidrógrafa correspondente ao período, as vazões de permanência associadas, a construção da curva de permanência específica para o período e a análise estatística das vazões de referência ideais para a outorga na área de estudo durante o intervalo de tempo selecionado. Essa abordagem decenal permitiu uma compreensão mais abrangente das flutuações e tendências nas vazões de referência ao longo do tempo.
- SÉRIE HIDROLÓGICA DO ÚLTIMO ANO 2014: para as vazões de referências (Q₅₀; Q₇₅, Q₉₀ e Q₉₅), mostrando o comportamento da hidrógrafa do último ano da série do período; as vazões de permanências para o último ano da série do período; a curva de permanência para o último ano da série do período e o comportamento estatístico para a vazão de referência ideal para a outorga da área de estudo do referido período;

3.5 CRITÉRIOS DE OUTORGAS

Para analisar os critérios de outorgas para uso múltiplos do igarapé Água Boa de Cima, adotou-se os valores estipulados pela ANA (2019) e RORAIMA (2007), sendo:

- Critério 01 – Uso da vazão Q_{90%}
- Critério 02 – Uso de até 80% da vazão de referência Q_{90%}

3.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Os dados foram apresentados por meio do Sistema Computacional para Análises Hidrológicas – SisCAH 1.0, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) da Universidade Federal de Viçosa, que gerou gráficos representativos das análises. Além disso, gráficos adicionais foram elaborados utilizando o software Excel. Para o tratamento estatístico, foram aplicadas diversas distribuições estatísticas, incluindo a distribuição de Weibull para modelar o comportamento das vazões extremas, a distribuição Pearson 3 para análise de dados de séries temporais, a distribuição Logpearson 3 para ajuste de séries de vazões com curvas assimétricas, a distribuição Lognormal 2 para caracterizar vazões com distribuições logarítmicas e a distribuição Lognormal 3 para modelagem de séries hidrológicas com curvas assimétricas de cauda longa. Cada uma dessas distribuições estatísticas teve como finalidade proporcionar uma

melhor compreensão e modelagem dos diferentes comportamentos das vazões ao longo do período de análise.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica envolve a avaliação de características físicas da área, que servem como indicadores para determinar a vulnerabilidade da bacia a eventos como enchentes, desmatamento, poluição, inundações e erosão (CARDOSO et al., 2006).

De acordo com Soares et al. (2016), as medições morfométricas têm diversas aplicações no manejo de bacias hidrográficas, incluindo a capacidade de prever o comportamento hidrológico, detectar mudanças ambientais, auxiliar no planejamento territorial, criar uma base para gestão integrada, identificar áreas prioritárias para intervenção e apoiar o processo de gerenciamento.

A microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, em Roraima, é um afluente do rio Branco, localizada ao norte de Boa Vista, a apenas 13 km da cidade. Ela apresenta vegetação típica do lavrado, árvores de pequeno porte com caules retorcidos, gramíneas no solo, matas ciliares nas margens do igarapé e buritizais nas áreas alagadas. A urbanização futura é um desafio potencial devido à sua proximidade com a área urbana.

A avaliação morfométrica da rede de drenagem do igarapé Água Boa do Bom Intento é um indicador geográfico significativo que revela as condições ambientais da bacia, refletindo tanto os processos naturais quanto as influências humanas.

Nesta etapa serão apresentados os resultados e as análises dos levantamentos fisiográficos/cartográfico e de campo, assim como os mapas realizados da área de estudo.

4.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O canal principal possui um comprimento de 32,19 km (da nascente à foz), com uma extensa rede de drenagem totalizando 131,78 km. A região da microbacia do igarapé Água Boa Cima apresenta um clima bem definido, dividido em duas estações: seca e úmida. A estação seca ocorre entre outubro a abril, com uma média de precipitação de 51,77 mm, enquanto a estação chuvosa vai de maio a setembro, com média de precipitação de 238,20 mm. Durante a estação

seca, a contribuição das nascentes diminui consideravelmente devido à redução dos igarapés tributários, resultando em grandes variações sazonais das vazões.

A seguir, na Tabela 3, são apresentadas algumas características fisiográficas da bacia hidrográfica do Igarapé Água Boa de Cima, localizada na região do Bom Intento.

Tabela 3 – Características fisiográficas da bacia hidrográfica do Igarapé Água Boa de Cima, da região do bom intento.

Área de drenagem	275,83km²
Perímetro	108,65 km
Comprimento do leito principal	32,19km
Altitude máxima da bacia	89,99 m
Altitude mínima do canal – foz	63,05m
Fator de forma (Ff)	0,32
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,84
Índice de circularidade (IC)	0,28

Fonte: Autora (2023).

Os canais fluviais de primeira ordem na área são intermitentes, com fluxo paralisado ou secos durante períodos de estiagem intensa. Isso destaca a importância de medidas de preservação ambiental nas áreas próximas às nascentes para evitar alterações hidrológicas devido a ações humanas, uma vez que esses canais de baixa hierarquia fluvial são sensíveis. Entre os afluentes, apenas o igarapé Brasileirinho é perene e de segunda ordem, localizado na margem direita. Ele percorre o curso médio do igarapé Água Boa Cima, drenando grande parte da área central da microbacia. Os demais canais de primeira e segunda ordem da microbacia têm seus fluxos interrompidos durante a estiagem.

O sistema de drenagem da microbacia do igarapé Água Boa Cima é classificado como dendrítico ou arborescente, de acordo com a classificação de Christofolletti (1979). O canal principal é considerado de 3ª ordem, conforme a classificação de Strahler (1957 apud Christofolletti, 1980).

O coeficiente de compacidade (K_c) é um valor adimensional que varia de acordo com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a forma da bacia ($K_c > 1$), maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente menor ou igual a 1 ($K_c \leq 1$) indica uma bacia mais circular. No caso da bacia em estudo, o coeficiente de compacidade é de 1,84, o que indica que ela é alongada e menos suscetível a enchentes sob condições normais de precipitação. O formato geométrico da bacia, incluindo o fator de forma e o índice de circularidade, influencia o tempo de concentração. O formato alongado da bacia sugere menor probabilidade de precipitações intensas cobrirem simultaneamente toda a extensão, reduzindo o risco de extravasamento da água no canal principal.

Com base no Fator de Forma (F_f), a microbacia apresentou um valor próximo de 0,32, indicando uma tendência a ser alongada na forma da rede de drenagem. Valores próximos a 1,0 sugerem bacias circulares, enquanto valores menores indicam uma forma alongada. A configuração da bacia e sua rede de drenagem podem ser influenciadas por fatores como a geologia (NARDINI et al., 2013). Conforme Cardoso et al. (2006), um menor Fator de Forma está associado a uma menor suscetibilidade a enchentes em condições de precipitação normais.

Além disso, o índice de circularidade (I_c) também reforça a menor susceptibilidade a enchentes na bacia. Um índice próximo de 1 sugere uma forma circular, enquanto um valor menor indica uma forma mais alongada. O índice de circularidade calculado para a bacia foi de 0,28, caracterizando-a como alongada ou retangular e com menor concentração de escoamento.

É essencial notar que, além desses índices, outros fatores, como cobertura vegetal, duração das chuvas e permeabilidade do solo, podem influenciar as ocorrências de enchentes. Portanto, uma abordagem holística é necessária para compreender completamente a relação entre a forma da bacia e a suscetibilidade a enchentes. A Figura 8, mostra a região do estudo.

Figura 8 – Afluentes do Igarapé Água Boa de Cima do Bom Intento.



Fonte: Autora (2023).

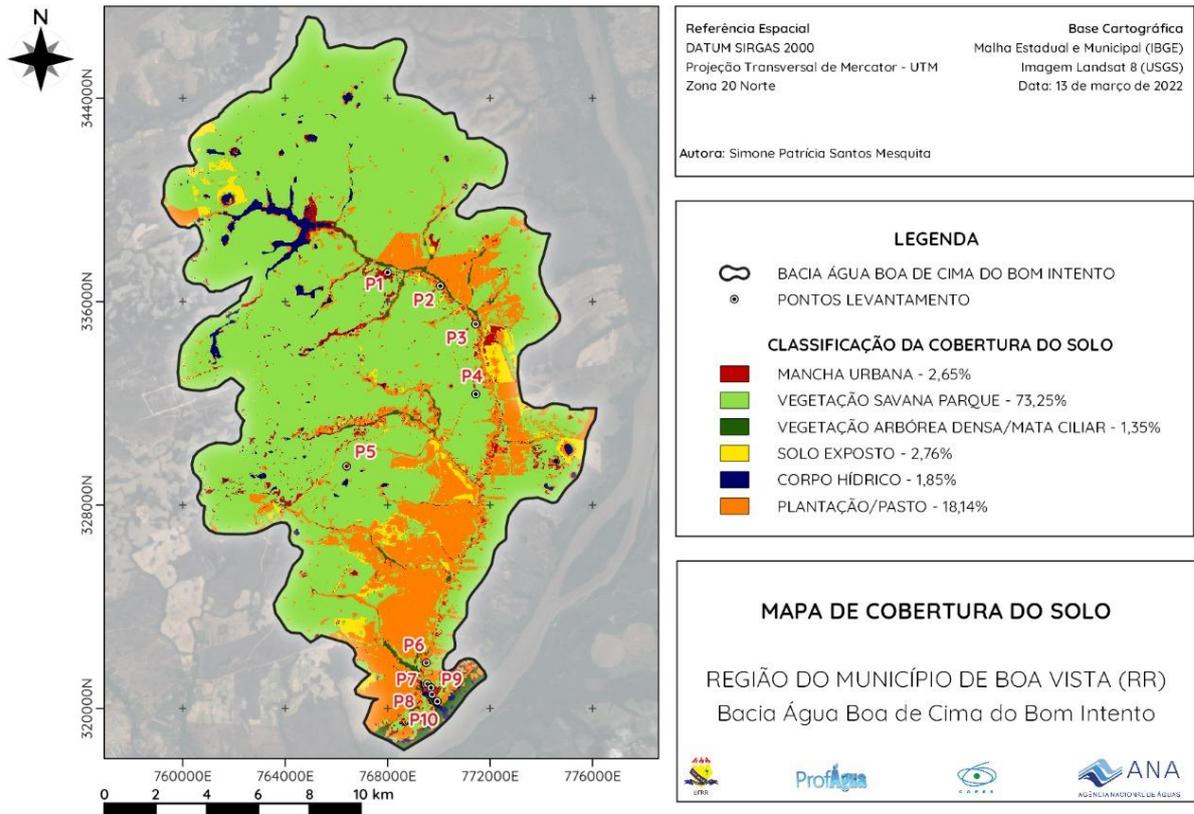
4.2 ASPECTOS FÍSICOS AMBIENTAIS DA REGIÃO E AS FORMAS DE COBERTURA DO SOLO

O levantamento cartográfico deste estudo é composto pelo mapa de cobertura da terra, mapa da saúde da vegetação e extração dos corpos hídricos e mapa da vegetação.

4.2.1 Mapa de Cobertura da terra

Com a elaboração do mapa de cobertura da terra (Figura 9), ficou claro que a mancha urbana na microbacia do Água Boa Cima é relativamente pequena em comparação com a área total de estudo. A predominância da savana na região permanece notável, com alterações limitadas em sua composição. Além disso, é perceptível que nas áreas de ocupação há um desmatamento do solo, removendo a cobertura vegetal, o que expõe o solo a processos como intemperismo, erosão e lixiviação.

