



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

RUAN RICARDO SILVA DE JESUS

AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URARICOERA, RORAIMA

BOA VISTA-RR

2024

RUAN RICARDO SILVA DE JESUS

**AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URARICOERA, RORAIMA**

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

Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

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

BOA VISTA-RR

2024

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

J58a Jesus, Ruan Ricardo Silva de.
Avaliação da disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do Rio Uraricoera, Roraima / Ruan Ricardo Silva de Jesus. – Boa Vista, 2024.
100 f.: il. Inclui Apêndice.

Orientador: 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. Balanço hídrico. 2. Comportamento hidrológico. 3. Recursos hídricos. 4. Situação hidrometeorológica. I. Título. II. Silva Filho, Pedro Alves da (orientador).


CDU (2. ed.) 556(811.4)

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


RUAN RICARDO SILVA DE JESUS

**AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO URARICOERA, RORAIMA**


Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção de título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos. Defendida em 07 de novembro de 2024 e avaliada pela seguinte banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **PEDRO ALVES DA SILVA FILHO**
Data: 29/01/2025 16:14:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


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

Documento assinado digitalmente
 **ALEX BORTOLON DE MATOS**
Data: 24/01/2025 15:31:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Alex Bortolon de Matos – (Convidado Interno)
Universidade Federal de Roraima – UFRR

Documento assinado digitalmente
 **SILVESTRE LOPES DA NOBREGA**
Data: 28/01/2025 16:02:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Silvestre Lopes da Nóbrega – (Convidado Externo)
Universidade Federal de Roraima – UFRR

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO CARLOS RIBEIRO ARAUJO JUNIOR**
Data: 28/01/2025 18:50:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Antônio Carlos Ribeiro Araújo Júnior – (Convidado Externo)
Universidade Federal de Roraima – UFRR

**Aos meus pais, Wilma Marinho e Raimundo Nonato,
pelo amparo e exemplo diário de luta e fé.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

À minha mãe e ao meu pai, por todo o amor e dedicação ao ensino dos seus filhos. Vocês são a minha inspiração para tudo! Amo vocês!

À minha noiva, Gabrielly Barbosa de Oliveira, por não medir esforços para me ajudar em qualquer desafio. Obrigado por ser minha parceira em mais esta jornada. Amo você, meu amor.

Aos meus avôs e minhas queridas avós, Terezinha e Maria, amo vocês!

Aos meus irmãos, Ramon e Brenda pelo apoio e pela irmandade em todos os momentos. Amo vocês!

A toda a minha família, que sempre esteve presente, independentemente da situação. Amo vocês!

Aos meus amigos que conquistei durante o mestrado, por tornarem essa caminhada muito mais leve.

Ao meu professor e orientador, Dr. Pedro Alves da Silva Filho, por ter aceitado me orientar. Sou admirador do seu profissionalismo; és um exemplo de profissional que eu quero ser. Muito obrigado pelo apoio, pela didática e pelo comprometimento!

A todos os professores da Universidade Federal de Roraima e do mestrado ProfÁgua.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho: familiares, amigos e professores. Muito obrigado!

RESUMO

A Bacia Hidrográfica do rio Uraricoera (BHU), localizada no noroeste de Roraima, Brasil, é uma região de grande importância hídrica. No entanto, ela ainda é pouco explorada em estudos detalhados sobre a disponibilidade e gestão de seus recursos. O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a disponibilidade hídrica superficial na BHU. O estudo abordou aspectos específicos como a análise da precipitação, a definição do ano hidrológico, a estimativa das vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) e a avaliação do balanço entre demanda e disponibilidade hídrica. A metodologia incluiu a coleta e análise de dados hidrometeorológicos de estações pluviométricas e fluviométricas, a aplicação de métodos estatísticos e ferramentas de geoprocessamento para preenchimento de lacunas nos dados, além do uso de modelos de distribuição de probabilidade para estimar vazões de referência. Os resultados indicaram que as maiores precipitações na BHU ocorrem nas áreas a montante, e o regime pluviométrico apresentou variação sazonal significativa, com o período chuvoso concentrado entre abril e agosto. A concentração de captações na região da foz revelou um desequilíbrio na alocação de outorgas, destacando a necessidade de estratégias de gestão mais equilibradas. Além disso, a análise das vazões mínimas de referência mostrou que a vazão Q_{90} apresentou a maior disponibilidade hídrica, com um Índice de Comprometimento Hídrico (ICH) abaixo de 50%, indicando condições de disponibilidade. Em contrapartida, a adoção de 50% da $Q_{7,10}$ revelou um cenário de indisponibilidade, com um ICH superior a 100%, evidenciando os desafios de gestão durante períodos de seca ou alta demanda. Como produto final, este estudo resultou na elaboração da nota técnica *Situação Hidrometeorológica e Disponibilidade Hídrica da Bacia do Rio Uraricoera/RR*, uma ferramenta prática que consolida esses achados e oferece suporte para a gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos da BHU.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Comportamento hidrológico. Recursos hídricos. Situação hidrometeorológica.

ABSTRACT

The Uraricoera River Basin (BHU), located in the northwest of Roraima, Brazil, is a region of great hydric importance. However, it remains underexplored in detailed studies on the availability and management of its water resources. This study aimed to evaluate the surface water availability in the BHU. The research focused on specific aspects such as precipitation analysis, hydrological year definition, estimation of minimum reference flows ($Q_{7,10}$, Q_{95} and Q_{90}), and assessment of the balance between water demand and availability. The methodology included the collection and analysis of hydrometeorological data from rain gauge and flow gauge stations, the application of statistical methods and geoprocessing tools to fill data gaps, and the use of probability distribution models to estimate reference flows. The results showed that the highest precipitation levels in the BHU occur upstream, with significant seasonal variability in the rainfall regime, where the wet season is concentrated between April and August. The concentration of water withdrawals near the river's mouth revealed an imbalance in the allocation of water use permits, emphasizing the need for more balanced management strategies. Additionally, the analysis of minimum reference flows indicated that Q_{90} exhibited the highest water availability, with a Hydric Commitment Index (HCI) below 50%, suggesting favorable conditions. Conversely, the adoption of 50% of $Q_{7,10}$ revealed a scenario of unavailability, with an HCI above 100%, highlighting management challenges during droughts or periods of high demand. As a final product, this study resulted in the elaboration of the technical note *Hydrometeorological Situation and Water Availability of the Uraricoera River Basin/RR*, a practical tool that consolidates these findings and provides support for the efficient and sustainable management of BHU's water resources.

Keywords: Water balance. Hydrological behavior. Water resources. Hydrometeorological situation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Quadro de países com maiores e menores volumes totais de água doce	24
Figura 2 - Gráfico de usos consuntivos da água no mundo	25
Figura 3 – Usos consuntivos setoriais e evapotranspiração líquida no Brasil	26
Figura 4 - Usos setoriais da água (retirada média anual (m^3/s)).....	28
Figura 5 - Estratégia metodológica.....	36
Figura 6 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Uraricoera, Roraima	37
Figura 7 – Tela inicial do software SisCAH 1.0	41
Figura 8 - Planilha Excel com parte dos dados disponibilizada pela FEMARH-RR...	42
Figura 9 - Parte da planilha Excel com dados consistidos	43
Figura 10 – Tela de análise estatística dos eventos mínimos do software SisCAH 1.0	44
Figura 11 - Mapa das estações pluviométricas com dados de chuva disponíveis	49
Figura 12 - Diagrama de Gantt dos postos pluviométricos.....	50
Figura 13 - Diagrama de Gantt das estações pluviométricas utilizadas no estudo ...	51
Figura 14 – Mapa das estações pluviométricas utilizadas no estudo.....	52
Figura 15 - Gráfico da média mensal de chuva.....	53
Figura 16 - Curvas de duplas massas para a consistência das séries pluviométricas na bacia.....	53
Figura 17 - Quadro de valores de precipitação média mensal (P_m), precipitação dos totais médios mensais (P_{mt}) e precipitação média anual acumulada (P_{tm}) das estações utilizadas no estudo, período de 1996 a 2017	54
Figura 18 - Gráfico do acumulado da precipitação média anual em cada estação analisada.....	55
Figura 19 – Mapa de precipitação acumulada da média mensal anual acumulada na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR	55
Figura 20 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) janeiro; e B) fevereiro	56
Figura 21 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) março; e B) abril.....	56
Figura 22 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) maio e B) junho	57

Figura 23 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) julho; e B) agosto	57
Figura 24 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) setembro; e B) outubro.....	58
Figura 25 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) novembro; e B) dezembro	58
Figura 26 - Quadro com a precipitação dos totais médios mensais (Pmt) da bacia do rio Uraricoera/RR	59
Figura 27 - Gráfico da precipitação dos totais médios mensais (Pmt) da bacia do rio Uraricoera/RR	59
Figura 28 - Mapa das estações fluviométricas com dados de vazão disponíveis em Roraima.....	61
Figura 29 - Mapa das estações fluviométricas utilizadas no estudo.....	62
Figura 30 – Gráfico das vazões médias anuais.....	63
Figura 31 – Gráfico das vazões médias mensais.....	63
Figura 32 – Gráfico das Vazões Médias Mensais de Longa Duração.....	64
Figura 33 – Hidrograma da estação 14495000 – Fazenda Cajupiranga	65
Figura 34 – Hidrograma da estação 14515000 – Fazenda Passarão	65
Figura 35 – Hidrograma da estação 14488000 - Uaicás	66
Figura 36 – Hidrograma da estação 14485010 - Missão Auaris Jusante	66
Figura 37 - Gráfico das vazões mínimas de referência Q _{7,10} , Q ₉₅ e Q ₉₀ anuais, do período chuvoso e seco, em m ³ /s, na bacia do rio Uraricoera/RR	68
Figura 38 - Gráfico das vazões específicas anuais (Q _{7,10} , Q ₉₅ e Q ₉₀), em função da área de drenagem das estações fluviométricas da bacia do rio Uraricoera/RR	69
Figura 39 - Mapa de captações superficiais na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR	70
Figura 40 - Gráfico tipos de usos hídrico da bacia	71
Figura 41 - Mapa da estação fluviométrica utilizada para a análise da disponibilidade hídrica na bacia	72
Figura 42 - Gráfico da vazão disponível considerando os períodos e as vazões específicas correspondentes.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo das equações de preenchimento de dados	31
Quadro 2 - Exemplos de vazões de referência e critérios para vazões máximas outorgáveis adotados em alguns estados brasileiros.	35
Quadro 3 - Demanda hídrica superficial por uso consuntivo na bacia do rio Uraricoera/RR	71
Quadro 4 - Vazões de referência da estação fluviométrica utilizada para a análise da disponibilidade hídrica na bacia	73
Quadro 5 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões específicas anuais.....	73
Quadro 6 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões no período chuvoso.....	74
Quadro 7 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões no período seco	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Uraricoera	38
Tabela 2 - Estações Pluviométricas com dados de chuva disponíveis em Roraima .	47
Tabela 3 - Estações fluviométricas com dados de vazão disponíveis em Roraima ..	60
Tabela 4 - Vazões mínimas de referência Q7,10, Q95 e Q90 anuais, do período chuvoso e seco, em m ³ /s, na bacia do rio Uraricoera/RR	67
Tabela 5 - Vazões específicas mínimas anuais (Q7,10, Q95 e Q90), em m ³ /s, para a bacia do rio Uraricoera/RR	68

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	20
1.1.1 Objetivo geral.....	20
1.1.2 Objetivos específicos	21
1.2 JUSTIFICATIVA	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
2.1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	23
2.1.1 Gestão de recursos hídricos mundial.....	23
2.1.2 Gestão de recursos hídricos nacional.....	25
2.1.3 Gestão dos recursos hídricos regional	27
2.2 PRECIPITAÇÃO	28
2.2.1 Preenchimento de dados	29
2.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SUAS IMPLICAÇÕES.....	31
2.3.1 A outorga de direito de uso de recursos hídricos	32
2.3.2 Vazões máximas, médias, mínimas e de referência	33
3 METODOLOGIA	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.2 ANÁLISE E SELEÇÃO DE DADOS	38
3.2.1 Séries históricas de precipitação.....	38
3.2.1.1 Comportamento pluviométrico na bacia	40
3.2.2 Séries históricas de vazão.....	40
3.2.3 Demanda hídrica superficial da bacia.....	42
3.3 DEFINIÇÃO DO ANO HIDROLÓGICO	43
3.4 ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS DE REFERÊNCIA.....	44
3.5 ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL	45

3.5.1 Estimativa da demanda hídrica superficial	45
3.5.2 Análise da relação entre demanda e disponibilidade hídrica superficial.....	45
3.5.3 Indicador de comprometimento hídrico	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.1 SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO.....	47
4.1.1 Comportamento pluviométrico na bacia	54
4.2 DEFINIÇÃO DO ANO HIDROLÓGICO	59
4.3 SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÃO	59
4.4 ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS DE REFERÊNCIA.....	62
4.5 USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA.....	70
4.6 ANÁLISE ENTRE DEMANDA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URARICOERA/RR	72
5 CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS.....	79

1 APRESENTAÇÃO

Nas últimas quatro décadas, o consumo de água no mundo aumentou cerca de 1% ao ano, sendo mais acentuado em países de renda média e baixa, especialmente em economias emergentes. Esse crescimento é impulsionado por fatores como o aumento populacional, o desenvolvimento socioeconômico e as mudanças nos padrões de consumo (UNESCO, 2023). Esses elementos têm intensificado a pressão sobre os recursos hídricos, exigindo uma gestão mais eficiente e sustentável.

Em âmbito global, a disponibilidade per capita de recursos hídricos internos sofreu uma redução de aproximadamente 20%, sendo esse declínio mais intensificado em regiões onde a água é menos abundante, como na África Subsaariana (41%), Ásia Central (30%), Ásia Ocidental (29%) e Norte da África (26%). A Europa, por sua vez, apresentou a menor redução, com apenas 3% (UNESCO, 2023).

Atualmente, a agricultura utiliza 69% da água disponível globalmente, principalmente para irrigação, além de ser empregada na criação de gado e na aquicultura. Em países em desenvolvimento, essa proporção pode atingir até 95%. O setor industrial, incluindo a produção de energia, consome 19% da água, enquanto os municípios respondem pelos 12% restantes (UNESCO, 2023).

No Brasil, as demandas por água aumentaram em torno de 80% nas últimas duas décadas e podem crescer mais 23% até 2030, segundo a ANA (2020). Esse aumento está relacionado ao crescimento populacional, à produção de alimentos e à demanda energética. Para preservar a sustentabilidade hídrica, é necessário equilibrar oferta e demanda de maneira dinâmica (PASQUALETTO et al., 2020).

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021) apontam que o consumo médio per capita de água no Brasil é de 152,1 l/hab.dia. A região Sudeste registra valores superiores à média nacional, com 171,7 l/hab.dia, enquanto o Nordeste apresenta o menor consumo, com 120,3 l/hab.dia. No estado de Roraima, o índice é de 135,9 l/hab.dia, e em Boa Vista, de 133,50 l/hab.dia. Além disso, as perdas na distribuição de água no Brasil são alarmantes, chegando a 40,1%, enquanto em Roraima esse índice atinge 60,5%, ficando atrás apenas do Amapá (74,6%) e do Acre (62,1%).

Diante desse cenário, o gerenciamento dos recursos hídricos é essencial para formular políticas que assegurem a segurança hídrica com sustentabilidade econômica e ambiental (ANA, 2020). No Brasil, a Lei nº 9.433 de 1997 instituiu as baci-

as hidrográficas como unidade territorial para análise e planejamento, consolidando a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Entre os instrumentos dessa lei destaca-se a outorga de direitos de uso dos recursos hídricos, que busca controlar quantitativa e qualitativamente os diferentes usos da água, além de assegurar o acesso a esse recurso (BRASIL, 1997). Entretanto, a aplicação desse instrumento depende de dados hidrológicos, como precipitação e vazão, os quais não são monitorados de forma abrangente em algumas regiões, dificultando o gerenciamento desses recursos (JUNIOR; SILVEIRA, 2019).