Figura 9 – Mapa de cobertura da terra do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

A Figura 9 exibe a distribuição de cada classe de uso e cobertura do solo presente na área de estudo, enquanto o Tabela 4 apresenta as áreas correspondentes em quilômetros quadrados (km²). Observa-se que uma significativa porcentagem de áreas verdes, em especial da categoria de savana parque, persiste na região.

Tabela 4 – Área em km² e porcentagem de cada classificação presente no mapa de cobertura do solo da microbacia do igarapé Água Boa de Cima.

CLASSIFICAÇÃO	ÁREA (km ²)	PORCENTAGEM
Mancha Urbana	7,31 km ²	2,65 %
Vegetação – Savana Parque	202,07 km ²	73,25%
Vegetação – Arbórea Densa/Mata Ciliar	3,70 km ²	1,35%
Solo Exposto	7,64 km ²	2,76%
Corpo Hídrico	5,08 km ²	1,85%
Plantação/Pasto	50,03 km ²	18,14%

Fonte: Autora (2023).

O mapa de cobertura da terra apresenta uma distribuição variada de tipos de uso e cobertura na região estudada. Dentre os principais elementos identificados, destacam-se:

1. Mancha urbana (2,65%): Essa porção é ocupada por áreas rurais, refletindo o desenvolvimento humano concentrado em assentamentos e infraestruturas rurais. É relevante destacar que essa mancha é consideravelmente reduzida dentro dessa região, o que sinaliza que são as atividades rurais que primariamente ocasionam impactos significativos nessa bacia. Dentre esses impactos, destaca-se especialmente a supressão das matas ciliares, o que coloca em risco a integridade do recurso hídrico. É possível observar que a utilização da área próxima ao igarapé é uma prática que pode resultar na emissão de fontes poluidoras significativas. O uso inadequado dessa região, frequentemente relacionado a atividades urbanas ou agrícolas intensivas, pode levar à contaminação dos cursos d'água devido ao escoamento de resíduos, produtos químicos e sedimentos. A ausência de cobertura vegetal nativa, como as matas ciliares, que naturalmente protegem e filtram as águas, pode intensificar os impactos negativos. Portanto, é crucial adotar práticas de manejo adequadas nessas áreas próximas aos igarapés para minimizar a introdução de poluentes e preservar a qualidade dos recursos hídricos. A Figura 10, mostra a ocupação da região do estudo.

Figura 10 – Ocupação próximo as margens do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

2. Vegetação savana parque (75,25%): Esse extenso segmento é dominado por paisagens de savana, caracterizadas por uma mistura de gramíneas e árvores dispersas. A presença significativa dessa vegetação pode indicar condições de clima sazonal e características da região. Observa-se que esse tipo de vegetação é a que tem maior representatividade na área, conforme Figura 11 e 12 abaixo.

Figura 11 – Vegetação de savanas parque da região, presente no trecho próximo ao encontro com o Rio Branco.



Fonte: Autora (2023).

Figura 12 – Vegetação de savanas parque da região natural da região do Bom Intento.



Fonte: Autora (2023).

3. Vegetação mata ciliar (1,35%): Essa faixa estreita representa matas ciliares, que são vegetações ao longo das margens dos corpos d'água (Figura 13). Essas áreas desempenham um papel crucial na proteção dos cursos de água e na manutenção da qualidade da água.

Figura 13 – Vegetação de mata ciliar presente na região, ao entorno do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

4. Solo exposto (2,76%): Essa parcela é caracterizada pela ausência de cobertura vegetal, deixando o solo exposto a processos erosivos e à influência direta das condições climáticas. A Figura 14, mostra o solo da região do estudo.

Figura 14 – Solo exposto causado por propriedades para o lazer/balneários, para agricultura de subsistência, fazendas de piscicultura, pecuária e plantio de grãos.



Fonte: Autora (2023).

5. Corpo hídrico (1,85%): As áreas de corpo d'água, como rios, lagos ou reservatórios, são essenciais para a hidrologia da região, afetando a disponibilidade de água e a ecologia local. É importante ressaltar que a extensão da classe dos corpos hídricos pode, na verdade, ser maior do que o indicado pela análise, devido ao fato de que muitos desses corpos possuem cobertura vegetal que oculta ou disfarça a presença da água. Observa-se que na região a montante desses corpos hídricos, eles surgem de forma mais clara e marcante, possivelmente devido às áreas de inundação geradas pelas nascentes do tipo "freatoflicas", que têm origem nas flutuações do lençol freático. Essas nascentes provocam um aumento na área com água superficial, o que pode explicar a maior visibilidade e expressão desses corpos hídricos nessa região conforme figuras 15, 16 e 17.

Figura 15 – Corpo hídrico da região coberto por algumas vegetações presentes em alguns trechos do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

Figura 16 – Corpo hídrico da região, e algumas lagoas presentes nos tempos de cheia que aforam no inverno.



Fonte: Autora (2023).

Figura 17 – Corpo hídrico coberto pela vegetação da região presente em alguns trechos do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

6. Plantação/pasto (18,14%): Esse setor é ocupado por terras agrícolas ou pastagens. É provável que a presença significativa de plantação/pasto indique atividades agropecuárias, que podem desempenhar um papel importante na economia regional. As áreas designadas para atividades agropecuárias (representadas pela classe de plantação/pasto) exibem um padrão de dispersão que está intrinsecamente associado aos igarapés, indicando a forte dependência dessas atividades em relação aos recursos hídricos (Figuras 18 e 19).

Figura 18 – Área de plantação/pastos da região em crescimento devido o agronegócio no estado.



Fonte: Autora (2023).

Figura 19 – Área de plantação/pastos da região ao entorno do igarapé e seus afluentes.



Fonte: Autora (2023).

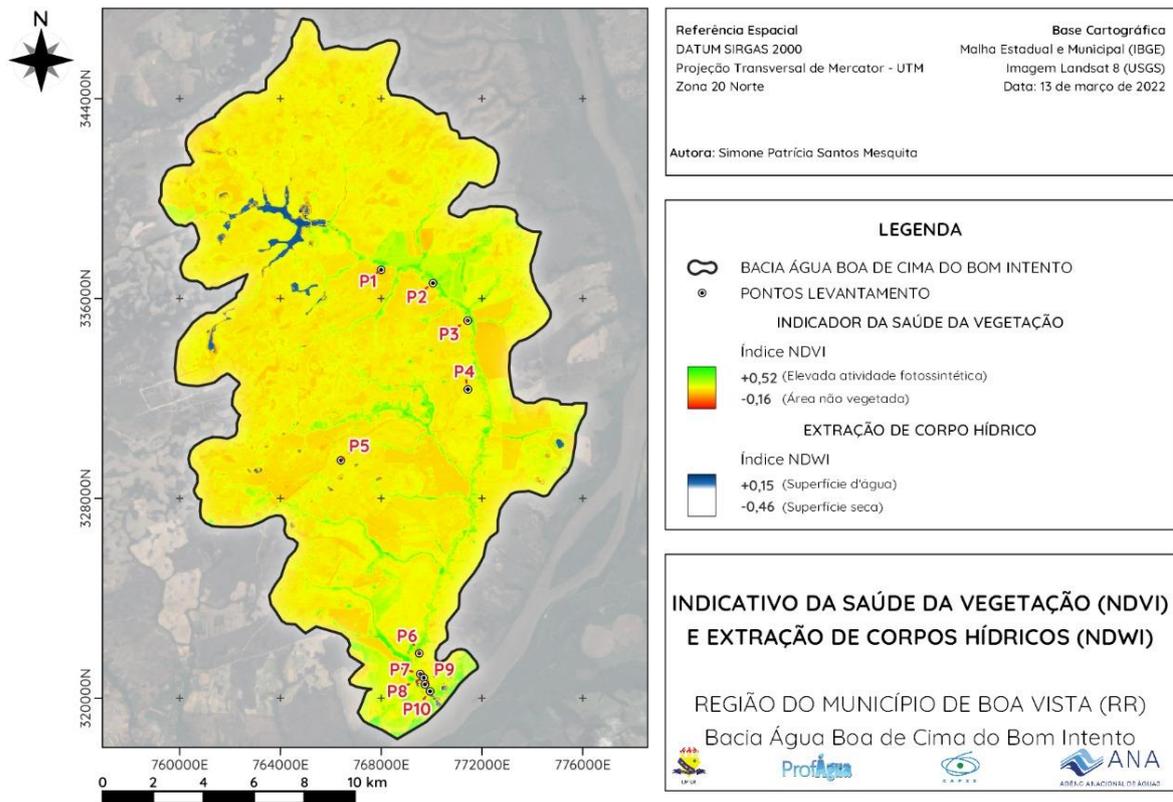
A complexa interrelação entre os diferentes tipos de cobertura da terra destaca a intrincada conexão entre a atividade humana e os ecossistemas naturais na área em estudo. O entendimento minucioso desses padrões desempenha um papel essencial na avaliação do impacto ambiental, na busca da sustentabilidade e na otimização da utilização dos recursos naturais na região. A análise abrangente do mapa de cobertura da terra em uma região rural oferece percepções cruciais para compreender a interação dinâmica entre a conservação do meio ambiente, as práticas agrícolas e pecuárias, bem como o progresso humano. Essa compreensão profunda é fundamental para orientar a implementação de práticas sustentáveis que harmonizem as necessidades humanas com a preservação eficaz dos recursos naturais, garantindo um equilíbrio essencial para o futuro da região.

4.2.2 Vegetação e corpo hídrico

É essencial ressaltar que, como evidenciado no mapa de uso e cobertura do solo, uma parcela significativa da vegetação representada na classificação "Vegetação – Savana Parque" consiste principalmente de gramíneas altas e árvores espaçadas. Durante o verão, essa vegetação assume um aspecto mais seco devido à escassez de água. É importante considerar que o mapa, baseado em uma imagem de satélite capturada no período mais seco da região, resulta em menos contraste, refletindo uma tonalidade verde-claro e amarelada para essa vegetação. Por outro lado, a classificação "Vegetação – Arbórea Densa/Mata Ciliar" é mais vibrante em tons de verde. As categorias "Plantação/Pasto" e "Solo Exposto" são indicadas em tons de laranja claro, enquanto a classificação "Mancha Urbana" aparece em um tom de laranja avermelhado vivo. Ao examinar o mapa de saúde da vegetação (Figura 20), é notável que o crescimento da área urbana nas margens do igarapé Água Boa de Cima, assim como as regiões destinadas à agropecuária, está diretamente vinculado às áreas de desmatamento nas proximidades do igarapé. Apesar disso, o nível de desmatamento ainda não é tão elevado, provavelmente devido

à região ser uma planície de inundação, o que dificulta a ocupação e a exploração intensiva. A Figura 21, mostra a vegetação e corpo hídrico da região.

Figura 20 – Mapa da saúde da vegetação com extração de corpos hídricos do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

Figura 21 – Vegetação característica e corpo hídrico de águas claras da região.

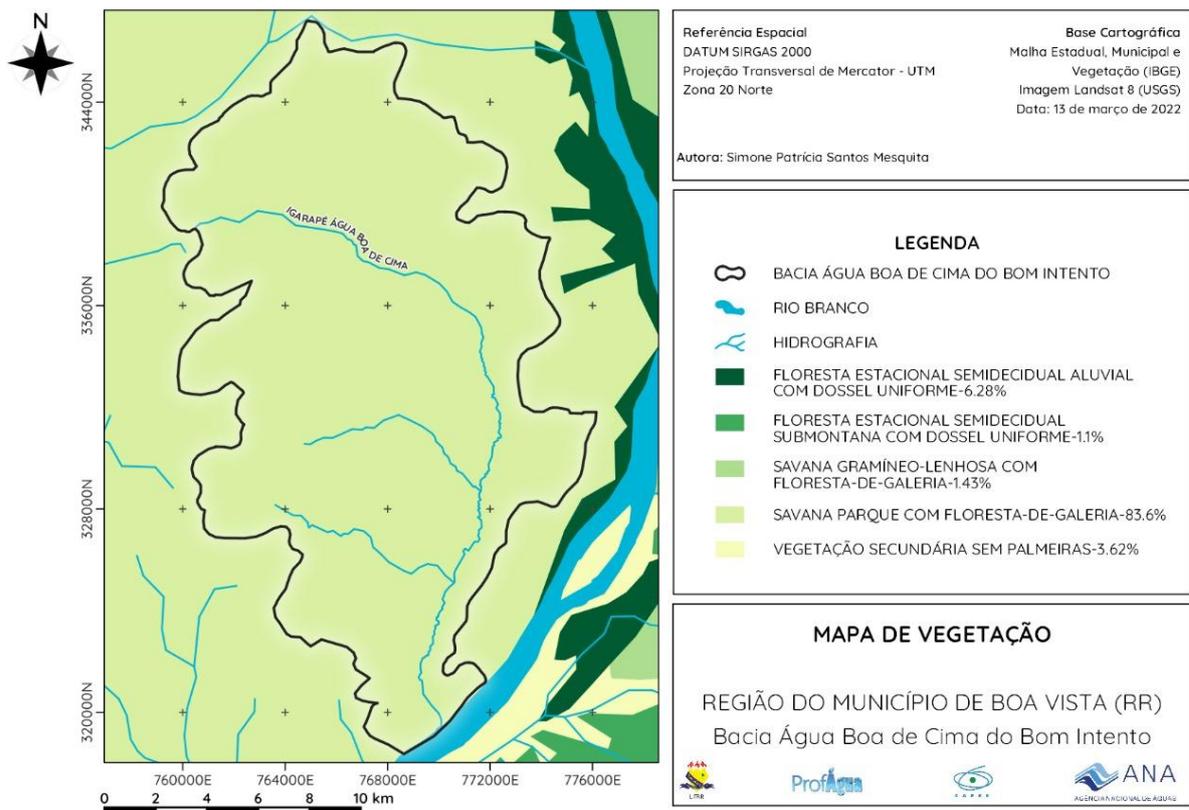


Fonte: Autora (2023).

4.2.3 Vegetação da área de estudo

O mapa de vegetação destaca uma característica predominante de "Savana Parque", com notáveis 83,6% da área abrangida por essa classificação (Figura 22). Essa vegetação é composta principalmente por gramíneas altas e árvores espaçadas, apresentando uma aparência mais seca no período de verão, devido à limitada disponibilidade de água. No entorno dessa savana, encontra-se o Rio Branco, que exibe um ecossistema característico de "Floresta Estacional Semidecidual Aluvial", indicando uma área de floresta que perde suas folhas em determinadas épocas do ano. Adicionalmente, coexistindo com a savana, há uma interação de "Savana Gramíneo-Lenhosa" junto à "Floresta de Galeria", criando um cenário de transição entre os dois ecossistemas. Essa configuração revela a complexidade da vegetação na região, moldada pela presença do rio e suas influências ecológicas. A Figura 23 e 24, mostra a vegetação ao entorno do igarapé.

Figura 22 – Mapa de vegetação do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

Figura 23 – Vegetação da região próxima ao encontro do Rio Branco.



Fonte: Autora (2023).

Figura 24 – Vegetação característica a beira do rio Branco na foz do Igarapé Água Boa de Cima.



Fonte: Autora (2023).

4.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA DO IGARAPÉ ÁGUA BOA DE CIMA PARA CRITÉRIO DE OUTORGA COM BASE NAS VAZÕES DE REFERÊNCIAS

A microbacia do Igarapé Água Boa de Cima, tem apresentado uma crescente demanda pelos usos múltiplos da água nos últimos anos. Esses usos múltiplos passaram a ser desencadeado pela chegada do agro na região, bem como a criação da pecuária e a agricultura de subsistência. Essas demandas hídricas, tornam-se preocupantes com o uso crescentes desses recursos. Com a análise e estimativa das vazões de referências e as curvas de permanência para o período de estudo que compreende de 1977 a 2014, é possível quantificar a disponibilidade hídrica para a área da bacia hidrográfica e assim, avaliar o melhor cenário para critérios de outorgas, usando com bases as vazões de referências ($Q_{7,10}$; Q_{50} ; Q_{75} , Q_{90} e Q_{95}).

Para a gestão da outorga de uso da água, duas principais grandezas são essenciais: a disponibilidade hídrica e a demanda hídrica. A disponibilidade hídrica é calculada a partir de séries históricas de vazões, nas quais as vazões de referência são determinadas, enquanto as demandas são registradas através das solicitações ao órgão gestor. A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) define a disponibilidade hídrica como a estimativa da quantidade de água disponível para diversos usos, considerando um nível de garantia específico, que no caso da ANA corresponde à vazão de referência Q_{90} , representando a vazão que ocorre no rio em pelo menos 90% do tempo. Com base nesses critérios, a Tabela 5 detalha o comportamento das vazões para a série histórica da bacia em estudo.

Tabela 5 – Vazões de referências para critérios de outorgas para a série histórica completa.

Item	Critérios adotados	Período estudado (1977 a 2014)		
		Vazões de referencias		
		Q_{90}	Q_{95}	$\leq 80\% \cdot Q_{90}$
01	Critério 01 ANA	331,31	251,35	-
02	Critério 02 (RORAIMA)	331,31	-	265,04

Fonte: Autora (2023).

Tanto a ANA (2019), quanto RORAIMA (2007), faz-se usos da vazão mínima como critérios de outorgas, uma vez que trata de uma vazão mínima de referência para o processo outorga, no

qual essa vazão representa o limite superior de utilização da água em um curso de água e, normalmente é baseado em vazões de estiagem ou em vazões com alta probabilidade de superação. Somente certo percentual dessas vazões deve ser utilizado, sendo o restante considerado como vazão necessária para a manutenção do meio biótico (vazão residual ou vazão ecológica), poderia também ser considerada a vazão $Q_{7,10}$ como vazão outorgável, tanto usando os conceitos e critérios estabelecidos pela ANA (2019), quanto para Roraima (2007).

A Tabela 5, mostra que a bacia em estudo apresenta uma elevada disponibilidade hídrica, seja pelo uso da Q_{90} e/ou $80\%Q_{90}$ ou $331,31\text{m}^3/\text{s}$ e $265,04\text{m}^3/\text{s}$, respectivamente para demandas em diversos usos múltiplos. Nessa análise, os dois cenários citados, são favoráveis para critérios de vazões outorgáveis.

Para análise de fins para outorga, considera-se que um rio acima de 50% da vazão de referência outorgada já deve ter um olhar especial, em termos de comprometimento do uso, porém, por tratar-se de uma área que vem apresentando um crescimento nessas demandas nos últimos anos, esses usos, ainda não trazem cenários preocupantes quanto ao uso dos recursos hídricos. Neste caso, poderia ser adotado, inicialmente, valores mais conservadores, forçando que o Igarapé Água Boa de Cima, tenha um maior comprometimento coletivo com valores menores que 50% dessa demanda.

4.3.1 Hidrógrafa da série história completa do período em estudo

Na Figura 25, mostra a hidrógrafa ou hidrograma que nada mais é que a representação gráfica da vazão que passa por uma seção, ou ponto de controle, em função do tempo, neste caso a série em estudo 1997 a 2014, uma vez que essa caracterização do hidrograma é feita a partir de observações e registros das variações de vazão no decorrer do tempo. É possível observar o comportamento das vazões $Q_{7,10}$; $Q_{50\%}$, $Q_{75\%}$, $Q_{90\%}$ e $Q_{95\%}$. Os resultados obtidos mostraram tendência de comportamento similares nas nove sequencias similares, que são mostrados a cada 10 anos e no final de cada série, com disponibilidade hídrica favorável para todas as séries outorgáveis.

Os resultados do estudo das vazões de referência $Q_{7,10}$, $Q_{50\%}$, $Q_{75\%}$, $Q_{90\%}$, e $Q_{95\%}$ (com valores de 121,508; 1095,367; 613,679; 331,312; e 251,355, respectivamente) fornecem informações valiosas sobre o comportamento hidrológico da área de estudo ao longo do período

analisado (1997 a 2014). Aqui estão algumas observações e interpretações com base nesses resultados:

1. Estabilidade do Regime Hidrológico: A proximidade dos valores de Q7,10 e Q50% indica que, em média, as vazões mais baixas são relativamente constantes ao longo do tempo, com um Q7,10 de 121,508, o que sugere que, em apenas 10% do tempo, as vazões caem abaixo desse valor.
2. Mediana Representativa: O valor de Q50% (1095,367) é uma mediana representativa das vazões e indica que a metade das observações de vazão está acima desse valor e a outra metade está abaixo. Isso fornece uma base sólida para entender o regime hidrológico típico da área.
3. Variações Intermediárias: Q75% (613,679) e Q90% (331,312) refletem vazões que são superadas em apenas 25% e 10% do tempo, respectivamente. Isso sugere que, em condições normais, o rio apresenta vazões intermediárias e altas em uma proporção considerável do tempo.
4. Condições de Enchentes: O valor de Q95% (251,355) indica a vazão que é superada em apenas 5% do tempo. Isso é importante para avaliar condições de enchentes, onde as vazões são excepcionalmente altas e podem representar riscos para áreas adjacentes.

Em resumo, os resultados indicam que a área de estudo possui um regime hidrológico estável e bem distribuído ao longo do período analisado, com uma disponibilidade hídrica favorável para várias finalidades, como agricultura, abastecimento de água e outros usos. No entanto, é essencial considerar essas informações no contexto das necessidades e demandas específicas da região, bem como na formulação de políticas de gestão sustentável dos recursos hídricos para garantir o uso responsável e eficiente da água.