O monitoramento das bacias hidrográficas é estratégico para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, além de embasar projetos em diversos setores, como agricultura, transporte, energia e meio ambiente (ANA, 2007). Compreender as demandas e disponibilidades de água em uma bacia hidrográfica é fundamental para avaliar se os recursos são suficientes para atender às demandas existentes, sejam elas pontuais ou provenientes de políticas públicas (BENETTI, 2007). Essas informações também subsidiam a priorização de intervenções em bacias hidrográficas (BRANCO, 2006).

Portanto, manter atualizadas as informações sobre disponibilidade hídrica é indispensável para decisões mais precisas na gestão dos recursos hídricos (CASTRO et al., 2021). Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Uraricoera, em Roraima, fornecendo subsídios para a gestão integrada dos aspectos quantitativos dos recursos hídricos.

1.1 OBJETIVOS

O desenvolvimento da pesquisa abrange o objetivo geral e os objetivos específicos, estes correspondendo aos resultados concretos e aquele apontando o problema que se pretende esclarecer.

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Uraricoera em Roraima.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar dados de precipitação mensal e anual;
- b) Definir o ano hidrológico com base nos dados pluviométricos levantados;
- c) Estimar as vazões médias e as vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} ;
- d) Analisar a relação entre demanda e disponibilidade hídrica superficial na bacia;
- e) Elaborar uma Nota Técnica sobre a situação atual hidrometeorológica da bacia para divulgação nos programas e planos de bacias do estado de Roraima.

1.2 JUSTIFICATIVA

A crescente preocupação com a gestão dos recursos hídricos no Brasil, especialmente em regiões estratégicas como a BHU, em Roraima, evidencia a necessidade de estudos detalhados sobre a disponibilidade de água. Informações precisas e atualizadas sobre a quantidade e a qualidade da água em escalas adequadas são essenciais para garantir a segurança hídrica da população e sustentar o desenvolvimento econômico da região.

Durante o primeiro ciclo do Progestão em Roraima (2014-2018), foram identificadas dificuldades no cumprimento de metas importantes de gerenciamento hídrico, com destaque para o balanço hídrico. O programa ressaltou a urgência de estudos aprofundados sobre a disponibilidade e a demanda de água nas bacias hidrográficas do estado, apontando a importância de análises criteriosas e embasadas (ANA, 2019). Além disso, a escassez de dados e o monitoramento insuficiente dificultam a gestão eficaz, comprometendo a implementação de políticas capazes de atender às demandas dos usuários e garantir a sustentabilidade hídrica.

A BHU, uma das maiores e mais relevantes bacias de Roraima devido aos seus usos múltiplos, carece de estudos abrangentes sobre a disponibilidade e a demanda de água. Essa deficiência de dados compromete a capacidade do poder público de gerir os recursos hídricos de forma eficiente, colocando em risco a sustentabilidade da bacia. A falta de informações pode intensificar conflitos entre os usuários e dificultar a aplicação de políticas integradas e sustentáveis de gestão. Dessa

forma, torna-se indispensável a realização de estudos detalhados para promover o uso racional da água, evitar escassez e mitigar os impactos ambientais.

Compreender a dinâmica hídrica da bacia também é fundamental para embasar ações de preservação e recuperação de corpos d'água degradados, assegurando que as políticas de uso da água sejam fundamentadas em dados reais e atualizados. Isso contribui para a sustentabilidade econômica e social, favorecendo o uso eficiente dos recursos naturais. Além disso, a pesquisa busca apoiar a gestão de eventos críticos, como secas prolongadas, que afetam diretamente a oferta de água e intensificam os conflitos pelo uso do recurso.

Portanto, este estudo é indispensável para avaliar a disponibilidade hídrica superficial na BHU e fornecer subsídios para a gestão integrada dos recursos hídricos. A pesquisa visa gerar informações que subsidiem a tomada de decisões, o planejamento estratégico e a formulação de políticas públicas voltadas para o uso eficiente e sustentável da água, minimizando conflitos e promovendo a sustentabilidade hídrica na região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, desenvolveu-se a consulta bibliográfica empregada na pesquisa, abordando os tópicos: gestão dos recursos hídricos, precipitação, e disponibilidade hídrica e suas implicações.

2.1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A disponibilidade hídrica tem sofrido reduções significativas devido à deterioração de seus parâmetros de qualidade e quantidade. Em vista disso, os debates sobre a gestão dos recursos hídricos têm ganhado cada vez mais relevância. Nesse contexto, uma gestão eficiente da água requer políticas e instrumentos adequados que garantam a proteção dos recursos essenciais para o desenvolvimento humano e sustentável (FONSECA; FARIA, 2020).

O gerenciamento dos recursos hídricos não se restringe apenas à tomada de decisões sobre as melhores práticas para sua conservação e distribuição entre os diferentes usos. Ele deve também assegurar a implementação efetiva dessas decisões, promovendo a adaptação e modificação de comportamentos em todos os setores envolvidos. Assim, os mecanismos e instrumentos de gestão são componentes indispensáveis de qualquer política da água que busque uma aplicação prática e eficaz (CORREIA, 2005).

2.1.1 Gestão de recursos hídricos mundial

O uso irracional dos recursos hídricos e os efeitos das mudanças climáticas vêm causando problemas de escassez de água em muitas regiões do mundo. Neste cenário, os Estados, além de garantir o acesso desse bem a população, deve gerenciá-lo adequadamente, para assegurar de forma igualitária a sua disponibilidade para todos (NOSCHANG; SCHELEDER, 2018).

Cada país adota metodologias específicas para o gerenciamento dos recursos hídricos, a fim de garantir que as atuais e futuras gerações possam usufruir de água em quantidade e qualidade adequadas. Na França, a gestão das águas envolve a participação ativa da comunidade por meio das agências de bacia, que organizam comissões específicas baseadas na bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento. Já na Alemanha, o gerenciamento é conduzido por

associações de bacias, que atuam como autarquias com ampla autonomia administrativa, sob supervisão dos governos estaduais (REIS; QUEVEDO; NAIME, 2013).

A gestão dos recursos hídricos na União Europeia baseia-se, principalmente, na Diretiva Quadro da Água Europeia (DQAE), instituída em 2000. Essa norma integra os aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos para assegurar sua utilização sustentável. A DQAE também estabelece metodologias, mecanismos e processos inovadores que orientam os Estados-Membros na garantia da oferta de recursos hídricos para usos futuros (PADOVESI-FONSECA; FARIA, 2022).

A DQAE impõe aos Estados-Membros a criação, e atualização a cada seis anos, de um Plano de Gestão Hidrográfica (PGRH) para cada região hidrográfica. Além disso, utiliza-se de uma abordagem ecológica para avaliar o estado da água, de um planejamento integrado nas bacias hidrográficas, da divulgação massiva das informações, do incentivo à participação do público, e até da utilização de instrumentos financeiros, para garantir o acesso a água às próximas gerações (PADOVESI-FONSECA; FARIA, 2022).

A FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), possui um sistema mundial de informações sobre água, o AQUASTAT. Esse sistema é responsável por coletar, analisar e divulgar dados e informações sobre os recursos hídricos, uso da água e gestão desse recurso para a agricultura, caracterizados por países. A Figura 1 apresenta os países com os maiores volumes e percentuais de retirada de água no mundo sobre o total de fontes renováveis de água doce (TWRW) (FAO, 2018).

Figura 1 - Quadro de países com maiores e menores volumes totais de água doce

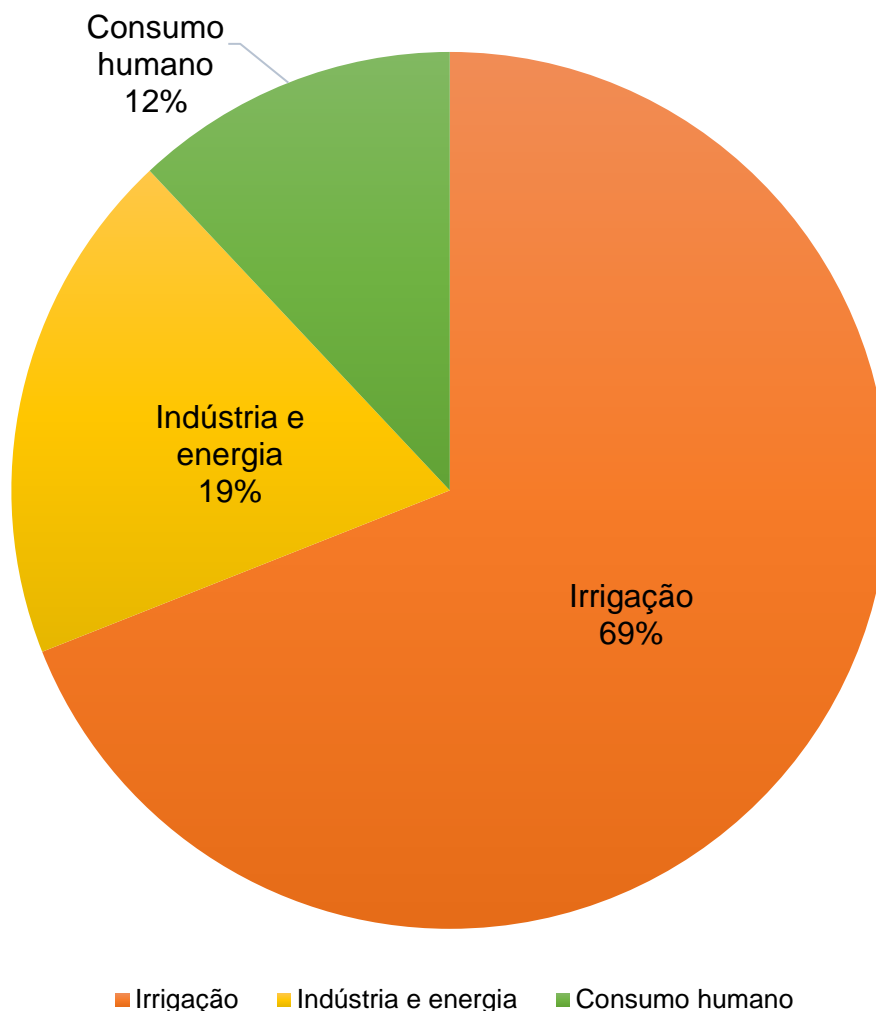
Maiores Volumes			Percentual sobre TWRW		Maiores percentuais de retiradas	
País	Km ³ ao ano	%	País	%		
Índia	647,5	33,88	Kuwait	2075,00		
China	594,2	21,12	Emirados Árabes	1867,00		
Estados Unidos	418,7	13,64	Arábia Saudita	943,30		
Paquistão	183,5	74,35	Líbia	822,90		
Indonésia	113,3	5,61	Catar	374,10		
Irã	93,1	67,96	Bahrein	205,80		
México	85,66	17,73	Iêmen	168,60		
Vietnam	81,86	9,26	Egito	126,60		
Filipinas	81,56	17,03	Turcomenistão	112,50		
Japão	81,22	18,89	Uzbequistão	100,60		

Fonte: FAO (2018).

Através do quadro acima, percebe-se que nos países mais populosos ocorrem os maiores volumes retirados, como na Índia e China, retirando 647 km³/ano e 594,2 km³/ano, respectivamente; Estados Unidos, Paquistão e Indonésia estão entre os cinco países com os maiores consumos, utilizando 418,7 km³/ano,

183,5 km³/ano e 113 km³/ano de água (FAO, 2018). Desse total, a irrigação utiliza 69%, a indústria e energia, 19% e o consumo humano, 12% (Figura 2).

Figura 2 - Gráfico de usos consuntivos da água no mundo



Fonte: Elaboração própria a partir de FAO (2018).

2.1.2 Gestão de recursos hídricos nacional

A gestão dos recursos hídricos no Brasil começou a se estruturar com o Decreto n. 26.643, de 1934, conhecido como “O Código das Águas”. Esse marco legal classificou os tipos de águas e definiu suas formas de aproveitamento. Além disso, estabeleceu ações e critérios para casos de contaminação e para o uso industrial, especialmente no setor de energia elétrica, viabilizando o aproveitamento dos corpos hídricos para fins industriais (ROSA; GUARDA, 2019).

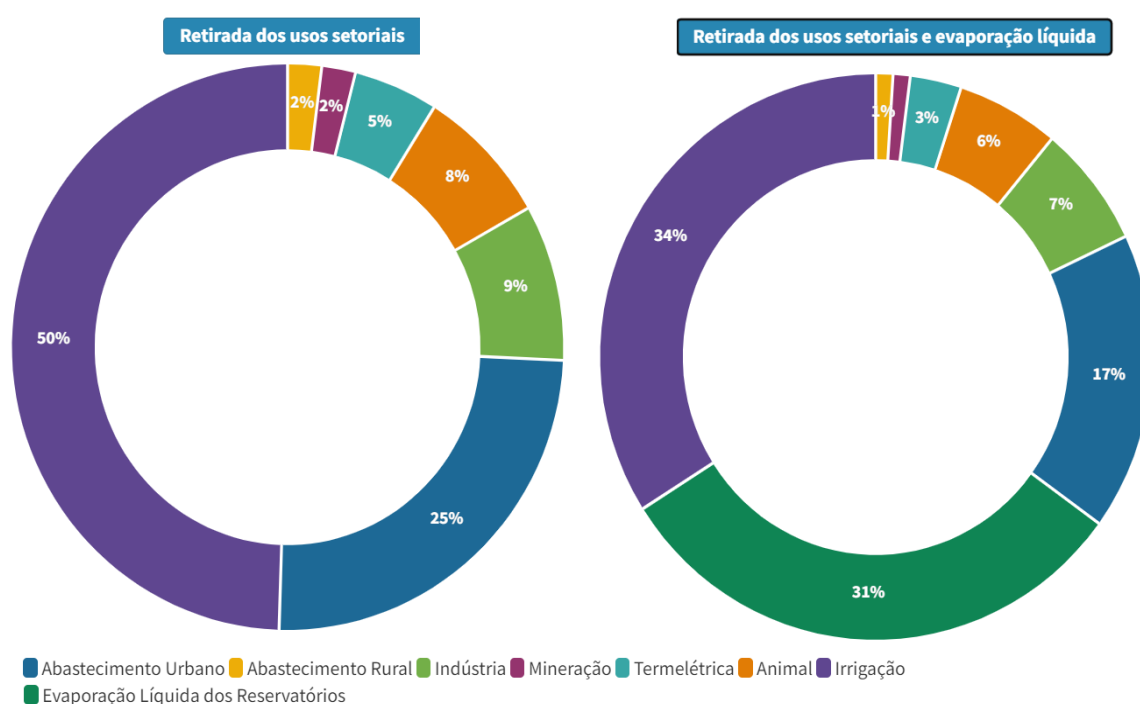
A Lei 9.433 de 1997 representou um marco para a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Inspirada no modelo francês, essa legislação alterou os aspectos

legais e institucionais do gerenciamento hídrico no país. Entre suas inovações, destacam-se a criação da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), que estabeleceram diretrizes para o uso sustentável da água (MAGRINI; VEIGA, 2013).