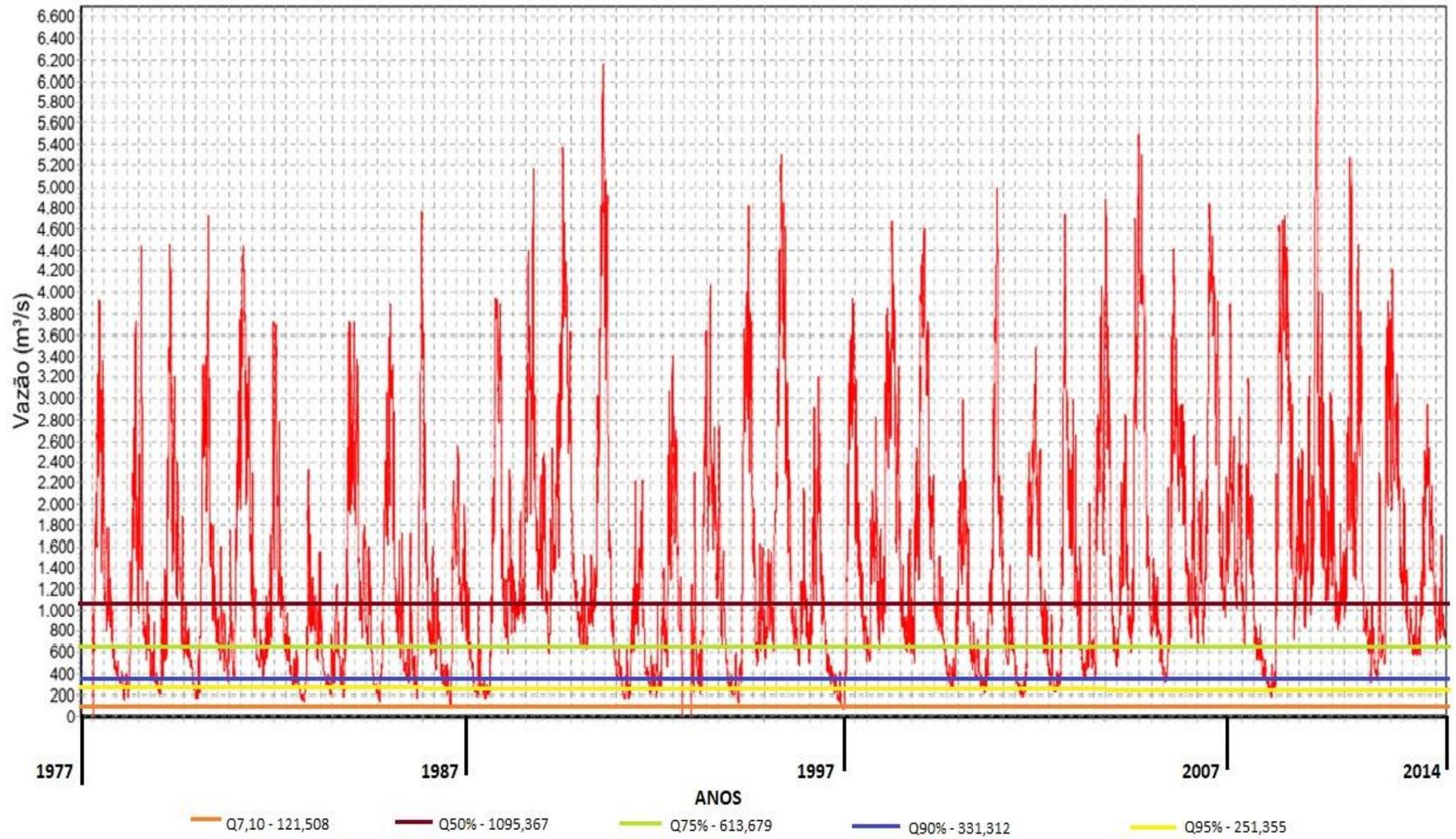
a) VAZÕES DE REFERÊNCIA – SÉRIE COMPLETA (1997 a 2014) E PERÍODOS DE 10 EM 10 ANOS

Na Figura 26 é importante ressaltar, primeiramente, que as vazões mínimas de referência para concessão de outorga apresentaram diferenças expressivas. A Q_{50%} da série completa foi, em

média, 88,90% superior em relação a $Q_{7,10}$ da série completa. Sabe-se que a vazão $Q_{50\%}$ também é uma vazão de permanência, considerada a mediana das vazões. É a vazão extraída da curva de permanência cuja probabilidade de ser igualada ou superada é de 50% , segundo (JUNIOR, 2003).

Considerando as projeções do uso de diferentes critérios de vazões máximas permissíveis para a concessão de outorga no período avaliado dessa série completa, é perceptível que as vazões de referências tem variação de 56,02% da $Q_{75\%}$ até 88,90% maior quando da comparação dos critérios da $Q_{7,10}$.

Figura 25 – Hidrógrafa da série completa – 1977 a 2014



Todavia, somente o uso da $Q_{7,10}$ do período tende a ser bastante restritivo durante todo o ano, uma vez que limita a vazão permissível para outorga a uma restrição evidenciada apenas em um período específico, de escassez hídrica, comum em Roraima, nos meses de janeiro a abril e de setembro a dezembro, do fato de que a vazão máxima outorgável corresponde a apenas uma pequena parte da vazão existente no rio, muitos deles temporários, que não é o caso do igarapé Água boa de Cima. A Tabela 6, traz as demais vazões hidrológicas de referências que dependendo do uso consutivo e outros parâmetros hidrológicos na bacia, poderão ser adotadas como vazões outorgáveis.

Tabela 6 – Vazões outorgáveis da série histórica completa e dos períodos de 10 em 10 anos.

Vazões de Referências - Permanência (%)	Vazões de Referências - Q(m³/s) Anos de 1977-2014	Vazões de Referências - Q(m³/s) Anos de 1977-1987	Vazões de Referências - Q(m³/s) Anos de 1987-1997	Vazões de Referências - Q(m³/s) Anos de 1997-2007	Vazões de Referências - Q(m³/s) Anos de 2007-2014
Q_{7,10}	121,508	120,729	122,18	133,325	
Q_{50%}	1095,367	814,089	1102,31	1161,945	1436,315
Q_{75%}	613,679	438,898	628,153	631,84	897,879
Q_{90%}	331,312	277,273	305,322	349,706	611,901
Q_{95%}	251,355	218,268	236,486	272,267	414,5877

Fonte: Autora (2023).

A figura 27, traz um intervalo de confiabilidade superior na escala estatística de logpearson 3 de 95% para a $Q_{7,10}$ de 121,60m³/s e 92,47m³/s para o intervalo confiabilidade inferior 95% e uma variação média de 5,62m³/s. A escala logpearson é recomendada para avaliar a vazão mais restritiva para série em estudo, e obtida para intervalos maiores que 10 anos de séries históricas.

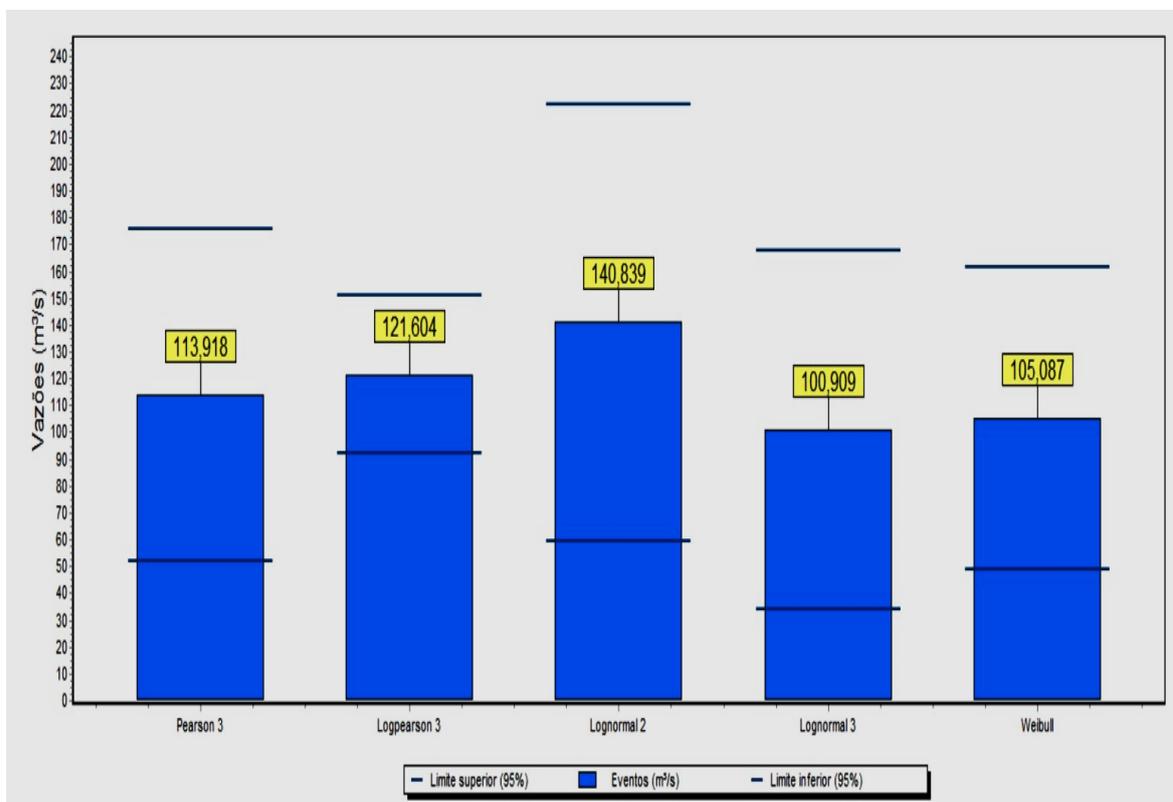
Em análise de Silva (2015), a vazão mínima encontrada com ajuste pelo método LogPearson 3 apresentou um valor bem mais restritivo do que a $Q_{95\%}$ obtida. Em trabalhos elaborados por Sperling (2007) e Pertel et al. (2007), também é possível observar que a vazão $Q_{7,10}$ se mostrou como a alternativa mais rigorosa para todas as estações fluviométricas estudadas.

Normalmente, a vazão $Q_{7,10}$ é mais restritiva, ou seja, seus valores são menores que os das vazões $Q_{95\%}$. No entanto, segundo Sperling (2007), a diferença entre os valores de vazão de referência depende do regime hidrológico do curso d'água.

É importante ressaltar que, como os valores da vazão $Q_{7,10}$ foram bastante baixos, esta vazão tende a sofrer maior influência de características hidrogeológicas. Mattiuzi (2013), em um estudo de recarga de aquífero na bacia do rio Ibicuí, diz que os mananciais subterrâneos e superficiais não devem ser abordados separadamente, pois existe uma interferência mútua entre ambos.

Para critérios de outorgas as vazões $Q_{90\%}$ e $80\%Q_{90\%}$ poderão ser implementadas, em todos os períodos estudados, mostrados na série completa de 1997 a 2014, bem como, em períodos menos de 10 anos, conforme será visto nas análises seguintes.

Figura 27 – Análise estatística para a vazão de referência mais restritiva da série histórica em estudo.



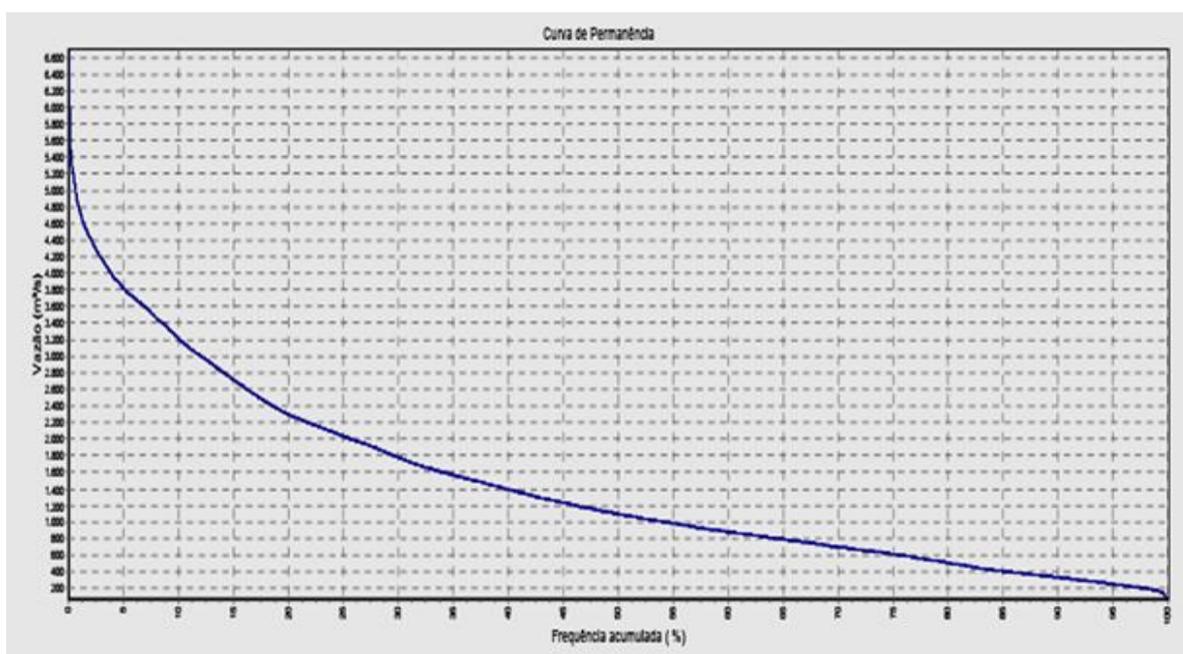
Fonte: Autora (2023).