A Lei 9.433/1997 trouxe avanços significativos, reconhecendo a água como um bem público, limitado e com valor econômico. Ela também destacou o uso múltiplo como princípio de gestão e estabeleceu prioridades claras em casos de escassez. Outro ponto relevante foi a definição da bacia hidrográfica como unidade territorial para a gestão e a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que promovem a descentralização da governança por meio da participação conjunta do poder público e da sociedade civil (GARCIA; CASTRO; WEINS, 2022).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), criado pela PNRH, instituiu em 2006 o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, elaborado pela ANA. Esse documento é uma referência no monitoramento da situação hídrica nacional, fornecendo estatísticas e indicadores sobre usos, qualidade e quantidade de água, com o objetivo de facilitar a gestão dos recursos (ANA, 2022). A Figura 3 ilustra os usos consuntivos setoriais e a evapotranspiração líquida no Brasil, conforme os dados da *Conjuntura* (2021).

Figura 3 – Usos consuntivos setoriais e evapotranspiração líquida no Brasil



Fonte: ANA (2022).

No Brasil, a irrigação é o maior consumidor de água, responsável por 50% do total retirado, enquanto o abastecimento urbano utiliza 25%, e a indústria, 9%. Entre as atividades industriais, destacam-se os setores sucroenergético, de papel e celulose, de abate e processamento de carne, e de bebidas alcoólicas. Além disso, a evaporação líquida, que representa a perda de água em reservatórios artificiais, corresponde a 31% do consumo total de água, evidenciando a importância dessas instalações para incrementar a oferta hídrica em bacias hidrográficas (ANA, 2022).

2.1.3 Gestão dos recursos hídricos regional

Seguindo o objetivo da PNRH de implementar uma gestão participativa das bacias hidrográficas, por meio de decisões regionais, os estados da região Norte começaram a instituir suas Políticas Estaduais de Recursos Hídricos. O Pará foi o primeiro a publicar sua lei, com a Lei nº 6.831, em julho de 2011, seguido pelo Amazonas (Lei nº 2.712/2001), Rondônia (Lei nº 1.307/2002), Tocantins (Lei nº 0.686/2002), Amapá (Lei nº 1.500/2003), Acre e Roraima, com as Leis nº 547/2006, respectivamente (WANKLER et al., 2022).

Em Roraima (2006), a política de recursos hídricos tem como objetivo:

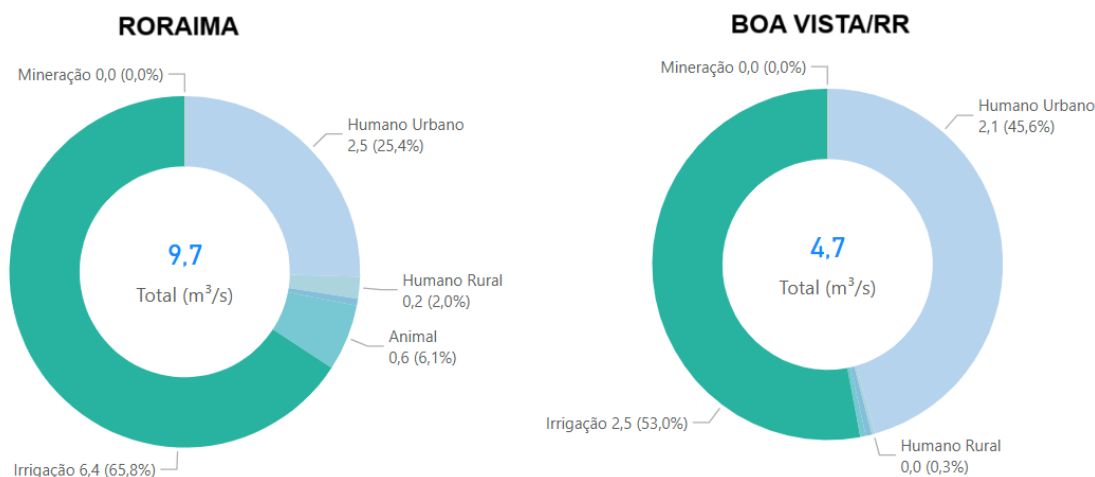
- I. assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade dos Recursos Hídricos, na medida de suas necessidades e em padrões qualitativos e quantitativos adequados aos respectivos usos;
- II. o aproveitamento racional e integrado dos Recursos Hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III. a proteção das bacias hidrográficas contra ações que possam comprometer o seu uso atual e futuro;
- IV. o controle do uso dos Recursos Hídricos;
- V. a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais; e
- VI. o estímulo à acumulação de água, através de reservatórios artificiais, superficiais ou subterrâneos.

A legislação prever diversos instrumentos de gestão de recursos hídricos, como os Planos de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes conforme os usos preponderantes, a outorga dos direitos de uso das águas, a cobrança pelo uso, e o Sistema Estadual de Informações. Além disso, contempla iniciativas voltadas à capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental, bem como a criação de órgãos como o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, os Comitês e as Agências de Bacias Hidrográficas (RORAIMA, 2006).

De acordo com a Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água – BD-Usos, lançado pela ANA em 2019, a retirada média anual em 2023 de

usos setoriais da água no estado de Roraima foi de 9,7 m³/s e de 4,7 m³/s na capital Boa Vista. A Figura 4 apresenta a distribuição desse total por tipo de uso.

Figura 4 - Usos setoriais da água (retirada média anual (m³/s))



Fonte: Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água no Brasil - BD-Usos (2024).

Desse total, 65,8% corresponde a irrigação e 27,4% ao abastecimento humano no estado. Dentre os seus municípios, Boa Vista é o que mais retira água, cerca de 4,7 m³/s anualmente, representando 48,4% do total geral de Roraima. Esse número é distribuído entre o uso humano urbano (45,6%), irrigação (53,0%) e humano rural (0,3%) (ANA, 2023).

2.2 PRECIPITAÇÃO

A precipitação é um dos elementos meteorológicos mais influentes nas condições ambientais, impactando diretamente o balanço hídrico de uma região. Sua ocorrência é resultado de processos atmosféricos complexos que envolvem a formação e o desenvolvimento de fenômenos em diferentes escalas espaciais e temporais, além da interação desses fenômenos com a superfície terrestre por meio de trocas de calor e umidade (GOUVEA, 2018). Esse fenômeno não apenas regula o clima local, mas também desempenha um papel crucial no ciclo hidrológico, sendo a etapa final da condensação do vapor d'água presente na atmosfera. Quando as gotículas de água atingem um tamanho que excede a capacidade de suporte da tensão superficial, elas precipitam em direção à superfície terrestre, continuando o ciclo hidrológico (GOMES, 2019).

O estudo da precipitação e sua variabilidade espacial e temporal é fundamental para a caracterização do clima de uma bacia hidrográfica. Esse

conhecimento auxilia no planejamento, gestão e preservação dos recursos hídricos, especialmente em áreas onde o uso e ocupação desordenada do solo estão cada vez mais presentes, resultando em degradações ambientais (GOMES, 2019). Além disso, a precipitação exerce uma influência direta em diversas atividades humanas, como agricultura, turismo, e lazer, e tem uma ligação profunda com a economia, particularmente no setor agropecuário. Em casos de precipitação excessiva, podem ocorrer prejuízos econômicos significativos, afetando toda a estrutura socioeconômica de uma região (ALCÂNTARA, 2020).

Para lidar com a variabilidade da precipitação e seus impactos, o uso de séries temporais de dados se torna fundamental. A espacialização da distribuição da chuva, por exemplo, é uma técnica eficaz para compreender as características pluviométricas de uma área sem a necessidade de medir a precipitação em toda a região de estudo. Um dos métodos mais utilizados para a espacialização de dados pluviométricos é a interpolação pelo inverso da distância ponderada (IDW), que permite criar superfícies distribuídas a partir de dados pontuais. Este tipo de abordagem facilita a análise e a previsão de eventos extremos, fornecendo informações importantes para a mitigação de impactos. (ALCÂNTARA, 2020).

O conhecimento detalhado da precipitação e sua variabilidade é crucial para a tomada de decisões em projetos que envolvem usos múltiplos da água, como irrigação, geração de energia, e abastecimento público. Devido à sua natureza aleatória e à influência de processos que ocorrem em diferentes escalas, a precipitação apresenta grande variabilidade espacial e temporal. Nesse contexto, a análise de valores médios mensais e anuais de precipitação, combinada com distribuições de probabilidades, permite uma avaliação mais precisa dos riscos envolvidos na gestão dos recursos hídricos, aumentando a segurança e a eficiência nas decisões (MALFATTI, 2018).

2.2.1 Preenchimento de dados

O preenchimento de dados ausentes em séries temporais de precipitação é uma etapa fundamental para garantir a qualidade e confiabilidade das análises hidrológicas e climáticas. A ocorrência de falhas nos dados meteorológicos é comum, muitas vezes resultante de problemas operacionais, como a ausência de coleta de dados ou falhas nos instrumentos (ALCÂNTARA, 2020). Essas lacunas

podem comprometer a análise da variabilidade climática, tornando necessário o uso de métodos estatísticos e técnicas de geoprocessamento para estimar e preencher os dados faltantes (ARAÚJO, 2023).

Existem diferentes métodos para o preenchimento de falhas em séries temporais de dados pluviométricos, que variam desde técnicas simples, como a média aritmética, até abordagens mais complexas, como a interpolação espacial. A escolha do método depende de fatores como o percentual de falhas na série histórica, a disponibilidade de dados em estações meteorológicas vizinhas e o objetivo do estudo (ARAÚJO, 2023). Um método simples é a média aritmética, recomendada para preencher dados de precipitação quando a porcentagem de valores ausentes é inferior a 10% da série histórica. Este método consiste na média simples dos valores imediatamente anteriores e posteriores à falha (MACHADO, 2018).

Métodos mais avançados, como a regressão linear simples e múltipla, são utilizados quando há uma relação de causa e efeito entre duas ou mais variáveis meteorológicas. Na regressão simples, correlacionam-se duas variáveis diretamente relacionadas, enquanto na regressão múltipla, a variável dependente é correlacionada com duas ou mais variáveis independentes, permitindo uma melhor estimativa dos dados faltantes. Esses métodos permitem a criação de equações de regressão que podem ser utilizadas para simular valores ausentes com base em dados históricos (MACHADO, 2018).

A ponderação regional é outra técnica amplamente utilizada, especialmente quando há disponibilidade de dados em estações vizinhas que compartilham características climáticas semelhantes. Este método envolve a seleção de pelo menos três estações próximas, com séries históricas de dados superiores a 10 anos, para calcular uma média ponderada que é então utilizada para preencher as falhas na estação alvo. A ponderação regional pode ser aprimorada ao ser combinada com a regressão, onde os coeficientes de correlação entre as estações vizinhas são usados para ajustar a estimativa final (MACHADO, 2018).

Abaixo é apresentado o Quadro 1 que sintetiza os principais métodos de preenchimento de falhas em séries históricas de dados pluviométricos, destacando suas equações, variáveis envolvidas, e aplicações práticas.

Quadro 1 - Resumo das equações de preenchimento de dados

Método	Equação	Variáveis e significado	Aplicação
Média Aritmética	$x = \frac{x_1 + x_2}{2}$	x: variável simulada; x ₁ : valor anterior à falha; x ₂ : valor posterior à falha;	Usada para preencher dados de precipitação quando a porcentagem de falhas é inferior a 10%.
Regressão Linear Simples	$y = \alpha + \beta x$	y: variável dependente; α : coeficiente linear; β : coeficiente angular; x: variável independente;	Utilizada para preencher dados onde há forte correlação entre variáveis meteorológicas.
Ponderação Regional	$x = \frac{1}{3} \left(\frac{x_1}{xm_1} + \frac{x_2}{xm_2} + \frac{x_3}{xm_3} \right) ym$	x: falha a ser preenchida; x ₁ , x ₂ , x ₃ : variáveis em estações vizinhas; ym: variável média da estação base; xm ₁ , xm ₂ , xm ₃ : variáveis médias das estações vizinhas;	Utilizada para preencher falhas de precipitação utilizando dados de estações vizinhas próximas.
Ponderação Regional com Regressão	$y = \left(\frac{(x_1 r_1) + \dots (x_n r_n)}{(r_1 + \dots + r_n)} \right) m$	y: falha a ser preenchida; x: variável das estações vizinhas; r: coeficiente de correlação;	Combinada com regressão linear para preencher falhas utilizando correlações entre várias estações meteorológicas vizinhas.

Fonte: Organizado pelo autor a partir dos dados de Machado (2018).

Após o preenchimento dos dados, é fundamental verificar a consistência da série ajustada. Uma das técnicas mais utilizadas para esse fim é o teste de dupla massa, que consiste em verificar a homogeneidade dos dados acumulados ao longo do tempo entre uma estação de referência e a estação com dados preenchidos. A presença de uma tendência linear entre os valores acumulados indica a consistência dos dados; caso contrário, os dados podem ter sido mal medidos ou influenciados por diferentes regimes pluviométricos (MACHADO, 2018).

2.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E SUAS IMPLICAÇÕES

Os estudos sobre disponibilidade hídrica são essenciais para compreender os impactos da ação humana sobre os corpos d'água e aquíferos. Esses estudos se tornam parte integrante dos documentos oficiais de gerenciamento de recursos hídricos e servem como diretrizes para a concessão ou restrição de outorgas de uso da água, além de fornecerem informações cruciais para a gestão ambiental. Dada sua importância e relevância, tais estudos devem ser baseados em dados confiáveis, com coletas e amostragens bem referenciadas, e submetidos a um

rigoroso tratamento estatístico para garantir sua precisão e aplicabilidade (PONTE, 2019).

Considerando as variações naturais nos fluxos de água, o gerenciamento de recursos hídricos introduz o conceito de disponibilidade hídrica superficial. Este conceito estabelece uma vazão de referência que orienta as ações de gestão, buscando garantir o fornecimento de água para diferentes usos. Ele considera tanto as disponibilidades naturais quanto aquelas provenientes de reservatórios artificiais, de acordo com suas regras de operação. Nas unidades de gestão, a disponibilidade hídrica é geralmente representada pela vazão Q_{95} , que corresponde à vazão com tempo de permanência de 95% (ANA, 2022).

2.3.1 A outorga de direito de uso de recursos hídricos

Como já mencionado, a outorga de direito de uso de recursos hídricos é um instrumento fundamental na política de gestão de águas no Brasil, previsto na Lei Federal nº 9.433/1997. Sua principal finalidade é assegurar o controle quantitativo e qualitativo do uso da água, garantindo o acesso equitativo a esse recurso essencial (FREITAS, 2021). A outorga é concedida pelo poder público — seja a União, o estado ou o Distrito Federal — e consiste em uma autorização para o uso privativo da água, com base em critérios técnicos e legais que visam a preservação da qualidade e quantidade da água disponível para a sociedade (LINHARES, 2021).

A outorga é especialmente relevante em contextos onde há grande demanda pelo uso da água, sendo um mecanismo de comando e controle utilizado pela administração pública para regular o acesso e garantir a sustentabilidade hídrica. Segundo o artigo 11º da Lei nº 9.433/1997, a outorga não implica a transferência da propriedade do recurso hídrico ao usuário, mas sim a concessão temporária de seu uso, com validade máxima de 35 anos, podendo ser renovada conforme a disponibilidade hídrica (RODRIGUES, 2019). Dessa forma, a outorga funciona como uma espécie de contrato entre o poder público e o usuário, que deve cumprir todas as exigências legais e ambientais estabelecidas.

Os critérios para a concessão de outorga incluem a análise da vazão outorgável, que geralmente é definida com base em vazões de referência como $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} . Esses valores representam a vazão mínima em sete dias consecutivos com recorrência de dez anos ($Q_{7,10}$) e as vazões que são mantidas

iguais ou superiores em 95% e 90% do período analisado (Q_{95} e Q_{90} , respectivamente). A definição dessas vazões é essencial, pois estabelece os limites de uso durante períodos de estiagem e orienta as concessões de outorgas de forma a evitar o comprometimento dos recursos hídricos disponíveis (LINHARES, 2021).