A análise do critério de outorga de 80% da Q90% resultou em uma variação que pode ser de até 66,27m³/s no volume outorgado usando o critério da ANA (2019). Esses valores indicam que existe uma grande variação entre os valores de outorga anual e mensal, embora, essa série de dados de mais de 30 anos, onde os valores anuais são mais restritos, pois são outorgados valores baseados no período de maior escassez hídrica no ano. Na análise mensal, ela vai representar as características intrínsecas das vazões de cada mês. Essa variação com uso do critério de 80% Q90% anual para mensal poderá ser ainda menor, pois em alguns meses as vazões da Q90% mensal serão menores do que a Q90% anual. A Série a seguir, traz um detalhamento de uma série menor, com o intuito de comparar com essa aqui.

b) CURVA DE PERMANÊNCIA – SÉRIE COMPLETA E PERÍODOS DE 10 EM 10 ANOS

A figura 28, 29, 30, 31 e 32, traz a curva de permanência da série hidrológica completa de 1997 a 2014 e períodos de 10 em 10 anos, essas curvas representa a relação entre vazão e frequência diária, semanal, mensal, ou de algum intervalo de tempo para uma determinada bacia hidrográfica. Essas curvas fornecem uma estimativa do percentual de tempo em que uma determinada vazão foi igualada ou ultrapassada ao longo de um período histórico. Tem-se assim uma visão simples, porém abrangente, da variabilidade histórica associada à vazão em uma bacia (VOGEL e FENNESSEY, 1999).

Figura 28 – Curva de permanência das vazões de referências completa para a série estudada

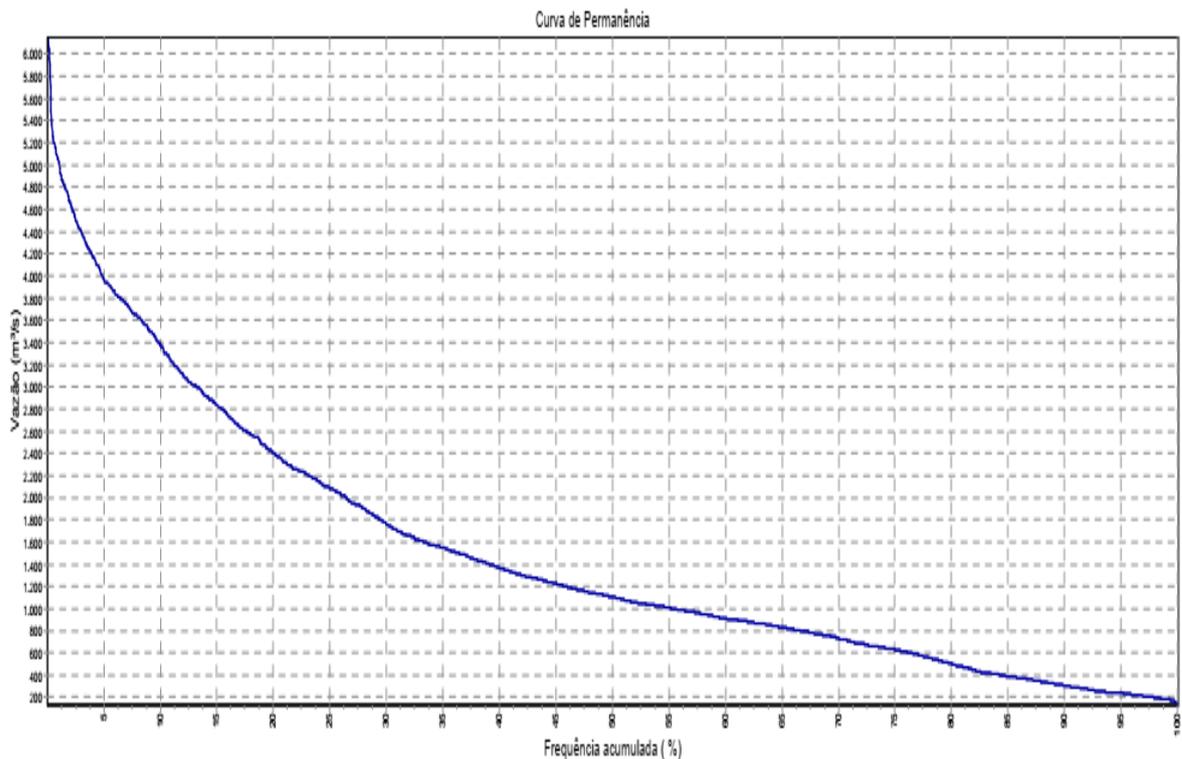


Fonte: Autora (2023).

O estado de Roraima, existe uma diferença anual de pluviosidade, em que apresenta a maior frequência de observações de precipitação entre abril a agosto, que é a estação chuvosa, e está bem distribuída espacialmente; em janeiro a março, a precipitação está bem irregular e abaixo dos 300 mm ao mês. A estação seca ocorre entre abril e agosto e de janeiro a março, período em que a precipitação diminui principalmente em todo o estado, em direção a linha do Equador, com maior frequência. Nesse período, os meses de setembro a dezembro destacam-se como os meses mais secos do ano.

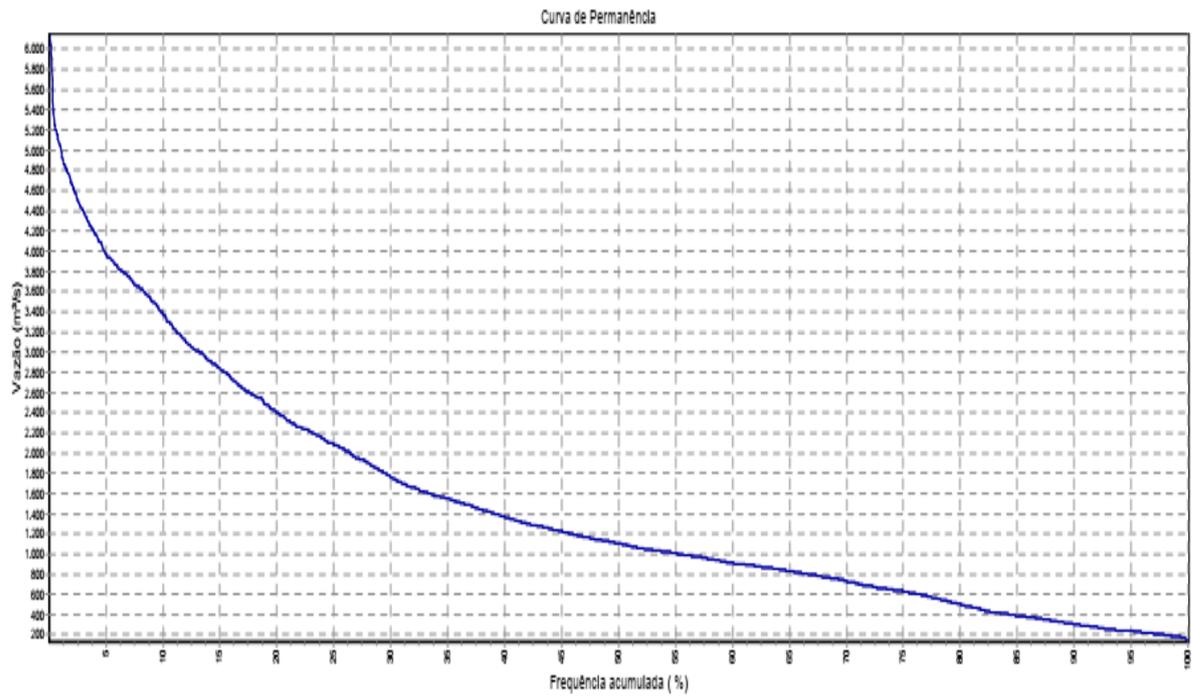
Em seguida as figuras 29, 30, 31 e 32 referentes aos períodos de 10 em 10 anos da Curva de permanência das vazões.

Figura 29 – Curva de permanência das vazões de referências anos 1977 a 1987.



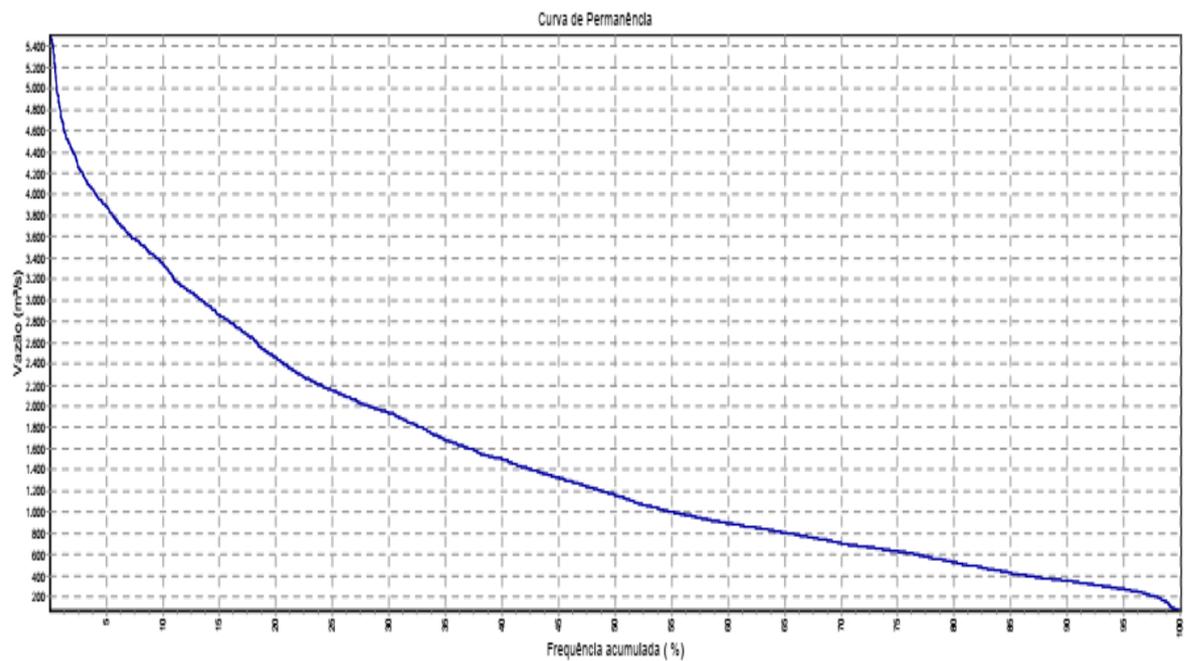
Fonte: Autora (2023).

Figura 30 – Curva de permanência das vazões de referências anos 1987 a 1997.