A outorga também desempenha um papel crucial na administração de conflitos pelo uso da água em uma bacia hidrográfica. Ao conceder a autorização de uso, a autoridade outorgante deve considerar se há água suficiente para atender à demanda adicional sem prejudicar os usos existentes, se o efluente despejado pelo novo usuário será diluído adequadamente, e se as prioridades estabelecidas pelo plano de recursos hídricos estão sendo observadas (PARCIO, 2022). Esse processo de concessão, por meio dos comitês de bacia deliberativos, reflete um balanço de forças entre os diferentes grupos sociais e instâncias do Estado, reforçando a descentralização e a governança participativa na gestão hídrica (FREITAS, 2021).

É importante destacar que nem todas as utilizações de recursos hídricos requerem outorga. Existem exceções previstas na legislação, como o uso de água para necessidades de pequenos núcleos populacionais no meio rural e captações consideradas insignificantes. No entanto, usos que envolvem a extração de água subterrânea para consumo final ou aproveitamento de potenciais hidrelétricos estão sujeitos à exigência de outorga, conforme disciplinado na Lei das Águas (PARCIO, 2022).

Portanto, a outorga de direito de uso de recursos hídricos é um mecanismo essencial para assegurar o uso sustentável e equitativo da água, um bem público de interesse social. A sua efetividade, no entanto, depende da capacidade do poder público em fiscalizar e ajustar as concessões às condições hidrológicas variáveis, protegendo o interesse coletivo e o meio ambiente (FREITAS, 2021; RODRIGUES, 2019).

2.3.2 Vazões máximas, médias, mínimas e de referência

O estudo das vazões de um curso d'água é fundamental para a gestão dos recursos hídricos, pois permite a compreensão das dinâmicas de disponibilidade hídrica em diferentes condições hidrológicas. As vazões máximas, médias e mínimas são parâmetros hidrológicos essenciais utilizados para diversos fins, como o planejamento de usos múltiplos da água, o dimensionamento de obras hidráulicas,

a geração de energia, a irrigação e o abastecimento público, além de serem base para a concessão de outorgas de uso da água (MOREIRA, 2022).

As vazões máximas representam os maiores valores de descarga observados em um rio durante um determinado período, geralmente o ano hidrológico. Essas vazões são particularmente importantes para o dimensionamento de obras hidráulicas, como barragens e pontes, uma vez que determinam a capacidade necessária para lidar com eventos extremos, como enchentes. A vazão máxima é obtida a partir da média das medições diárias e pode ser complementada pelo cálculo da vazão máxima instantânea, que é o valor máximo registrado em um evento específico de cheia. A determinação precisa da vazão máxima é crucial, especialmente em bacias pequenas, onde o tempo de concentração é reduzido, e a variação entre a vazão diária e a instantânea pode ser significativa (BACK, 2023).

As vazões médias representam o valor médio das vazões observadas em um curso d'água ao longo de um determinado período, seja ele mensal, anual ou de longo período. A vazão média é uma medida importante para entender o comportamento hidrológico de uma bacia ao longo do tempo, servindo como base para a definição de políticas de uso e conservação dos recursos hídricos. No entanto, a vazão média pode não ser representativa de todo o período analisado devido à sua variabilidade, especialmente em regiões sujeitas a cheias e secas pronunciadas. Essa variabilidade é frequentemente expressa por meio do desvio-padrão, que indica as flutuações temporais da vazão e ajuda a identificar períodos críticos na série histórica de dados (BACK, 2023).

As vazões mínimas são os menores valores de vazão registrados em uma bacia hidrográfica, geralmente durante períodos prolongados de seca. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define a vazão mínima como aquela que escoar em uma determinada seção de um rio durante um período de estiagem. Essas vazões são essenciais para avaliar os riscos de estiagem, o potencial de geração de energia elétrica e as condições para a outorga de uso da água. Um dos critérios mais utilizados para definir a vazão mínima é a $Q_{7,10}$, que corresponde à menor vazão média consecutiva de sete dias, com um período de retorno de dez anos. Esse parâmetro é amplamente aplicado no planejamento e gestão dos recursos hídricos, pois reflete a condição mais crítica para o uso da água e a conservação ambiental (MOREIRA, 2022).

As vazões de referência são utilizadas como base para determinar o limite de utilização da água em um curso d'água, sendo um procedimento vital para a proteção dos rios e a concessão de outorgas de uso da água. As vazões de referência mais comuns são a Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$. A Q_{90} , por exemplo, é a vazão que é igualada ou superada em 90% do tempo durante o período de observação, enquanto a Q_{95} tem a mesma lógica, mas para 95% do tempo. Esses valores são usados para garantir que, mesmo durante períodos de estiagem, haja água suficiente no leito do rio para a manutenção do ecossistema e para usos prioritários definidos pelo poder público. A definição dessas vazões é um procedimento crucial para a proteção dos rios e para a alocação sustentável dos recursos hídricos, sendo a base para a concessão de outorgas (MOREIRA, 2022; BACK, 2023).

Cada estado no Brasil adota critérios específicos para a determinação da vazão máxima outorgável, refletindo as particularidades hidrológicas e as necessidades de gestão de recursos hídricos de cada região, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Exemplos de vazões de referência e critérios para vazões máximas outorgáveis adotados em alguns estados brasileiros.

Estado	Regulamentação	Vazão de Referência	Crítérios
Minas Gerais	Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº 1548/2012	$Q_{7,10}$	Vazão máxima outorgável de 50% da $Q_{7,10}$. Exceções em algumas bacias que a vazão máxima outorgável é de 30% da $Q_{7,10}$.
Mato Grosso	Resolução CEHIDRO 27/09	Q_{95}	Vazão máxima outorgável = 70% da Q_{95} .
Rio de Janeiro	Portaria SERLA 307/02	$Q_{7,10}$	Vazão máxima outorgável = 50% da $Q_{7,10}$.
Espírito Santo	Instrução Normativa nº 013/2009	Q_{90}	Vazão máxima outorgável = 50% da Q_{90} .

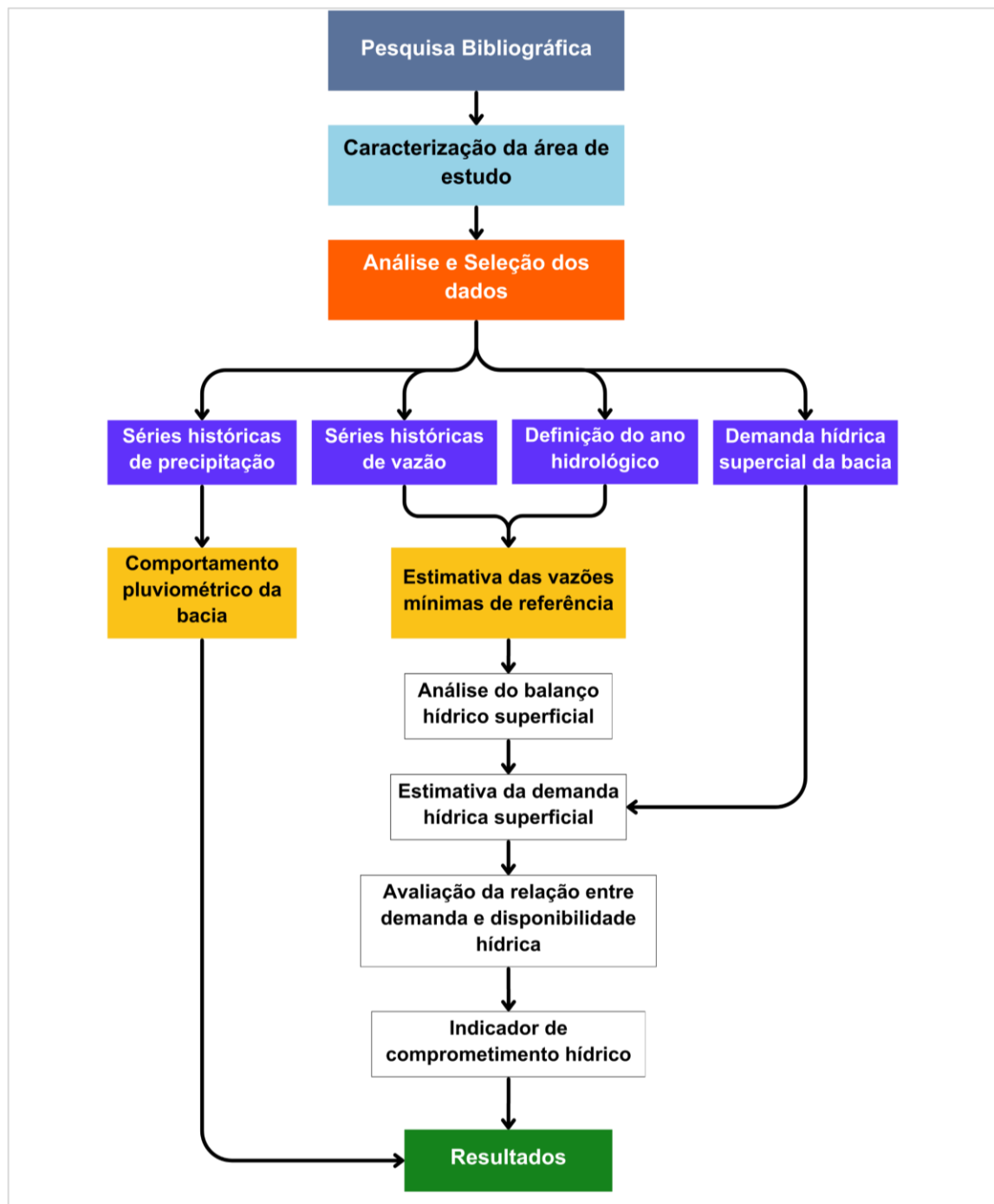
Fonte: Moreira (2022).

Como ilustrado no quadro, Minas Gerais, por exemplo, utiliza a vazão de referência $Q_{7,10}$ e permite uma outorga máxima de 50% dessa vazão, com exceções em algumas bacias onde o limite é reduzido para 30%. Mato Grosso adota a Q_{95} , com a vazão máxima outorgável sendo 70% deste valor. No Rio de Janeiro, a $Q_{7,10}$ é também a referência, com 50% dessa vazão disponível para outorga. Já no Espírito Santo, a referência é a Q_{90} , com o limite de outorga fixado em 50% (MOREIRA, 2022). Esses critérios refletem a necessidade de adaptar as práticas de gestão às características hidrológicas e demandas específicas de cada região, assegurando o uso racional e sustentável da água.

3 METODOLOGIA

A realização desse projeto foi fundamentada na coleta de dados e na sistematização de informações obtidas a partir de fontes primárias e secundárias. A estratégia metodológica foi escolhida para atender aos objetivos da pesquisa e gerar resultados representativos e aplicáveis ao contexto estudado (Figura 5).

Figura 5 - Estratégia metodológica

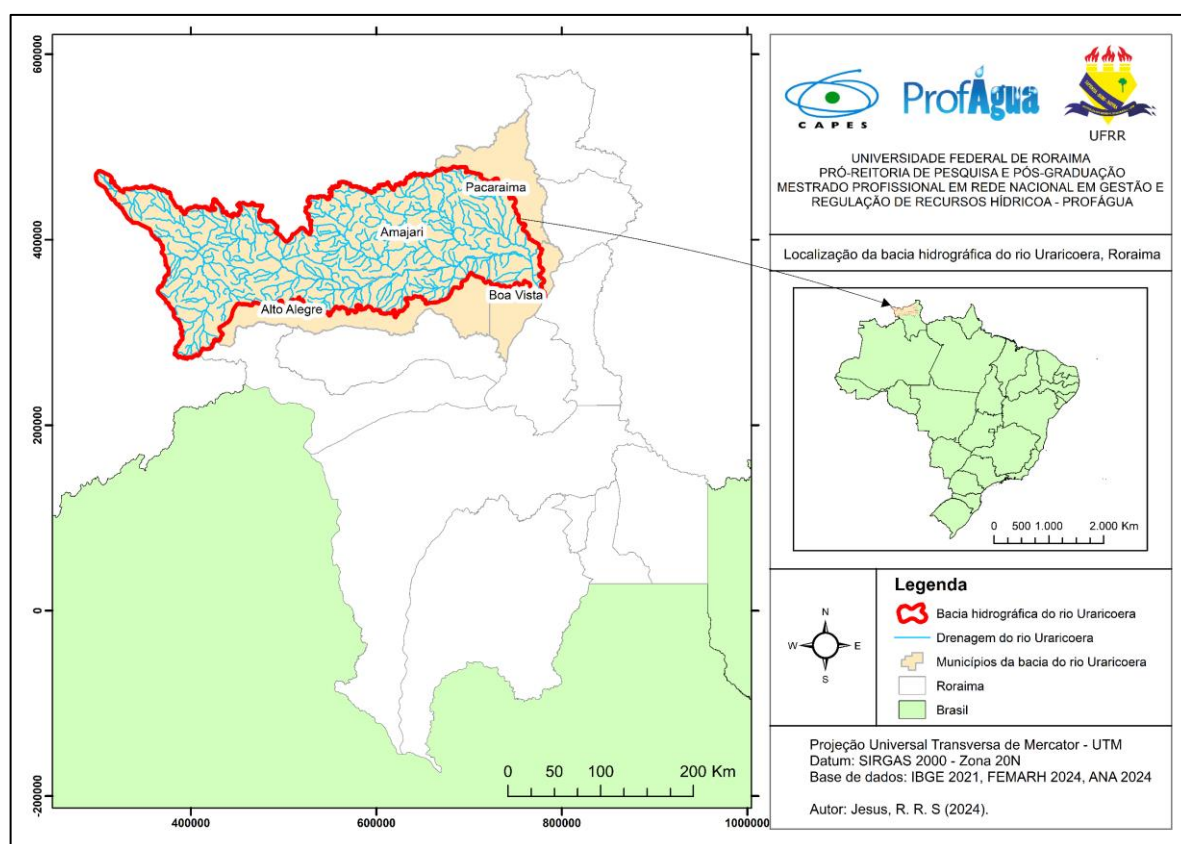


Fonte: Autor (2024).

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do rio Uraricoera (BHU) está localizada no noroeste do estado de Roraima, no lado direito da alta bacia do rio Branco. As nascentes do rio Uraricoera estão localizadas no complexo das serras do Parima, Auaris e Urutanin, na divisa entre Roraima e Venezuela. Seus principais afluentes são os rios Paricarana, Amajari, e Parimé, todos desaguardando pela margem esquerda (SILVA E CARVALHO, 2020). A Figura 6 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 6 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Uraricoera, Roraima



Fonte: Autor (2024).

Segundo Silva e Carvalho (2020), a BHU possui uma área de drenagem de 49.630 km², um perímetro de 1.525 km e um comprimento de 500 km. O perfil longitudinal do canal estende-se por 522 km. Os autores determinaram os parâmetros morfométricas da bacia, conforme detalhado na Tabela 1.

De acordo com Silva e Carvalho (2020), o índice de circularidade indica que a BHU é alongada, não circular, o que sugere um escoamento rápido e um baixo risco de cheias prolongadas. O índice de compacidade de 1,9 confirma a capacidade da bacia para escoamento rápido, e a baixa a suscetibilidade a enchentes.

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos da bacia hidrográfica do rio Uraricoera

Parâmetros morfométricos	Valor
Área (km ²)	49.630
Perímetro (km)	1.525
Comprimento (km)	499,50
Índice de compactidade	1,9
Amplitude (m)	1.088
Comprimento do canal (km)	522
Sinuosidade	1,04
Índice de circularidade	0,26
Densidade de drenagem (km/km ²)	0,35
Rugosidade	2,17

Fonte: Organizado pelo autor a partir dos dados de Silva e Carvalho (2020).

O índice de drenagem de 0,35 km/km², o índice de sinuosidade de 1,04 e o índice de rugosidade de 2,17 indicam, respectivamente, que a bacia tem um relevo altamente dissecado, respondendo de forma mais lenta às precipitações e com cheias mais prolongadas, tem um canal relativamente retilíneo, e possui áreas de médio declive com topos estreitos e alongados (SILVA E CARVALHO, 2020).

3.2 ANÁLISE E SELEÇÃO DE DADOS

Para a análise e seleção de dados foi realizado um levantamento preliminar das estações pluviométricas e fluviométricas com dados disponíveis, utilizando o portal HidroWeb, uma ferramenta que faz parte do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), e é coordenada pela ANA. Através do banco de dados do HidroWeb é possível acessar todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), como dados de níveis fluviais, vazões, chuva, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Os dados da demanda hídrica da BHU foram concedidos pela Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (FEMARH-RR), órgão responsável pelo meio ambiente e recursos hídricos em Roraima.

3.2.1 Séries históricas de precipitação

O levantamento preliminar das estações pluviométricas com dados disponíveis e existentes foi organizado em uma planilha através do software da

Microsoft, o Excel 2019, contendo como colunas o código de identificação da ANA, o nome da estação, o município, o responsável, a operadora, a latitude, a longitude e a base de dados disponível. Em seguida, foi elaborado o mapa de localização de cada estação com o auxílio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), o ArcGIS®/ArcMap™ 10.6.1, da Environmental Systems Research Institute (ESRI).

Após essa etapa, foram selecionadas as estações que estavam localizadas dentro da área da BHU, definido o período-base (período comum de observações) do estudo, preenchida as falhas mensais nos dados pluviométricos e por fim, realizada a consistência dos dados. Para a análise do comportamento pluviométrico da bacia serão utilizados os dados brutos de precipitação, pois eles possuem séries históricas maiores.

Para a seleção das estações e do período-base foi elaborado um diagrama de Gantt correspondente aos dados de precipitação de cada estação, onde a cor preta identificará os anos sem falhas nos dados, a cor vermelha o ano que teve até 20% de falhas e a cor branca os anos com mais de 20% de falhas. Para isso utilizou-se o Excel 2019 e o software Hidro v. 1.4, disponível no site HidroWeb. Foi adotado como critério para a escolha das estações e do período-base de estudo, a existência de pelo menos 10 anos de dados consecutivos, podendo haver até 20% de falhas em mais de um ano e mais de 20% de falhas em somente um ano dentro do período-base. A localização dos postos selecionados foi plotada em um mapa com o auxílio do ArcGis 10.6.1.

As falhas mensais das estações foram preenchidas utilizando os dados consistidos de cada posto, e o Método da Ponderação Regional. Este método possibilita preencher as falhas através da correlação com três estações que possuam no mínimo 10 anos de dados e que estejam localizadas em uma região com características climáticas semelhantes ao posto que apresenta falhas. O procedimento consiste em somar a razão entre a variável correspondente à data da falha da estação base e a média dessa variável em cada estação. Após isso, esse valor é multiplicado pela razão entre a média da variável da estação base e o número de estações de referências usadas, conforme a Equação 1 (MACHADO, 2018):

$$x = \frac{1}{3} \left(\frac{x_1}{xm_1} + \frac{x_2}{xm_2} + \frac{x_3}{xm_3} \right) ym \quad \text{Equação 1}$$

onde:

x = falha do posto a ser preenchida;

x_1, x_2, x_3 = variáveis correspondentes aos valores observados no ano que se deseja completar, em três estações vizinhas;

y_m = variável média da estação base;

x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} = variáveis médias das três estações vizinhas.

Para verificar a consistência dos dados, foi utilizado o Método de Dupla Massa, que analisa a homogeneidade dos dados observando a inclinação da reta para cada estação. Essa metodologia envolve selecionar estações em uma região e acumular seus valores mensais ou anuais. Esses valores acumulados são plotados em um gráfico cartesiano, onde os dados acumulados da estação a ser validada são colocados no eixo vertical e os dados da estação usada como base de comparação, são colocados no eixo horizontal. A consistência dos dados é assegurada se houver uma tendência linear em relação à estação vizinha (MACHADO, 2018).

3.2.1.1 Comportamento pluviométrico na bacia

Após a análise e seleção dos dados pluviométricos foram calculadas para cada estação as seguintes variáveis: precipitação média mensal (P_m), precipitação dos totais médios mensais (P_{mt}) e precipitação média anual acumulada (P_{tm}), para o período de 1996 a 2017. A partir desses valores e da localização geográfica de cada estação foram produzidos os mapas de distribuição espacial das precipitações média total, e média mensal. O processamento das informações foi realizado através do método de interpolação pelo inverso do quadrado médio da distância (IDW), com o auxílio do ArcGIS®/ArcMap™ 10.6.1. Os resultados foram obtidos por meio da sequência de recursos: *Spatial Analyst Tools, Interpolation, IDW*, disponíveis na caixa de ferramentas *ArcToolbox* do software.

3.2.2 Séries históricas de vazão

Concluído o levantamento preliminar, as informações das estações fluviométricas foram organizadas em uma planilha do Excel, contendo as seguintes colunas: código de identificação da ANA, nome da estação, município, nome do rio, latitude, longitude, área de drenagem e a base de dados disponível. Em seguida, foi

gerado um mapa de localização de cada posto empregando o software ArcGis 10.6.1.

Com base nesse mapa de localização, foram selecionadas as estações situadas dentro da BHU. Em seguida, foi realizado um pré-processamento na série histórica de cada estação, utilizando o software SisCAH 1.0 (Sistema Computacional para Análise Hidrológicas), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH), para identificar falhas nos dados e verificar os critérios adotados. Também foi criado um mapa dessas estações, analisado o período de dados em comum entre elas e estabelecido o período base para estimar as vazões mínimas de referência. A Figura 7 apresenta a tela inicial do software SisCAH 1.0.

Figura 7 – Tela inicial do software SisCAH 1.0

SisCAH 1.0 (14515000.ch)

Arquivo

Exibir

Série

Vazões

Ferramentas

Abais

Importar

Ativar

Salvar

Mostrar

Pre-Processamento

Massas

Médias

Módulos

Regulaciones

Pemennica

Hidrogena

Cód. de Estação

1510000

Nome da Estação

FAZENDA PASSARÃO

Início do Análise Hidrol

Abel

Mês	Situação	% Falhas	Dia 02	Dia 03	Dia 04	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20	Dia 21	
Fevereiro/1994	Descartado	0%	1105.09	1414.54	1693.02	1522.42	2002.91	2209.76	2300.76	2068.15	1815.42	1573.68	1375.63	1211.34	1091.00	990.71	903.87	834.98	777.89	732.04	686.98	642.72	62
Março/1994	Descartado	0%	417.15	421.48	399.98	383.02	370.43	357.95	343.71	345.60	329.32	317.26	313.27	333.37	343.71	383.02	405.39	556.74	575.95	594.53	594.53	547.40	43
Abril/1994	Descartado	0%	214.67	214.67	251.36	293.51	425.81	628.15	706.91	691.94	628.15	575.95	533.48	501.38	485.39	430.16	387.24	325.29	277.97	255.11	243.89	243.89	29
Mai/1994	Descartado	0%	772.76	757.42	645.48	1165.09	1540.07	1752.19	1853.69	1536.83	1908.04	1950.87	1794.26	1890.87	2016.75	2232.40	2295.51	2423.94	2644.48	2684.51	2684.51	2628.52	263
Junho/1994	Descartado	0%	3621.89	3621.89	3591.32	3567.45	5590.12	3813.04	3639.60	2568.92	3498.70	3446.33	3256.52	2879.38	2541.31	2214.05	2209.76	2149.76	2016.75	1980.29	1794.26	1779.28	158
Julho/1994	Descartado	0%	2002.91	2016.75	1594.05	2068.15	2127.40	2431.71	2797.65	2887.60	2912.29	3203.53	3239.44	3496.70	3595.87	4082.21	4017.97	3988.62	3710.65	3710.65	3710.65	3644.46	321
Agosto/1994	Descartado	0%	2024.07	2075.52	2385.23	2247.53	2208.76	2179.70	2239.96	2247.53	2075.52	1944.06	1710.44	1600.73	1573.68	1641.60	1724.32	1951.29	2262.70	2323.70	2239.96	2262.70	217
Setembro/1994	Descartado	0%	1879.38	1745.21	1815.42	2002.14	2172.20	2016.75	1822.45	1872.24	1922.45	1815.42	1395.04	1337.07	1287.57	1343.48	1281.66	1240.51	1193.94	1142.15	1107.98	1105.09	120
Outubro/1994	Descartado	0%	1506.70	1427.59	1330.68	1228.62	1147.87	1382.09	1773.19	1843.76	1944.06	2053.42	2157.23	2295.11	2478.49	2740.89	2988.76	2339.03	2179.70	2090.30	2002.14	1936.83	188
Novembro/1994	Descartado	0%	980.79	825.37	656.01	783.36	767.64	796.52	706.91	687.38	687.38	726.89	772.76	814.08	845.48	877.19	914.60	957.88	1007.23	1062.87	1119.23	1182.37	123
Dezembro/1994	Descartado	0%	1263.87	1176.60	1085.36	1057.27	1023.84	1001.72	979.73	941.59	909.23	866.58	840.22	824.51	798.52	742.16	721.96	682.02	652.48	604.08	595.02	57	
Jan/1995	Descartado	0%	515.07	487.80	452.09	421.48	404.26	399.98	408.54	421.48	417.15	399.98	378.81	345.60	309.29	313.27	317.26	309.29	297.43	293.51	289.61	285.71	29
Fevereiro/1995	Descartado	0%	274.12	313.27	341.51	378.81	370.43	325.29	297.43	270.29	251.36	229.15	247.61	243.89	236.49	232.81	225.90	221.87	218.26	211.09	207.53	203.98	19
Março/1995	Descartado	0%	200.45	200.45	203.98	203.98	203.98	203.98	211.09	221.87	247.61	281.84	281.84	277.97	305.32	343.71	387.24	430.16	447.88	487.80	524.25	542.75	58
Abril/1995	Descartado	0%	274.12	296.47	259.88	247.61	232.81	218.26	207.53	196.94	186.51	176.25	169.48	162.81	159.50	152.94	143.24	136.87	136.87	133.71	133.71	146.45	10
Mai/1995	Descartado	0%	460.95	447.68	425.81	408.54	387.24	383.02	399.98	434.52	474.32	501.38	515.07	496.94	434.52	387.24	357.95	329.32	321.27	343.71	408.54	456.51	54
Junho/1995	Descartado	0%	1317.93	1440.68	1614.32	1829.57	2134.85	2447.27	2781.39	2904.05	3036.77	3162.94	3282.20	3394.21	3472.48	3568.92	3657.34	3696.95	3481.21	3376.90	3256.52	3128.13	300
Julho/1995	Descartado	0%	3411.56	3524.98	3648.46	3795.41	3863.35	3926.78	4008.82	3999.68	3908.62	3809.26	3701.81	3595.37	3428.93	3282.20	3120.70	2978.47	2871.17	2813.93	2624.98	2699.56	2759
Agosto/1995	Descartado	0%	4824.77	4582.11	4091.41	3437.62	2716.68	2277.51	2293.14	2408.43	2688.47	3070.25	3290.77	3428.93	3737.51	3809.26	3577.73	3273.63	2986.77	2687.04	2316.53	2196.87	214
Setembro/1995	Descartado	0%	2112.54	2031.28	1829.62	1801.31	1717.38	1648.44	1627.94	1614.32	1573.68	1546.77	1520.02	1486.79	1546.77	1648.44	1607.52	1520.02	1473.57	1453.81	1486.79	1533.28	153
Outubro/1995	Descartado	0%	1305.35	1275.76	1188.15	1102.31	1012.76	936.17	850.74	777.89	706.91	657.38	623.32	608.88	657.38	691.94	672.13	691.94	662.02	647.60	604.08	591.43	53
Novembro/1995	Descartado	0%	515.07	561.43	594.53	642.72	691.94	645.48	585.21	893.17	777.89	686.98	647.60	662.29	752.32	871.88	887.83	896.01	936.17	1068.48	1299.42	1330.68	149
Dezembro/1995	Descartado	0%	701.91	642.72	613.68	642.72	737.10	834.98	985.21	1057.27	1091.00	1023.84	957.88	914.60	957.88	1062.87	1136.43	1105.09	1311.57	1587.19	1369.18	1105.09	100
Jan/1996	Descartado	0%	672.13	662.29	677.07	757.42	752.32	721.96	677.19	1007.23	963.33	909.23	772.76	696.92	633.00	585.02	552.07	585.02	696.92	747.24	686.98	638.15	59
Fevereiro/1996	Descartado	0%	634.98	608.88	772.76	726.99	777.89	968.79	1217.16	1401.53	1447.24	1514.63	1281.66	1196.60	1170.44	1427.59	1573.68	1603.43	1553.48	1493.42	1437.59	1288.10	119
Março/1996	Descartado	0%	1046.09	1281.66	1388.96	1440.68	1408.03	1349.89	1287.57	1252.23	1176.60	1113.05	1074.10	1040.52	1126.03	1493.42	1593.43	1496.79	1337.07	1195.73	1130.72	1107.98	102
Abril/1996	Considerado	0%	1034.95	1018.29	936.17	861.29	767.64	686.98	657.38	647.60	637.85	623.32	633.00	682.02	767.64	903.87	1079.72	1228.62	1343.48	1453.81	1573.68	1602.79	180
Mai/1996	Considerado	0%	1936.83	1973.03	2024.07	2087.71	2172.20	2224.85	2270.30	2293.14	2293.14	2270.30	2187.20	2149.76	2239.96	2300.76	2362.09	2447.27	2541.31	2628.52	2724.74	2805.78	288
Junho/1996	Considerado	0%	2848.59	3053.50	3472.48	3728.58	3981.41	4230.28	4355.61	4411.81	4379.05	4288.54	4211.67	4082.21	3827.26	3613.04	3648.46	3719.65	3746.46	3737.51	3863.35	4298.23	509
Julho/1996	Considerado	0%	5308.53	5252.16	5303.97	5086.18	4788.17	4593.55	4593.55	4344.40	4183.62	4073.01	3991.28	3710.73	3782.30	4091.41	4357.56	4525.06	4754.94	4859.84	4754.94	4913.68	401
Agosto/1996	Considerado	0%	3648.46	3746.46	3890.49	4095.46	4289.59	4547.84	4616.47	4389.28	3999.68	3533.76	3129.13	2781.39	2431.71	2295.51	2362.09	2486.91	2543.20	2423.94	2339.03	2634.64	293
Setembro/1996	Considerado	0%	2470.67	2262.70	2157.23	2090.30	1886.53	1717.38	1655.29	1597.19	1546.77	1558.53	2431.71	2362.09	2164.71	2142.30	2316.05	2239.96	2090.30	2032.42	2262.70	2388.80	240
Outubro/1996	Considerado	0%	1573.68	1362.74	1246.37	1159.34	1107.98	1085.36	1091.00	1068.48	1029.39	979.73	936.17	893.17	887.83	887.83	877.19	892.44	930.77	952.44	985.21	102	
Novembro/1996	Considerado	0%	772.76	803.70	767.64	747.24	716.93	716.93	696.92	682.02	657.38	642.72	637.85	633.00	652.48	706.91	767.64	845.48	850.74	930.77	1018.29	925.37	87

Fonte: Captura de tela do software SisCAH 1.0. Desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) (2009).