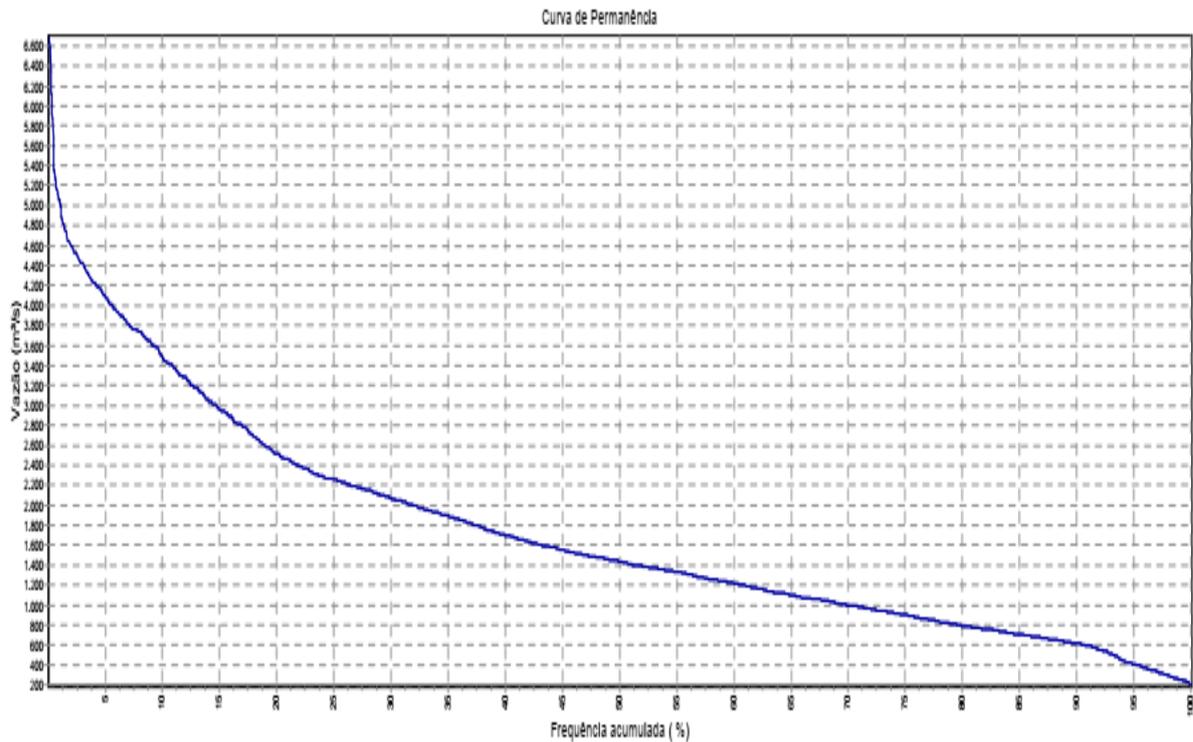
Fonte: Autora (2023).

Figura 31 – Curva de permanência das vazões de referências anos 1997 a 2007.



Fonte: Autora (2023).

Figura 32 – Curva de permanência das vazões de referências anos 2007 a 2014.

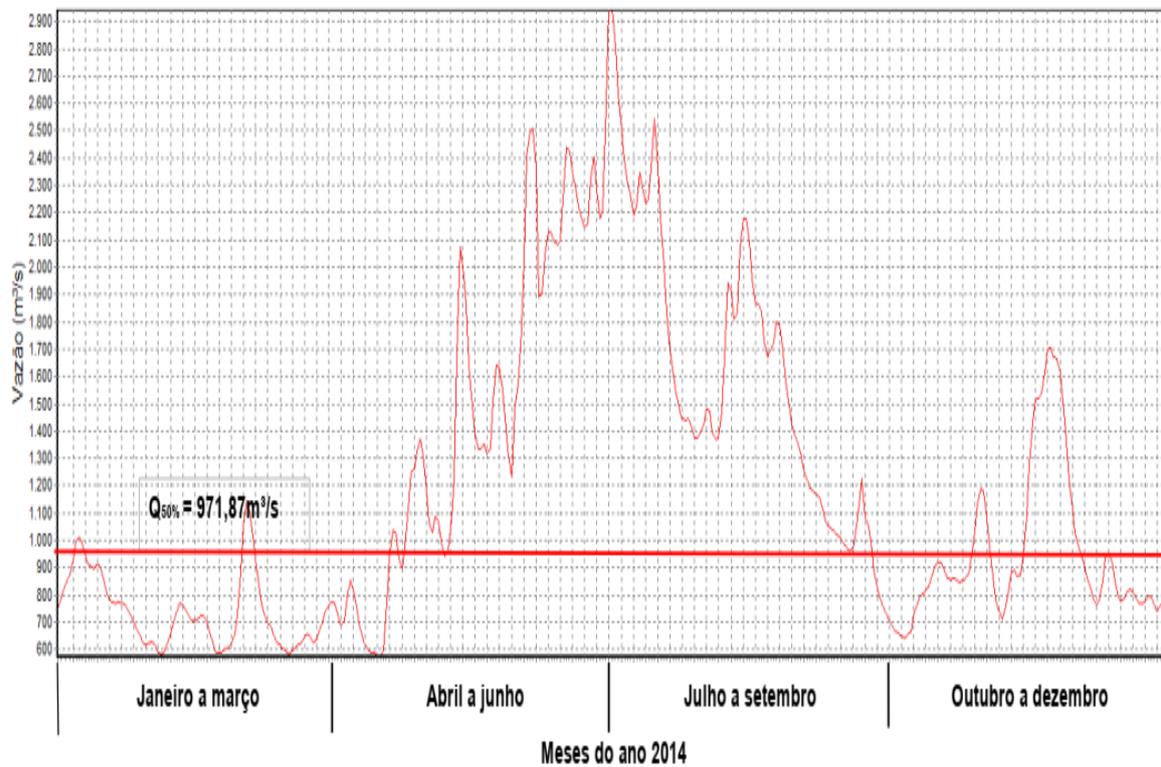


Fonte: Autora (2023).

4.3.2 Comportamento Hidrológico das vazões de referências para o último ano da série -2014

Na Figura 33, é apresentado o hidrograma, que consiste na representação gráfica da vazão que flui por uma determinada seção, ou ponto de controle, ao longo do tempo, abrangendo a série temporal do ano de 2014. Esse hidrograma é construído com base em observações e registros das variações das vazões ao longo desse período. Por meio desse gráfico, é possível analisar o comportamento das vazões Q7,10, Q50%, Q75%, Q90%, e Q95%.

Figura 33 – Hidrográfa da vazão de referência ano 2014.



Fonte: Autora (2023).

A importância dessa hidrografia anual de $Q_{50\%}$ reside no fato de que ela fornece uma medida representativa do regime hidrológico típico daquele ano em particular. Ao examinar esse gráfico, os gestores de recursos hídricos, pesquisadores e tomadores de decisão podem fazer as análises e inferências.

Os resultados indicam que a área possui um regime hidrológico estável e bem distribuído, com disponibilidade hídrica favorável para diversos fins, incluindo agricultura e abastecimento de água. No entanto, é crucial contextualizar essas informações de acordo com as necessidades locais e implementar políticas de gestão sustentável dos recursos hídricos para assegurar um uso responsável e eficiente da água.

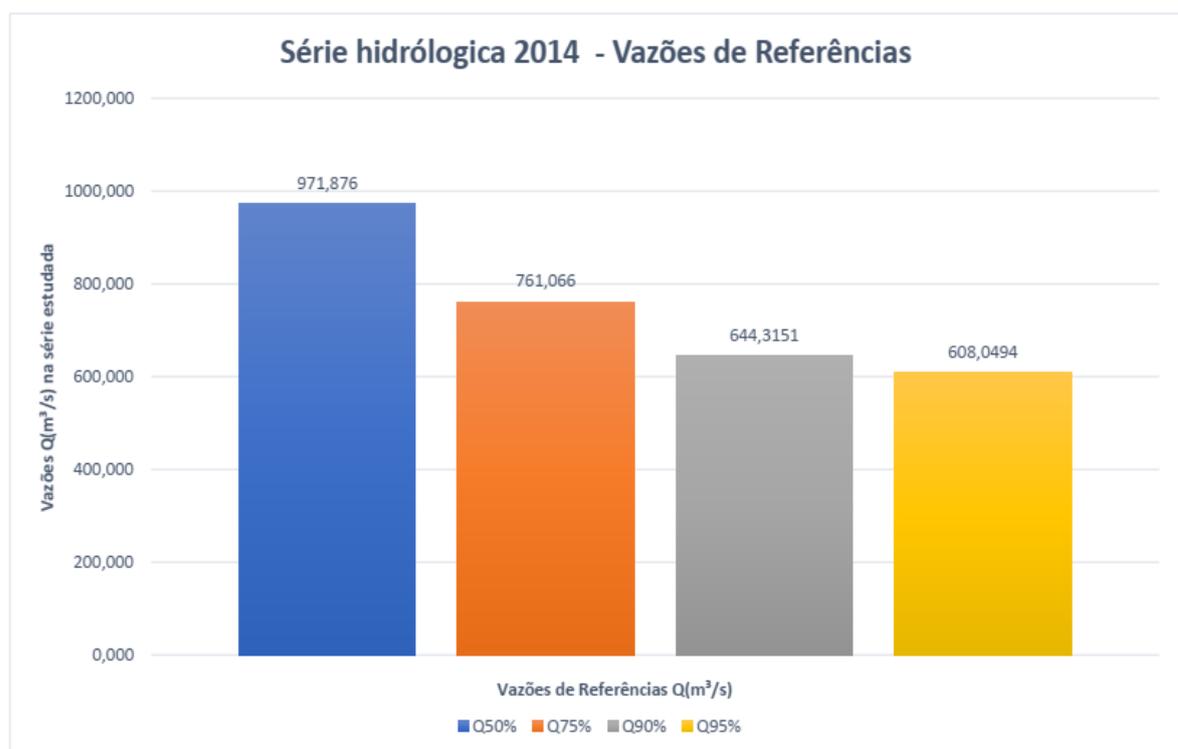
4.3.2.1 Vazões de referência para o último ano da série – 2014

As vazões de referência são valores críticos que desempenham um papel fundamental na gestão

dos recursos hídricos. Elas representam os níveis de vazão que caracterizam o comportamento de um rio ou corpo d'água ao longo do tempo, incluindo condições de seca e enchentes. Vazões como Q7,10, Q50%, Q75%, Q90%, e Q95% são utilizadas para avaliar a disponibilidade hídrica, tomar decisões relacionadas ao uso da água e garantir a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos e das atividades humanas que dependem desse recurso vital. A compreensão e monitoramento contínuo das vazões de referência são cruciais para uma gestão eficaz e responsável dos recursos hídricos em face das mudanças climáticas e das crescentes demandas por água.

A Figura 34 apresenta o comportamento das vazões de referência durante o ano de 2014. Detalhando os valores das Q50%, Q75%, Q90%, e Q95%.

Figura 34 – Comportamento das vazão de referência do ano 2014.



Fonte: Autora (2023).

As vazões de referência para o último ano da série em 2014, apresentando valores de Q50% (971,876), Q75% (761,066), Q90% (644,3151) e Q95% (608,0494), fornecem insights importantes sobre as condições hidrológicas desse ano específico. Aqui estão algumas

observações com base nesses resultados:

- **Vazões Medianas em 2014 (Q50%):** O valor de Q50% de 971,876 indica que metade das observações de vazão para o ano de 2014 estavam acima desse valor e a outra metade estava abaixo. Isso sugere que o ano experimentou uma mediana relativamente alta de vazões, o que pode ser indicativo de uma disponibilidade hídrica razoável ao longo do ano.
- **Condições Intermediárias (Q75% e Q90%):** Os valores de Q75% (761,066) e Q90% (644,3151) indicam vazões que são superadas em apenas 25% e 10% do tempo em 2014, respectivamente. Isso sugere que, mesmo em situações de maior demanda ou estresse hídrico, as vazões intermediárias ainda foram relativamente boas, o que é positivo para usos como irrigação agrícola e abastecimento de água.
- **Condições de Enchentes (Q95%):** O valor de Q95% (608,0494) indica a vazão que foi superada em apenas 5% do tempo durante o ano de 2014. Isso sugere que, em termos de enchentes e situações de vazões excepcionalmente altas, o ano não apresentou condições extremas, o que é importante para a segurança das áreas ribeirinhas.

Em resumo as vazões da série histórica anual de 2014, na tabela 7 abaixo:

Tabela 7- Vazões outorgáveis da série histórica ano 2014

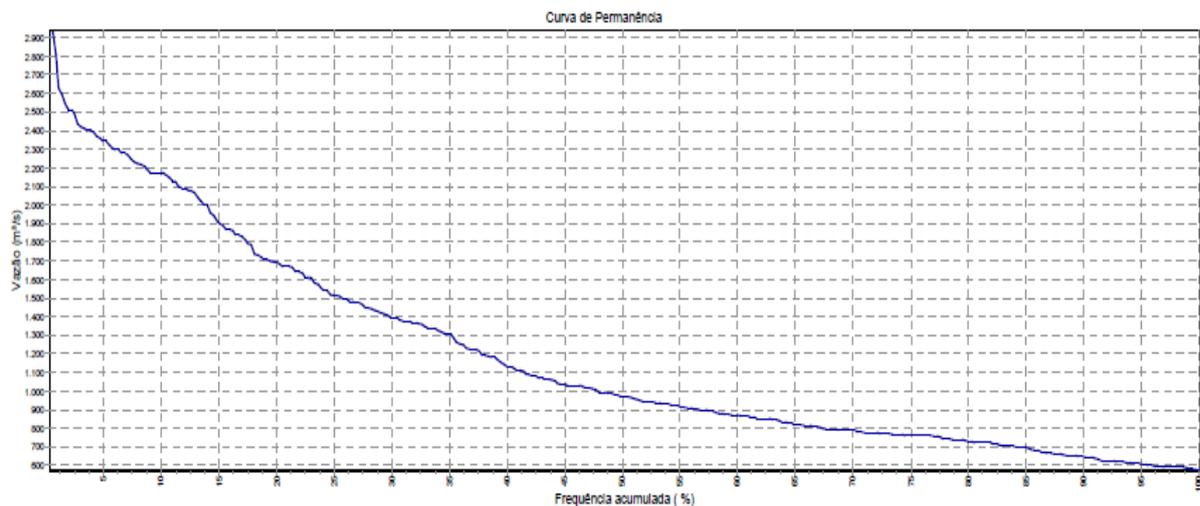
Permanência %	Vazão (m ³ /s)
95	608,0494
90	644,3151
85	696,7206
80	729,3420
75	761,0660
70	787,8360
65	820,3560
60	869,9310

55	916,0433
50	971,8760

Elaboração: Autora (2023).

A curva de permanência, também chamada de curva de duração, é um gráfico que relaciona as vazões de um rio com a probabilidade de ocorrência ao longo do tempo. Ela indica quão frequentemente as vazões se mantêm iguais ou superam um valor específico. Essa ferramenta é essencial para analisar e compreender o comportamento das vazões, identificar vazões críticas, e tomar decisões relacionadas à gestão de recursos hídricos, planejamento de usos da água e avaliação de riscos de enchentes ou secas, contribuindo para um uso sustentável dos recursos hídricos.

Figura 35 – Curva de permanencia das vazão de referência ano 2014.



Fonte: Autora (2023).

No geral, os resultados indicam que o ano de 2014 apresentou condições hidrológicas relativamente favoráveis, com vazões que permitiram uma boa disponibilidade de água para diversas finalidades. No entanto, é importante ressaltar que esses valores devem ser considerados no contexto das necessidades e demandas específicas da região, e devem ser utilizados de forma responsável na gestão dos recursos hídricos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível perceber que a investigação desse tema é de extrema importância para a compreensão dos complexos processos hidrológicos e suas interações com as atividades humanas e o meio ambiente.

A avaliação das classes de cobertura do solo, por sua vez, trouxe à tona a interligação entre as atividades humanas e as características naturais da microbacia. A identificação de áreas de vegetação, manchas urbanas, agropecuária e corpos hídricos permitiu entender como as diferentes utilizações do solo impactam diretamente a disponibilidade hídrica. Notou-se a relevância das matas ciliares na proteção dos cursos d'água e a necessidade de adotar práticas de manejo adequadas para prevenir a introdução de poluentes.

Através da análise das vazões médias de referência para critérios de outorga, foi possível estabelecer parâmetros que delimitam de forma sustentável a quantidade de água que pode ser utilizada em atividades humanas sem comprometer a integridade dos ecossistemas aquáticos e a disponibilidade para usos futuros. Esses valores fornecem orientação fundamental para a gestão responsável dos recursos hídricos, garantindo a sua utilização de forma equilibrada e compatível com a preservação ambiental.

Em síntese, este estudo abordou a avaliação da disponibilidade hídrica na microbacia do Igarapé Água Boa de Cima de forma holística, considerando tanto os aspectos quantitativos das vazões médias de referência quanto as interações entre a cobertura do solo e os recursos hídricos. Os resultados obtidos têm implicações significativas para a gestão ambiental e a sustentabilidade das atividades humanas nessa região. O conhecimento gerado contribuirá não apenas para a tomada de decisões informadas sobre a utilização da água, mas também para a conscientização sobre a importância de práticas sustentáveis que garantam a preservação dos recursos hídricos para as gerações presentes e futuras.

Em conclusão, a análise das vazões de referência ao longo do período estudado, com ênfase nas vazões Q7,10, Q50%, Q75%, Q90%, e Q95%, revela um panorama hidrológico favorável na área de estudo. Os resultados indicam que, em média, as vazões são relativamente estáveis e bem distribuídas ao longo do tempo, proporcionando uma base sólida para uma variedade de usos, incluindo agricultura, abastecimento de água e outros setores.

Além disso, a observação das vazões no último ano da série, em 2014, mostra que as condições hidrológicas eram favoráveis naquele período específico, com vazões medianas consideravelmente altas e uma ausência de condições extremas de enchentes. Essa estabilidade e previsibilidade nas vazões são cruciais para a tomada de decisões informadas em relação à gestão dos recursos hídricos.

No entanto, é importante destacar que as variações climáticas e as mudanças no uso da terra podem influenciar significativamente as vazões ao longo do tempo. Portanto, a monitorização contínua e a adaptação das políticas de gestão são essenciais para garantir a sustentabilidade e a segurança dos recursos hídricos na área de estudo. A compreensão profunda desses dados de vazões de referência é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão hídrica que atendam às necessidades presentes e futuras da comunidade e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. Usos Múltiplos da Água. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua/outros-usos> Acesso em: 10/02/2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos, Brasília, 2001.
- ABRH, Modelos para gerenciamento de recursos hídricos, Porto Alegre, 1995.
- ALBUQUERQUE, A. R. C. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental. Revista Geonorte, Edição Especial, v.4, n.4, p.201 – 209, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. 2010. www.ana.gov.br. Acessado em 20/02/2022. Alley, W.M.; Leake, S.A. 2004. The journey from safe yield to sustainability. Ground Water, vol. 42, no. 1, p. 12-16.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Cadernos de capacitação em recursos hídricos, v. 6, 2011.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe anual, Brasília, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Enquadramento dos Corpos d`água em classes**. Brasília, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Unidade 1 - Fundamentos legais sobre a Gestão da Qualidade das Águas**. 2021.
- AMORIM, JOHN ERIC LEMOS de. Análise ambiental integrada e os impactos decorrentes do uso e ocupação na microbacia do igarapé Água Boa do Bom Intento, Boa Vista/RR / John Eric Lemos de Amorim. – 2019.
- AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia. v. 13, n. 41, p. 80-101, 2012. Revista online. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em: 02/02/2018.
- AMORIN JÚNIOR, JOÃOZITO C. Disponibilidade Hídrica para Outorga de Captação - Critérios Anual e Mensal para Definição de Vazões Mínimas de Referência. **Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 2014.
- ANDRADE, N. L. R.; XAVIER, F.V; ALVES, E.C.R. F.; SILVEIRA, A. OLIVEIRA, C.U.R. de. Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso-MT. **Geociências**, São Paulo, UNESP v. 27, n. 2, p. 237-246, 2008.
- BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Fitofisionomias e diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A; COSTA E SOUSA, J. M. **Savanas de Roraima: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris**. Boa Vista: FEMACT-RR,

p. 61-78, 2005.

BARBOSA, R. I. Distribuição de chuvas em Roraima. IN: BARBOSA, R.I., FERREIRA, E.J.G., CASTELLON, E.G. (eds.). **Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima**. INPA, Manaus. p.325-335, 1997.

BARBOSA, R. I. **Savanas da Amazônia**: emissão de gases do efeito estufa e material particulado pela queima e decomposição da biomassa acima do solo, sem a troca do uso da terra, em Roraima, Brasil. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas. 212p. 2001. (Tese de Doutorado).

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 1994.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Revista RAEGA, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Disponível em: revistas.ufpr.br/raega/article/download/3389/2718.

BENETTI, A. D.; LANNA, E.; COBALCHINI, M. S. (2003). “Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios” Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 8(2), 149-160.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S; BOTELHO, R.G.M. Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Ed. Bertrand Brasil, Capítulo 8. 1999. Disponível em: <https://geojurista.files.wordpress.com/2014/04/aula001.pdf>. Acesso em: 22/01/2022.

BULLER, HENRY. Towards sustainable water management. Catchment planning in France and Britain. Land Use Policy, v. 13, p. 289-302, 1996.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 22/02/2022.

BRITO, A. P. G.; OLIVEIRA, G. S. de; SILVA, B. A. da. A importância da pesquisa bibliográfica no desenvolvimento de pesquisas qualitativas na área de educação. Revista Cadernos da Fucamp, Monte Carmelo, v.20, n.44, p. 1-15, 2021. Disponível em: < <https://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/cadernos/article/download/2354/1449> >. Acesso em: 27 jan. 2022.

CAMPOS, C.; PINTO, F.; BARBOSA, R. I. O Lavrado de Roraima: importância biológica, desenvolvimento e conservação na maior savana do Bioma Amazônia. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA, Boa Vista-RR, 2008.

CARVALHO, T. M. de. Sistemas e ambientes denudacionais e agradacionais, uma primeira aproximação para o estado de Roraima, Norte da Amazônia. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.16, p. 77-98. jan./mar. de 2014b.