Ao importar uma base de dados ou abrir um projeto no SisCAH 1.0, a série histórica de vazão é apresentada na tela principal, em um formato que facilita a visualização completa dos dados. Junto com a série histórica, o software exibe informações como a porcentagem de falhas em cada mês, os meses que foram incluídos, descartados ou que não possuem dados, além do início do ano hidrológico e o código da estação. No topo da tela, encontra-se o Menu Principal, que concentra todos os comandos para acessar as funcionalidades do SisCAH 1.0. As ferramentas mais utilizadas estão também disponíveis na Barra de Ferramentas, localizada logo abaixo do Menu Principal.

Para a seleção das estações fluviométricas a serem analisadas, foram considerados os seguintes critérios: o ano hidrológico da bacia, a disponibilidade de dados históricos com pelo menos 10 anos consecutivos e a exclusão de meses com percentual de falhas igual ou superior a 5%.

3.2.3 Demanda hídrica superficial da bacia

Os dados das outorgas concedidas em Roraima, fornecidos pela FEMARH-RR em uma planilha Excel, incluem informações como o tipo e subtipo da interferência, as coordenadas de latitude e longitude do ponto de interferência (em graus decimais), o nome do município onde o ponto está localizado, o tipo de pedido de outorga, a vazão de captação, finalidade de uso, validade, entre outras. Esses dados foram disponibilizados no dia 17/07/2024. A Figura 8 ilustra parte dessa planilha.

Figura 8 - Planilha Excel com parte dos dados disponibilizada pela FEMARH-RR

INT_TIN_DS	INT_TSU_DS	INT_TCH_DS	INT_TSI_DS	INT_NU_LATITUDE	INT_NU_LONGITUDE	INT_NM_MUNICIPIO	INT_NM_CORPOHIDRICO	INT_NM_CORPOHIDRICOALTERADO	INT_DT_REGISTRO
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,0468055555	#-61,8919166667	ALTO ALEGRE	SEM NOME		27/05/2024
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,8391666667	#-61,0643611111	ALTO ALEGRE	Igarapé Água Boa		12/09/2016
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,6945833333	#-61,0252777777	ALTO ALEGRE	Rio Mucajá		05/01/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,2749166667	#-61,1899722222	ALTO ALEGRE	Rio Cauamé		29/03/2023
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,0346388889	#-61,6923333333	ALTO ALEGRE	SEM NOME	TANQUE	14/03/2021
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,7588888889	#-61,1507222222	ALTO ALEGRE	Igarapé Água Boa		08/05/2019
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,9732055555	#-61,0566666666	ALTO ALEGRE	Rio Cauamé		05/01/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,7401666666	#-61,2852777777	ALTO ALEGRE	Igarapé Talboca		05/01/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,1387222222	#-61,58275	ALTO ALEGRE	Igarapé Grande		11/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,0196388889	#-61,5075833333	ALTO ALEGRE	Igarapé Comissão		13/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,0075	#-61,6202777778	ALTO ALEGRE	Igarapé Cumatã		14/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,1586388889	#-61,63	ALTO ALEGRE	Igarapé Grande		13/02/2020
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,2936111111	#-61,1564444444	ALTO ALEGRE	Igarapé do Tabalo		21/12/2016
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Construção	#3,3859166667	#-61,1826666667	ALTO ALEGRE	Igarapé do Macaquinho		27/09/2022
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,0350277778	#-61,5162222222	ALTO ALEGRE	Igarapé Comissão		25/01/2022
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,1130555555	#-61,6783333333	ALTO ALEGRE	SEM NOME		30/08/2022
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,8411388889	#-61,0598611111	ALTO ALEGRE	Igarapé Água Boa		13/09/2016
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,0081388889	#-61,3209722222	ALTO ALEGRE	SEM NOME		04/09/2023
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,1791666667	#-61,7838888889	ALTO ALEGRE	Igarapé Grande		11/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,8438611111	#-61,0815833333	ALTO ALEGRE	SEM NOME		05/01/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,2174444444	#-61,2310277778	ALTO ALEGRE	Igarapé Lontra		15/07/2022
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Desativada	#3,1668333333	#-61,6701666667	ALTO ALEGRE	SEM NOME		11/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,7254444444	#-61,1867777778	ALTO ALEGRE	SEM NOME		24/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,1430555555	#-61,0347611111	ALTO ALEGRE	Igarapé Água Boa		19/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#2,8846388889	#-61,3788888889	ALTO ALEGRE	Rio Mucajá		24/07/2017
Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	#3,1028611111	#-61,6179166667	ALTO ALEGRE	SEM NOME		08/01/2020

Fonte: FEMARH (2024).

No processamento dos dados dos usuários de água da bacia, foi utilizada a seguinte estratégia metodológica: primeiramente, verificou-se o tipo de interferência (captação, lançamento, etc.), selecionando apenas as captações e excluindo os demais tipos. Em seguida, analisou-se o subtipo da interferência, mantendo apenas as captações superficiais. O terceiro passo foi verificar a situação das outorgas, descartando aquelas com status de indeferido, em análise e inválido. Por fim, excluíram-se as outorgas com datas vencidas, resultando na análise apenas dos

dados válidos até a data de obtenção da planilha. A Figura 9 mostra parte da planilha Excel com os dados consistidos.

Figura 9 - Parte da planilha Excel com dados consistidos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	INT. AN. OS	INT. RSU. OS	INT. PON. OS	INT. DEP. OS	INT. D. EST.	INT. AU. OS	INT. RM. MU	INT. AN. CO	INT. OS. EST.	OUT. RSU. OS	OUT. AN. CO
2	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.34925	-60.72591667	BOA VISTA	Igarapé Muxinga	2018-06-20	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
3	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.316838889	-60.76759722	BOA VISTA	Igarapé Truaru	2021-08-17	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
4	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.095333333	-61.53002778	ALTO ALEGRE	Igarapé Cumatê	2021-09-07	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
5	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.672611111	-61.74313889	AMAJARI	Igarapé Tomás	2021-09-15	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
6	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.647777778	-61.81066667	AMAJARI	Igarapé Nova Cruz	2021-09-28	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
7	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.335666667	-60.78205556	BOA VISTA	Igarapé Truaru	2021-12-21	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
8	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.071666667	-61.53277778	ALTO ALEGRE	Igarapé Cumatê	2019-02-26	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
9	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.593583333	-61.79155556	AMAJARI	Rio Trairão	2017-08-22	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
10	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.319472222	-60.77369444	BOA VISTA	Igarapé Truaru	2017-01-05	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
11	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.064777778	-61.59627778	ALTO ALEGRE	SEM NOME	2022-12-15	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
12	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.205555556	-60.57927778	BOA VISTA	Rio Uraricoera	2017-01-05	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
13	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.350247222	-60.72083333	BOA VISTA	Igarapé Muxinga	2023-02-17	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
14	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.623444444	-61.89094444	AMAJARI	Rio Trairão	2023-07-06	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
15	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.160833333	-61.66722222	ALTO ALEGRE	SEM NOME	2017-07-21	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
16	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.276944444	-60.79972222	BOA VISTA	Igarapé Sauba	2019-01-15	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
17	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.619	-61.67875	AMAJARI	Igarapé Pau Baru	2017-01-05	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
18	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.892666667	-61.66066667	AMAJARI	Rio Amajari	2023-12-20	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
19	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.202972222	-60.63738889	BOA VISTA	Rio Uraricoera	2024-02-28	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
20	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.17425	-61.67927778	ALTO ALEGRE	SEM NOME	2017-07-11	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
21	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.056722222	-61.54452778	ALTO ALEGRE	SEM NOME	2024-05-13	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
22	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.158638889	-61.63	ALTO ALEGRE	Igarapé Grande	2020-02-13	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
23	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.277777778	-60.83388889	BOA VISTA	Igarapé Truaru	2019-01-07	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
24	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.268222222	-60.81458333	BOA VISTA	Igarapé Truaru	2017-01-04	Direito de Uso	Uso insignificante
25	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.578138889	-61.91244444	AMAJARI	SEM NOME	2019-03-15	Uso de pouca expressão	Uso insignificante
26	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.027027778	-61.58636111	ALTO ALEGRE	Igarapé Cumatê	2017-03-28	Direito de Uso	Uso insignificante
27	Captação	Superficial	Rio ou Curso D'Água	Operação	3.163555556	-61.54691667	ALTO ALEGRE	SEM NOME	2017-03-31	Direito de Uso	Uso insignificante

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da FEMARH (2024).

Após essas etapas, a planilha foi convertida em um arquivo .txt e exportado para o ArcGis 10.6.1, onde foi gerado um mapa com as coordenadas de cada ponto. Utilizando a ferramenta de seleção (*Select By Location*) do software, foram selecionados apenas os pontos que localizados dentro da área da bacia. Esses pontos foram exportados para um arquivo Excel, através da ferramenta “*Table To Excel*”, e em seguida, os pontos duplicados foram excluídos. Após a exclusão das duplicatas, os dados foram novamente exportados para o ArcGis 10.6.1, onde finalmente foi gerado o mapa das captações superficiais da BHU em Roraima, dividindo os usuários em outorgas e cadastros de uso insignificante.

3.3 DEFINIÇÃO DO ANO HIDROLÓGICO

A determinação do ano hidrológico com base na precipitação considera a separação dos períodos chuvoso e seco, iniciando no começo das chuvas e terminando ao final do período seco, abrangendo um intervalo de 12 meses (KICH, 2015). Para definir o ano hidrológico da bacia, foram analisados os totais mensais das médias históricas das nove estações estudadas, no período de 1996 a 2017.

Utilizando o software Excel, foi gerada uma tabela com os valores da precipitação total mensal das médias de cada estação. Em seguida, foi criado um

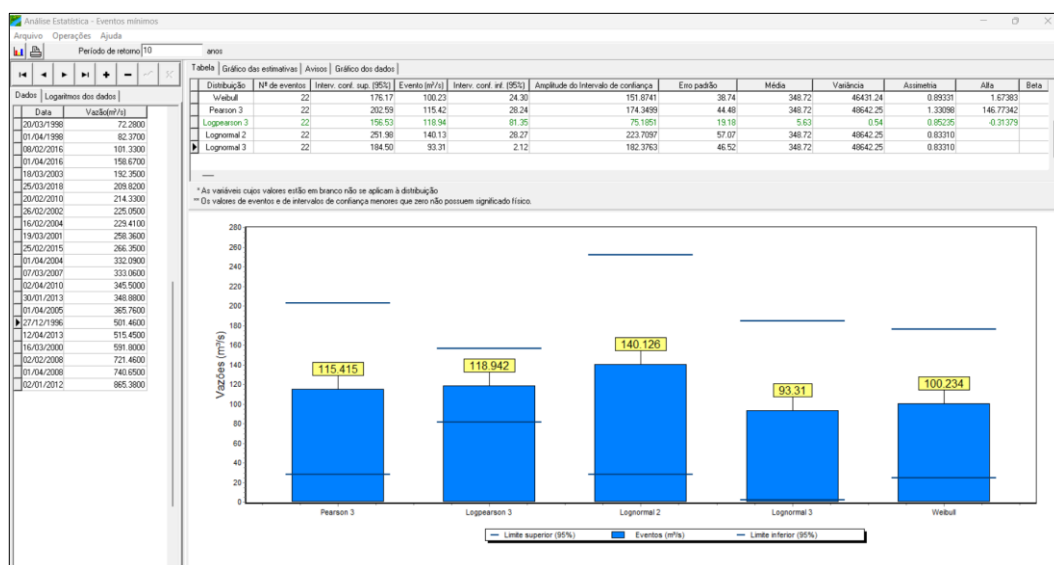
gráfico de barras acompanhado de uma linha de tendência para indicar a média desses valores.

3.4 ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS DE REFERÊNCIA

Após a análise e levantamento dos dados das estações fluviométricas, foi realizado o processamento das informações das estações selecionadas utilizando o software SisCAH 1.0, com o objetivo de estimar as vazões médias e as vazões mínimas de referência. Com base nas séries históricas de cada estação, foram calculadas as vazões médias anuais, mensais, mensais de longa duração, as vazões mínimas $Q_{7,10}$, Q_{90} , Q_{95} , além das vazões específicas anuais.

As vazões médias foram obtidas por meio da ferramenta “Médias” do SisCAH 1.0, com o auxílio do Excel. Após o processamento, o SisCAH 1.0 gerou uma tabela para cada resultado das vazões médias anuais, mensais e mensais de longa duração. Essas tabelas foram exportadas em formato .xls para a elaboração dos gráficos correspondentes às vazões médias. A Figura 10 apresenta a tela de análise estatística dos eventos mínimos ($Q_{7,10}$).

Figura 10 – Tela de análise estatística dos eventos mínimos do software SisCAH 1.0



Fonte: Captura de tela do software SisCAH 1.0. Desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH) (2009).

Para calcular a $Q_{7,10}$, o SisCAH 1.0 empregou cinco modelos de distribuição de probabilidade: Weibull, Log-normal II, Log-normal III, Pearson III e Log-Pearson III. Através do software foi verificado o modelo com melhor aderência às distribuições de probabilidade para definir o valor dessa vazão. As vazões Q_{90} e Q_{95}

foram obtidas a partir da curva de permanência gerada pelo programa, enquanto a vazão específica anual foi calculada dividindo-se os dados de vazões mínimas anuais pela área de drenagem de cada estação. Os hidrogramas da série completa foram gerados por meio do software Super Manejo de Dados 2.1, desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

3.5 ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO SUPERFICIAL

Nesta etapa, foi realizada a estimativa da disponibilidade hídrica superficial e a análise das demandas dos diversos usuários de água da bacia. O objetivo foi avaliar se as demandas podem ser atendidas sem comprometer a sustentabilidade da bacia e, ao mesmo tempo, estimar valores para a vazão outorgável, garantindo que o uso dos recursos hídricos seja feito de forma equilibrada e sustentável.

3.5.1 Estimativa da demanda hídrica superficial

Finalizada a análise e consistência dos dados dos usuários de água da bacia, foi realizada a estimativa da demanda hídrica superficial da região utilizando o software Excel. O primeiro passo foi converter a unidade de vazão de captação de m^3/hora para m^3/s . Para cada ponto, foi adotada a vazão média de captação. Em seguida, os dados foram organizados de acordo com o tipo de outorga (outorgado e uso insignificante) e a finalidade da interferência (aquicultura em tanque escavado, consumo humano criação animal, irrigação e outras). Com isso, foi possível calcular tanto a quantidade de pontos quanto a demanda hídrica superficial correspondente a cada categoria.

3.5.2 Análise da relação entre demanda e disponibilidade hídrica superficial

Para a análise da disponibilidade hídrica superficial da BHU em Roraima, foram utilizados os resultados obtidos no tópico 3.5.1, juntamente com as vazões mínimas de referência estimadas no tópico 3.4 deste estudo. Como no Estado de Roraima ainda não foram oficialmente estabelecidos os valores para as vazões outorgáveis, foram analisadas as vazões mínimas de referência Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$, e

verificada as suas sazonalidades nos períodos mais úmidos e secos. Além disso, será avaliada a vazão máxima outorgável, considerando os limites de 50% da $Q_{7,10}$, 70% da Q_{95} e 50% da Q_{90} , conforme critérios utilizados em alguns estados do Brasil.

Para a análise da disponibilidade hídrica da BHU, foi considerada a estação 14515000 – Fazenda Passarão, situada mais a jusante de todas as captações e localizada próxima à foz do rio Uraricoera. A vazão de disponibilidade hídrica (Q_{DH}) foi representada pela Equação 2:

$$Q_{DH} = x * Q_{min} - Q_{capt} \quad \text{Equação 2}$$

em que:

- Q_{DH} = vazão de disponibilidade hídrica em m^3/s ;
- x = percentual da vazão mínima de referência passível de ser outorgada, expressa em decimal adimensional;
- Q_{min} = vazão mínima de referência estimada em m^3/s ;
- Q_{capt} = vazão de demanda total em m^3/s .

3.5.3 Indicador de comprometimento hídrico

O Indicador de Comprometimento Hídrico (ICH) representa a relação entre as demandas de água e a disponibilidade hídrica, baseada na vazão de referência do rio (ANA, 2013). Abaixo, apresenta-se a Equação 3 que foi utilizada para calcular o indicador de comprometimento da quantidade da água da bacia.

$$ICH = \frac{x * Q_{min} - Q_{DH}}{x * Q_{min}} * 100 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

- ICH = indicador de comprometimento hídrico;
- Q_{DH} = vazão de disponibilidade hídrica em m^3/s ;
- x = percentual da vazão mínima de referência passível de ser outorgada, expressa em decimal adimensional;
- Q_{min} = vazão mínima de referência estimada em m^3/s .

Após o cálculo do ICH, foi possível classificar o comprometimento hídrico da bacia de acordo com as situações de disponibilidade: $ICH \geq 100$ = indisponibilidade; $50 < ICH < 100$ = estado de atenção; $ICH < 50$ = disponibilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das metodologias empregadas na pesquisa. A abordagem metodológica envolveu uma análise e o processamento detalhado dos dados coletados, com o objetivo de avaliar a disponibilidade hídrica da bacia estudada e proporcionar uma compreensão aprofundada das dinâmicas hidrológicas na região.

4.1 SÉRIES HISTÓRICAS DE PRECIPITAÇÃO

Em Roraima, foram identificadas 67 (sessenta e sete) estações pluviométricas no portal do HidroWeb, desse total, 56 (cinquenta e seis) estações apresentam disponibilidade de dados de chuva. Na tabela 2 constam as informações das estações pluviométricas com dados de chuva disponíveis no estado.

Tabela 2 - Estações Pluviométricas com dados de chuva disponíveis em Roraima

Código	Estação	Município	Resp	Ope- radora	Latitude	Longitu- de	Período de Dados
8361001	Boqueirão	Alto alegre	ANA	CPRM	3.2906	-61.2881	1979 - 2023
8361004	Colônia do Taiano	Alto alegre	ANA	CPRM	3.2872	-61.0883	1980 - 2023
8262000	Posto Funai	Alto alegre	ANA	CPRM	2.7275	-62.0178	1984 - 2019
8363000	Uaicás	Alto alegre	ANA	CPRM	3.5497	-63.1692	1984 - 2019
8263000	Missão Surucucu	Alto alegre	ANA	CPRM	2.8358	-63.6417	1984 - 2023
8362000	Maloca do Ericó	Alto alegre	ANA	CPRM	3.6319	-62.3989	1992 - 2023
8361007	Maracá	Alto alegre	ANA	CPRM	3.3528	-61.4228	2005 - 2023
8361000	Fazenda São João	Amajari	ANA	CPRM	3.6608	-61.3839	1979 - 2023
8361005	Tepequém	Amajari	ANA	CPRM	3.7592	-61.7181	1989 - 2023
8360007	Três Corações	Amajari	ANA	CPRM	3.6483	-60.9725	2005 - 2023
8360009	Fazenda Capela	Boa vista	CPR M	CPRM	3.015	-60.4967	2016
8260000	Boa Vista	Boa vista	IN- MET	INMET	2.8294	-60.6619	1958 - 2017
8360003	Mocidade	Boa vista	ANA	CPRM	3.4636	-60.9097	1975 - 2023
8460000	Maloca Ailan	Boa vista	ANA	ANA	4.6333	-60.1833	1977 - 1986
8360002	Fazenda Passarão	Boa vista	ANA	CPRM	3.2078	-60.5711	1977 - 2023
8364000	Missão Auaris	Boa vista	ANA	ANA	4.0031	-64.4886	1985 - 1994
8464001	Missão Auaris - Jusante	Boa vista	ANA	CPRM	4.0031	-64.4431	1995 - 2023
8260001	Boa Vista (SBBV)	Boa vista	DEP V	DEPV	2.8333	-60.6833	2001 - 2003
8259000	Fazenda Verdum	Bonfim	ANA	ANA	2.4189	-59.9183	1984 - 2013
8359000	Bonfim	Bonfim	ANA	CPRM	3.3783	-59.8156	1984 - 2023
8360005	Fazenda Altamira	Bonfim	ANA	ANA	3.1656	-60.2336	1989 - 2001
8260003	Fazenda Castelão	Bonfim	ANA	CPRM	2.7606	-60.325	1989 - 2023

8360006	Fazenda Água limpa	Bonfim	ANA	CPRM	3.1556	-60.2511	2001 - 2023
8360008	Fazenda Paraíso	Bonfim	ANA	CPRM	3.3178	-60.3447	2012 - 2023
8260006	Fazenda Estrela Dalva	Bonfim	ANA	CPRM	2.2519	-60.0914	2014 - 2023
8260002	Boa Esperança	Cantá	ANA	CPRM	2.4697	-60.7175	1989 - 2023
8161000	Caracarái	Caracarái	IN-MET	INMET	1.8325	-61.1208	1970 - 2017
8161001	Caracarái	Caracarái	ANA	CPRM	18.214	-61.1236	1975 - 2023
8162000	Missão Catrimani	Caracarái	ANA	CPRM	1.75	-62.2833	1984 - 2023
8160003	Agropecuária Boa Vista	Caracarái	ANA	CPRM	1.4608	-60.7675	1985 - 2023
61001	Terra preta	Caracarái	ANA	CPRM	-0.8731	-61.9317	1989 - 2022
8261002	Km 44 BR-210	Caracarái	ANA	ANA	2	-61.5	1999 - 2006
8158000	Vila São José	Caracarái	ANA	ANA	1.9756	-61.3339	2007 - 2010
8261003	Vila São José - Nova	Caracarái	ANA	CPRM	2.1519	-61.1931	2010 - 2023
8059001	Sítio Santa Maria	Caroebe	ANA	CPRM	0.8069	-59.4283	1989 - 2023
8059003	Pch Jatapu	Caroebe	ANA	CPRM	0.9333	-59.3167	2000 - 2023
8261000	Fé e Esperança	Mucajaí	ANA	CPRM	2.8708	-61.4406	1975 - 2023
8261001	Fazenda Três Poderes	Mucajaí	ANA	CPRM	2.2628	-60.9728	1989 - 2023
8260004	Mucajaí	Mucajaí	ANA	CPRM	2.4714	-60.9178	1995 - 2023
8360004	Normândia	Normândia	IN-MET	INMET	3.5	-60.17	1989
8460002	São João do Cotin-go	Normândia	ANA	ANA	4.3667	-60.45	1984 - 1994
8359002	Fazenda Novo Destino	Normândia	ANA	CPRM	3.8361	-59.6697	2005 - 2023
8360000	Maloca do Contão	Pacaraima	ANA	CPRM	4.1667	-60.5289	1975 - 2023
8460001	Vila Surumu	Pacaraima	ANA	CPRM	4.1961	-60.7939	1984 - 2023
8461000	Nova Esperança/Marco BV-8	Pacaraima	ANA	CPRM	4.4883	-61.1297	1984 - 2023
61000	Santa Maria do Boiaçu	Rorainópolis	ANA	CPRM	-0.5067	-61.7858	1972 - 2022
60000	Base Alalaú	Rorainópolis	ANA	CPRM	-0.8558	-60.5219	1977 - 1980, 1982 e 1991 - 2023
8160001	Fazenda Paraná	Rorainópolis	ANA	CPRM	1.1264	-60.3994	1979 - 2023
8060000	Fazenda São José	Rorainópolis	ANA	CPRM	0.5211	-60.465	1983 - 2023
8059000	Fazenda Castanhal	São João da Baliza	ANA	ANA	0.8833	-59.65	1984 - 1994
8059002	São João da Baliza	São João da Baliza	ANA	CPRM	0.9578	-59.9139	1995 - 2023
60001	Fazenda São Lucas	São Luiz	ANA	CPRM	-0.2275	-60.6908	1989 - 2023
8560000	Fazenda Bandeira Branca	Uiramutã	ANA	CPRM	4.6306	-60.4706	1976 - 1996
8459000	Mutum	Uiramutã	ANA	CPRM	4.4517	-59.8589	1989 - 2023
8460003	Água Fria	Uiramutã	ANA	CPRM	4.6428	-60.4964	1996 - 2018
8460004	Uiramutã	Uiramutã	ANA	CPRM	4.5986	-60.1664	2002 - 2023

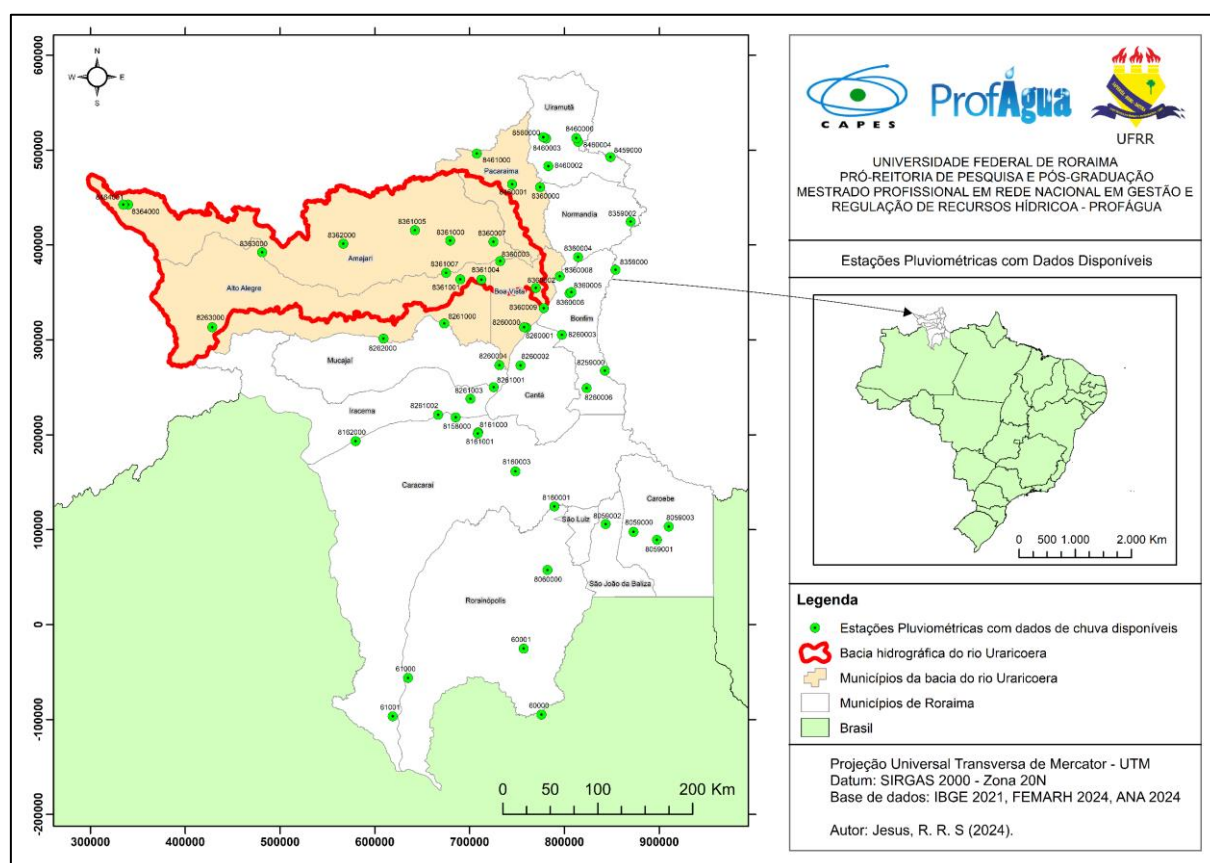
Fonte: Elaboração própria a partir de dados ANA (2024).

Através da tabela, pode-se observar que 83,58% das estações pluviométricas apresentam dados de chuva disponibilizados pela ANA, variando seu período do ano de 1972 a 2023, isto é, 51 anos com medições de precipitação em Roraima. Os municípios com os maiores números de estações são, Alto Alegre, Boa Vista, Bonfim e Caracaraí, com respectivamente, 7, 8, 7 e 8 postos.

É importante ressaltar que diversas estações possuem falhas diárias, e mensais ao longo dos anos, o que pode gerar análises menos precisas. Devendo assim, identificá-las para poder preencher essas lacunas através das metodologias adequadas.

A Figura 11 apresenta o mapa com a localização das estações pluviométricas da Tabela 2, a delimitação da BHU e seus municípios.

Figura 11 - Mapa das estações pluviométricas com dados de chuva disponíveis



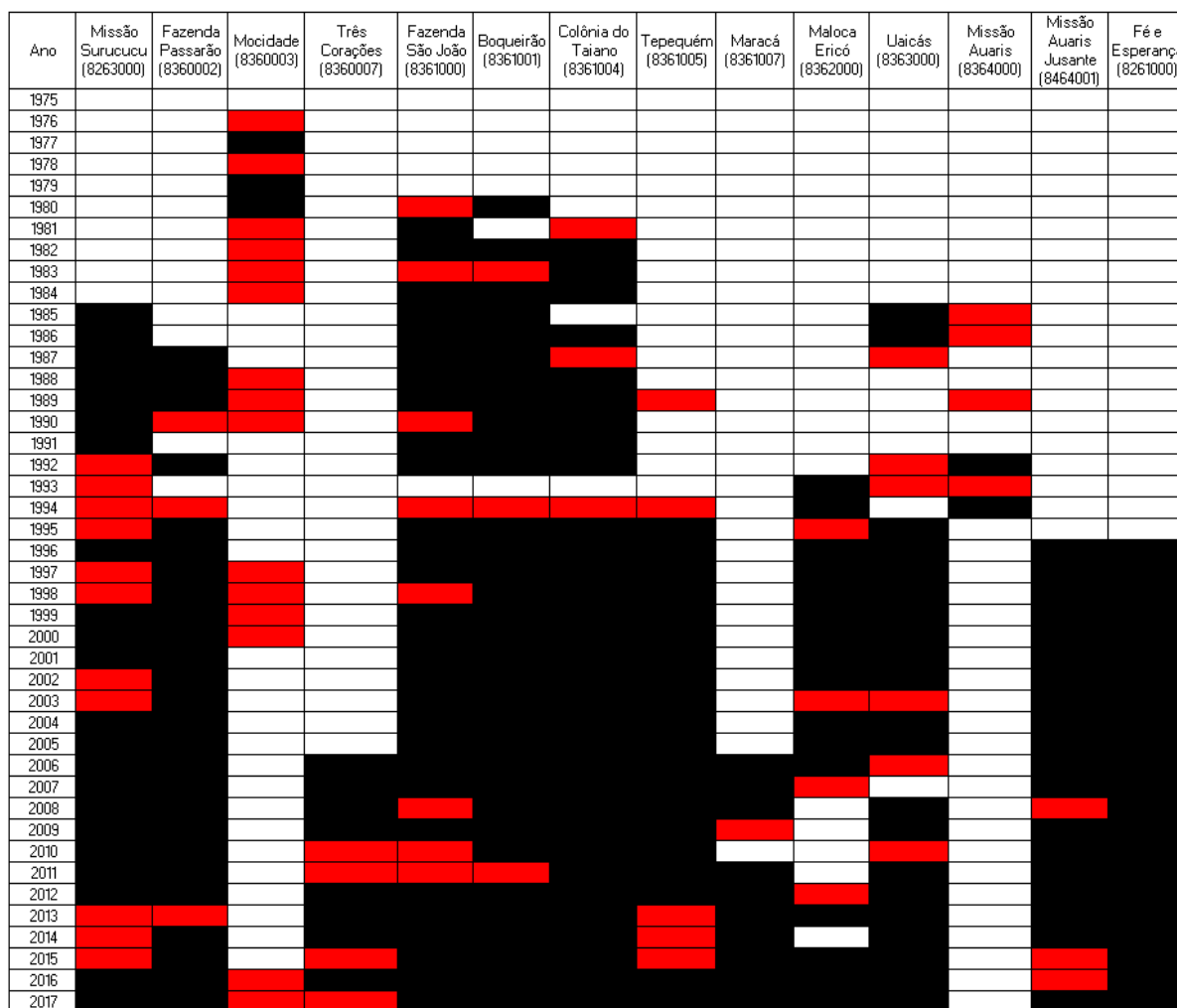
Fonte: Autor (2024).