CARDOSO, C, A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do rio Debossan, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

- COSTA, W. D. 2000. Uso e Gestão de Água Subterrânea. In: Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Feitosa, F.A.C. & Manoel, Filho J. (Coord.). Fortaleza-CE. CPRM/REFO, LABHID-UFPE. p.341-367.
- CHRISTOFOLETTI, A. A aplicação da abordagem em sistemas na geografia física. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, v. 52, n.2, p. 21-35, abr/jun. 1990.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise de sistemas em geografia. São Paulo: HUCITEC. Universidade de São Paulo, 1979.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2ª edição. São Paulo: Editora Blucher, 188p. 1980.
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- CRUZ, J. C. Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais. 2001. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Departamento de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, RS. 2001.
- CRUZ, J. C.; SILVEIRA, G. L. da. Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação integrada por bacia. Revista de Gestão de Águas da América Latina - REGA, v. 4, n. 2, p. 65-76, jul./dez. 2007.
- CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n. 1, p. 111-124, jan./mar. 2008.
- COLLISCHONN, BRUNO ; LOPES, ALAN V. Sistema de Apoio à Decisão para Análise de Outorga na Bacia do Rio Paraná. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Novembro 2009.
- DANIEL, LUIZ ANTÔNIO (Org.). Processo de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável. vol 2. 1ª ed. Rio de Janeiro: Rima, Abes. 2001. 155p.
- DE QUEIROZ, ARLEI T.; DE OLIVEIRA, LUIZ A. Relação entre produção e demanda hídrica na Bacia do Rio Uberabinha, Estado de Minas Gerais, Brasil. Sociedade & Natureza, v. 25, p. 191-204, Abril 2013.
- DE MOURA, EULINA M. Avaliação da disponibilidade hídrica e da demanda hídrica no trecho do Rio Piranhas-Açu entre as açudes Coremas-Mãe D`água e Armando Ribeiro Gonçalves. Dissertação de mestrado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, março 2007.
- FARIAS, J. F.; SILVA, E. V.; NASCIMENTO, F. R. do. Caracterização de sistemas ambientais como base metodológica para o planejamento ambiental em bacias hidrográficas semiáridas. Revista GeoAmazônia: Belém, v. 03, n. 06, p. 14 – 27. jul./dez. 2015.

FERREIRA, A. B. ALCOFORADO, M. J., VIEIRA, G. T., MORA, C., JANSEN, J. Metodologias de análise e de classificação das paisagens: o exemplo do Projecto Estrela. *Finisterra*, XXXVI, n.72, p. 157-178, 2001.

GORAYEB, A. Análise integrada da paisagem na bacia hidrográfica do rio caeté – Amazônia oriental – brasil. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, rio Claro, 206 f. 2008.

HIRATA, R. Recursos hídricos. In: Decifrando a terra. Wilson Texeira et al. (org.) 2. Reimpressão, São Paulo: Oficinas de textos, 2003.568p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2015**. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?lang=&sigla=rr>. Acesso em: 17 maio. 2023.

JONES, R. N. (2020). *Water resource management: Challenges, adaptation, and policy*. Wiley.

LANNA, ANTONIO E. Gestão de Recursos Hídricos. In: TUCCI, Carlos E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1993. p. 727-768.

LIMA, CÍCERO A. G. Análise e sugestão para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, situada no Estado da Paraíba. Tese de Doutorado em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Novembro 2004.

LIMA, E. C. Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-CE. Centro de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 202f. 2012. Tese (Doutorado).

LIMA, W. DE P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. São Paulo: Escola Superior de agricultura “Luz de Queiroz”, 1986.

MANOSSO, F. C. Estudo integrado da paisagem não regiões Norte, Oeste e CentroSul do Estado do Paraná: relações entre a estrutura geoecológica e a organização do espaço. *Bol. Geografica*, Maringa, v. 26/27, n. 1, p. 81-94, 2009.

MARQUES NETO, R. A. abordagem e os estudos geomorfológicos: algumas interpretações e possibilidades de aplicação. *Revista Geografia*, v. 17, n. 2, jul/dez, 2008. Disponível em:<http://www.uel.br/revists/geografia>.

MARQUES, F. A. Sistema de Controle Dinâmico para a Gestão dos Usos Múltiplos da Água. 2010. 234 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. Curitiba: **Revista RA'E GA**, v. 23, p. 520-533, 2011.

MELO, E. T. **Diagnóstico físico conservacionista da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos – Crateús/CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

MENDES, L. A. Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência. 2007. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2007.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Edgar Blucher, São Paulo, 1989.

NUNES, M. B. Cartografia e paisagem: o mapa como objeto de estudo. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiro**, Brasil, n. 65, p. 96-119, dez. 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rieb/article/view/125162>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo, Feevale, 277p. 2013. Disponível em: <https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/291348/mod_resource/content/3/2.1-E-bookMetodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2023.

REBOUÇAS, A C., Braga, B., Tundisi, J. G., **Águas Doce no Brasil**, Editora Escrituras São Paulo, 1999.

RIGO, D. Gestão das informações ambientais – parte 2. UFES, Vitória, 2005. Apostila. Curso de Especialização em Gestão Ambiental.

SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre/RS, v. 3, n. 3, p. 5-16, jul./set. 1998.

RIBEIRO, Marcia. M. R. Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso. 2000. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porte Alegre, 2000.

RODRIGUEZ, J. M. M. La ciência del paisaje a la luz del paradigma ambiental. *Cadernos de Geografia*. Belo Horizonte, v. 8, n. 10, p. 63-68, 1998.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água. II SEMILUSO – Seminário Luso-Brasileiro Agricultura Familiar e Desertificação. 2008. Disponível em: www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.pdf Acesso em: 22/01/2022.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. *Geoecologia da paisagem: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. 4 ed. Fortaleza: edições UFC, 222p. 2013.

RORAIMA. Decreto 8121-E, de 12 de julho de 2007. Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2007a. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doe-20070712.pdf>.

RORAIMA. Decreto 8122-E, de 12 de julho de 2007. Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2007b. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi-20070712.pdf>.

RORAIMA. Decreto 8123-E, de 12 de julho de 2007. Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 2007c. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi-20070712.pdf>.

RORAIMA. Decreto 8124-E, de 12 de julho de 2007. Política Estadual de Educação Ambiental, 2007c. Disponível em: <http://www.imprensaoficial.rr.gov.br/diarios/doi20070712.pdf>.

RORAIMA. Lei nº 547, de 23 de junho de 2006. Política Estadual de Recursos Hídricos. 2006. Disponível em: http://www.cbh.gov.br/Legislacao/RRLei_n_0547-2006.pdf.

SANTOS, A. B. dos.; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de geoprocessamento. In: **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, 2011.

SANTOS, P.V.C. J.; CUNHA, A. C. Outorga de Recursos Hídricos e Vazão Ambiental no Brasil: Perspectivas Metodológicas Frente ao Desenvolvimento do Setor Hidrelétrico na Amazônia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. vol. 18, n.3, pp. 81-95. Jul/Set 2013.

SCHAEFER, C.E.R.; VALE JÚNIOR, J.F. Mudanças climáticas e evolução da paisagem em Roraima: uma resenha do Cretáceo ao recente. In: Barbosa, R.I., FERREIRA, E.J.G., CASTELLON, E.G. (eds.) **Homem, Ambiente e Ecologia em Roraima**. INPA, Manaus, p.231-265, 1997.

SIMÕES FILHO F., TURCQ B., CARNEIRO FILHO A., SOUZA A.G. Registros sedimentares de lagos e brejos dos campos de Roraima: Implicações paleoambientais ao longo do Holoceno. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLON, E.G. (Orgs). **Homem, Ambiente e Ecologia no estado de Roraima**. Manaus, INPA, p. 295-302, 1997.

SIMÕES-FILHO, F. L.; TURCQ, B. e SIFEDDINE, A. Mudanças paleoambientais do contato floresta-savana de Roraima durante o holoceno. p. 257-300, 2010. In: **Roraima: homem, ambiente e ecologia**. Barbosa, R.I. e MELO, V. F. (org.). Boa Vista: FEMACT, 2010.

SILVA, E. V.; RODRIGUEZ, J. M. M. Geoecologia da paisagem: zoneamento e gestão ambiental em ambientes úmidos e subúmidos. *Revista Geográfica da América Central*. Número Especial. XIII Encuentro de Geógrafos de América Latina – EGAL, 25 a 29 de julio del 2011, Costa Rica, II semestre, p 1-12, 2011.

SILVA, J. M. O. Análise integrada na bacia hidrográfica do rio Pirangi – CE: subsídios para o planejamento ambiental. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 271 f. 2012.

SILVA, L.M.C.; MONTEIRO, R.A. (2004). “Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens”, in *Gestão de águas doces: usos múltiplos, políticas públicas e exercício da cidadania no Brasil*.(Org.) Machado, C.J.S.ed. Interciência. Rio de Janeiro – RJ, pp.135 – 178.

SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado.

Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre/RS, v. 3, n. 3, p. 5-16, jul./set. 1998.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L. ARAÚJO, G. M. C. de. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. RDG - Revista do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo – USP, v.31, p.82-100, 2016.

SMITH, A. B., JOHNSON, C. D., & MARTINEZ, C. J. (2018). Water allocation and management under scarcity: Lessons from international experiences. *Water Resources Management*, 32(9), 3055-3069.

SHIMABUKURO, Y. E. **Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do Pantanal.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. 1998.

SOUZA, RODRIGO. M. Estimativa de vazões mínimas na bacia do altíssimo Rio Negro, região Sul-Brasileira, com aplicação do modelo swat. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

CARDOSO, C, A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfológica da bacia hidrográfica do rio Debossan, RJ. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

TOMASELLA, JAVIER. Permanência de cotas/vazões entre 1986 e 1996 em algumas bacias brasileiras. *Climanálise*, São José dos Campos, v. 20, n. 7, p. 15-29, 2005

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre/RS: Ed. da Universidade/UFRGS, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

TUCCI, CARLOS. E. M. Regionalização de Vazões. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2002.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

TUCCI, C. E. M.; Porto, R. L. L.; Barros, M. T. (org) Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS,1995.

UNIVERSIDADE DA ÁGUA. <http://uniagua.or.br> . Acesso em 20 de fevereiro de 2022. Acesso em 07/08/2023 as 17:39 <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/bacia-hidrografica.htm>

Uses of International Watercourses. Nova Iorque: ONU, 1997. Disponível em: https://treaties.un.org/doc/Treaties/1998/09/19980925%2006-30%20PM/Ch_XXVII_12p.pdf. Acesso em: 10 ago 2022.

VALE JÚNIOR, J. F.; BARROS, L. S.; SOUSA, M. I. L.; UCHÔA, S. C. P. Erodibilidade e suscetibilidade à erosão dos solos de cerrado com plantio de *Acacia mangium* em Roraima. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. **Revista Agro@mbiente** (On-line), v. 3, n. 1, p. 1- 8 jan-jul, 2009.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUSA, M. I. L. de. Caracterização e distribuição dos solos das savanas de Roraima. *In*: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A; COSTA E SOUSA J. M. **Savanas de Roraima**: Etnoecologia, Biodiversidade e Potencialidades Agrossilvipastoris. Boa Vista: FEMACT-RR, p. 79-91. 2005.

VELOSO, H. P.; GÓIS-FILHO, L.; LEITE, P. F.; SILVA, S. B.; FERREIRA, H. C.; LOUREIRO, R. L.; TEREZO, E. F. M. Vegetação. *In*: **RADAMBRASIL**. Programa de Integração Nacional. Levantamento de Recursos Naturais. Vol. 8. Departamento Nacional de Produção Mineral. Folha NA.20 Boa Vista e parte das Folhas NA.21, Tumucumaque, NB.20 Roraima e BB.21; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p.305-405, 1975.

VILLELA, S.M; MATOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VIANNA, P. C. G. Considerações sobre a política de recursos hídricos e suas aplicações para o sistema aquífero Guaraní (SAG). 2003. Disponível em: <http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat005.pdf>. Acesso em: 17/04/18.

VOGEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals. *Journal of Water Resources Planning and Management*, [s.l.], v. 120, n. 4, p. 485-504, 1994.

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico da Região Central do Estado de Roraima. SEPLAN – Secretaria de Planejamento do Governo do Estado de Roraima e CPRM – Serviço geológico do Brasil, Ministério de Minas e Energia. 2002.