A distribuição dos postos não ocorre de forma homogênea entre os municípios, estando mais concentrada na região norte do estado. Considerando as coordenadas geográficas fornecidas pela ANA (2024), algumas estações estão localizadas em municípios diferentes dos indicados no HidroWeb. Por exemplo, conforme a Tabela 2, a estação de código 60001, Fazenda São Lucas, está

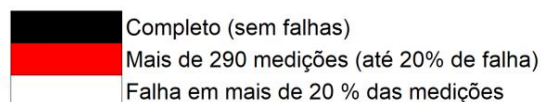
localizada no município de São Luiz, porém, ao plotar as suas coordenadas no ArcGis 10.6.1, ela está localizada no município de Rorainópolis.

A Figura 12 mostra a composição do diagrama de Gantt com todos os postos analisados dentro da área de estudo, após o preenchimento das falhas utilizando os dados consistidos de cada estação.

Figura 12 - Diagrama de Gantt dos postos pluviométricos



Legenda:

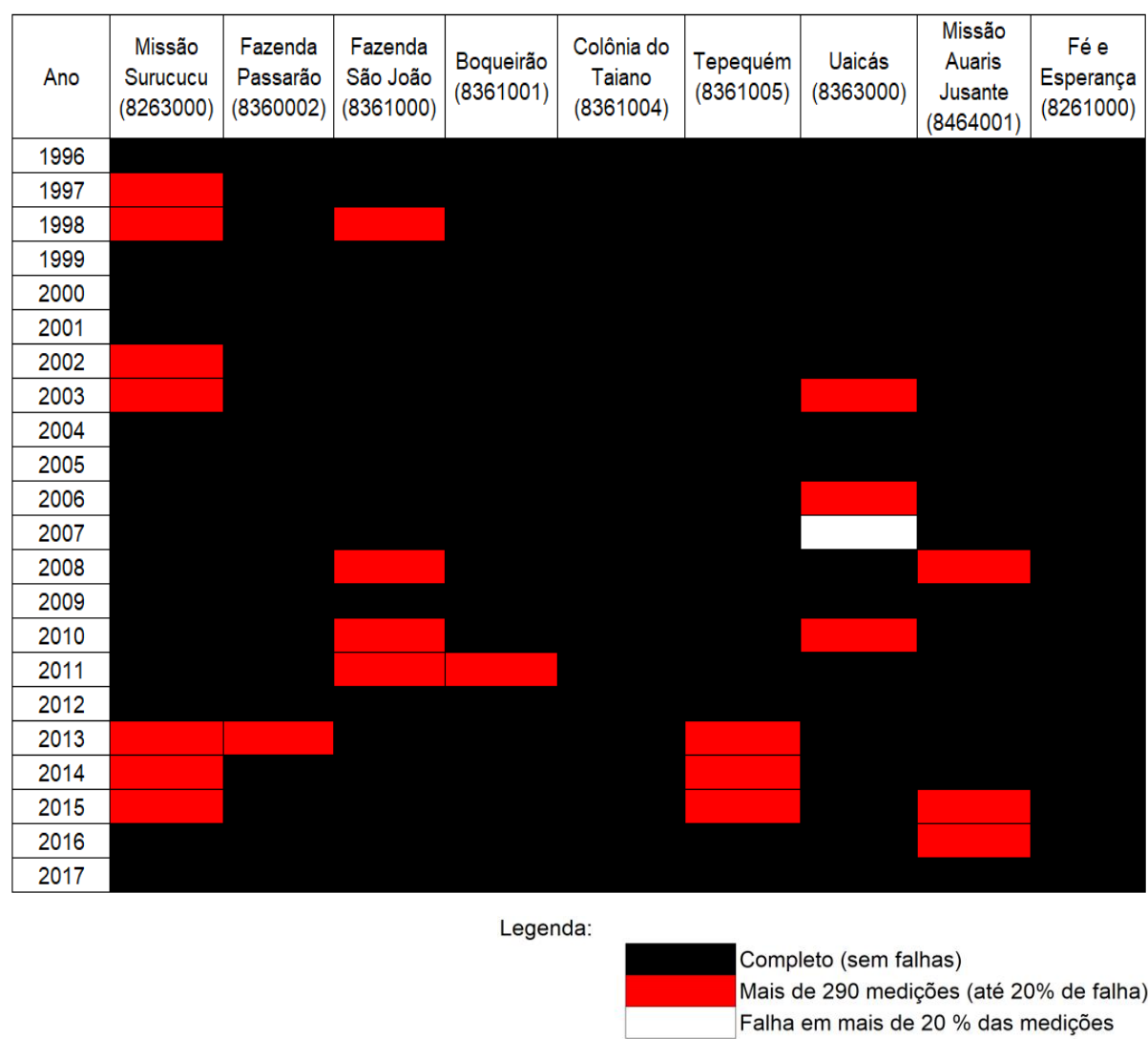


Fonte: Autor (2024).

Através do diagrama foram selecionadas nove estações para a análise do comportamento pluviométrico da bacia. As estações Mocidade, Três Corações, Maracá, Maloca do Ericó e Missão Auaris, não foram utilizadas no estudo, pois não atenderam aos critérios adotados. A estação Fé e Esperança não está localizada dentro da BHU, mas foi utilizada no estudo como posto de apoio para o preenchimento das falhas. A Figura 13 apresenta o diagrama das estações

selecionadas no estudo.

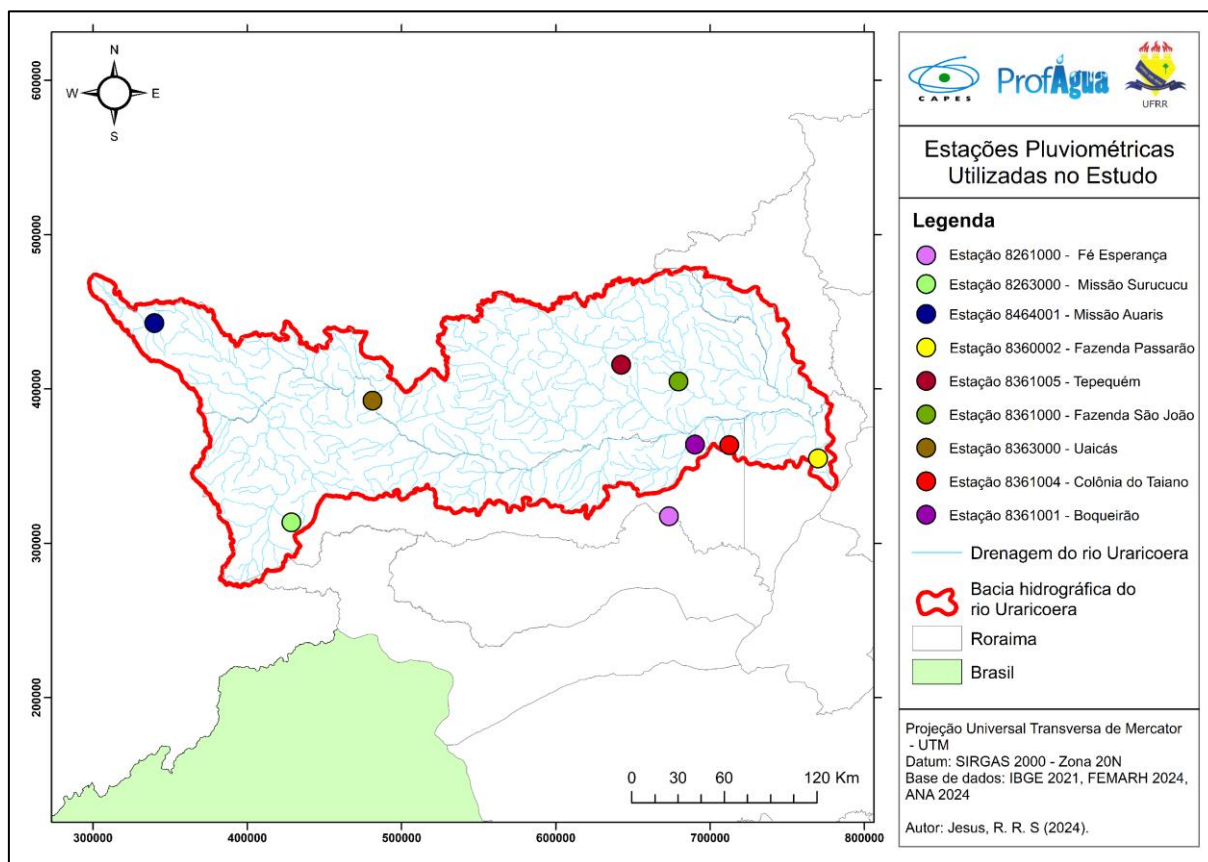
Figura 13 - Diagrama de Gantt das estações pluviométricas utilizadas no estudo



Fonte: Autor (2024).

Analizando o diagrama de Gantt da Figura 13 e considerando os critérios adotados, o período-base do estudo foi de 1996 a 2017, correspondendo a uma série histórica de 21 anos. A estação Missão Surucucu foi o posto que apresentou o maior número de falhas, enquanto na estação Fé e Esperança foram realizadas todas as medições pluviométricas. A Figura 14 mostra o mapa com a localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Figura 14 – Mapa das estações pluviométricas utilizadas no estudo

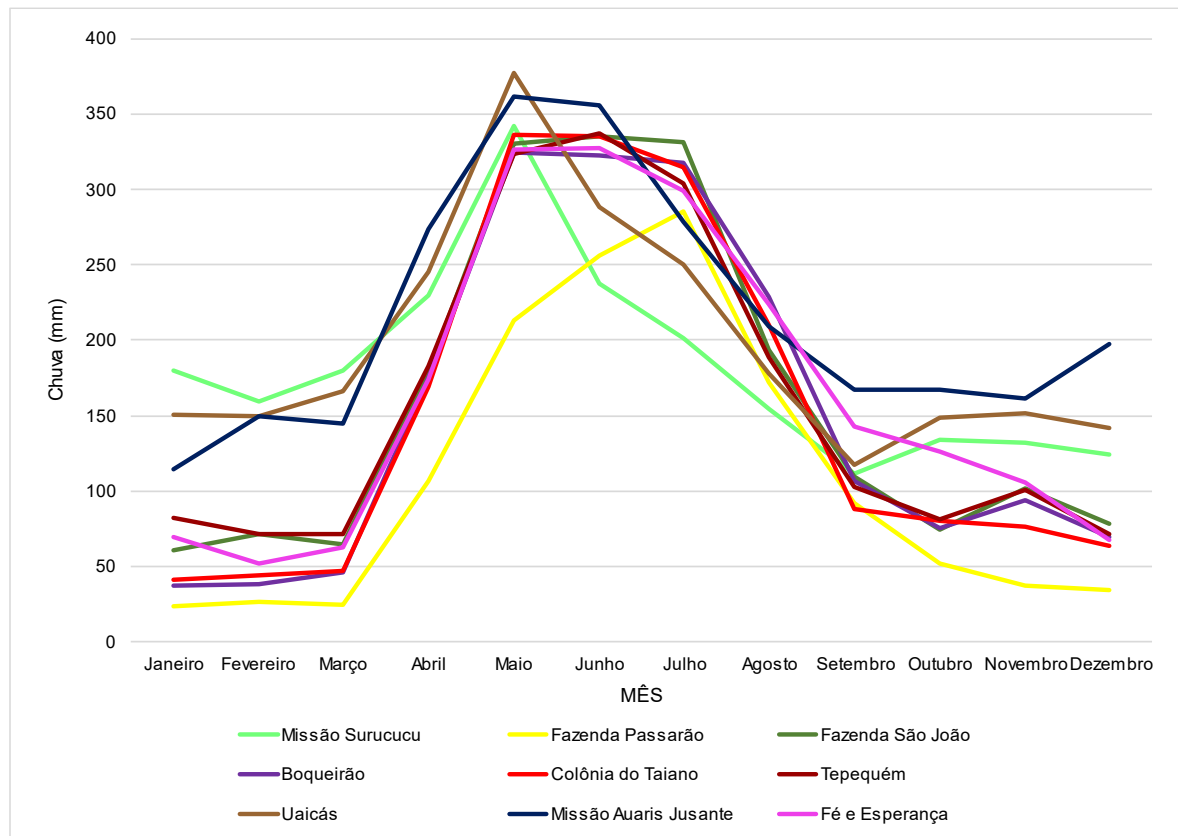


Fonte: Autor (2024).

As estações pluviométricas estão bem distribuídas dentro da bacia, possuindo postos localizados próximos à nascente e foz do rio Uraricoera, o que resultará em melhores resultados na distribuição espacial das precipitações na região. Através do ArcGis 10.6.1, a estação localizada mais próxima à nascente do rio (estação 8464001, Missão Auaris Jusante), está a uma distância de, aproximadamente, 438,99 km da estação mais perto à sua foz (estação 83600002, Fazenda Passarão).

O gráfico de linha da média mensal de precipitação de cada estação, possibilitou otimizar a análise dos três postos vizinhos para o preenchimento das falhas através do Método da Ponderação Regional (Figura 15). As estações apresentaram um comportamento pluviométrico semelhante, com maiores precipitações a partir do mês de abril e com menos chuvas a partir do mês de julho. No mês de maio, a estação Uaicás (região oeste da bacia), registrou a maior média de chuva entre os postos analisados, já a estação Fazenda Passarão, no mês de janeiro, possui o período mais seco da bacia.

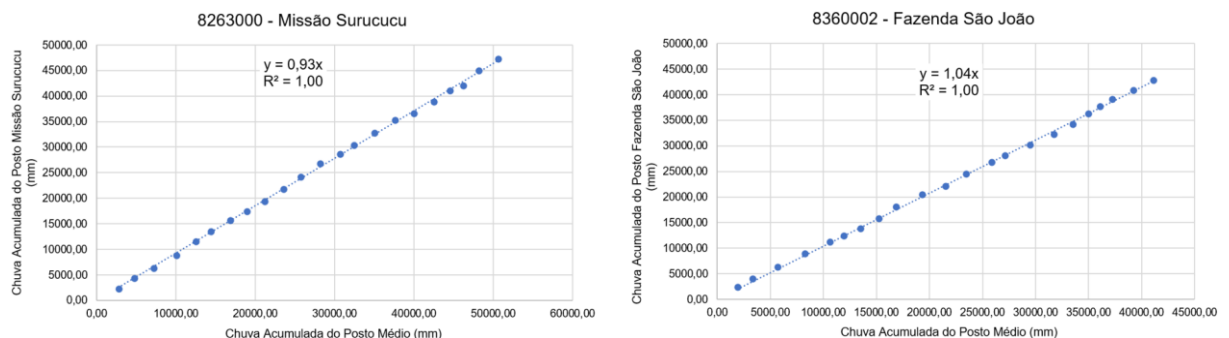
Figura 15 - Gráfico da média mensal de chuva



Fonte: Autor (2024).

Nessa análise prévia, verificou-se, por exemplo, que o trio de estações Fazenda São João, Boqueirão e Colônia do Taiano podem ser usados como postos de apoio para preencher os erros nas medições da estação Tepequém, pois a chuva nessas regiões da bacia se comporta de maneira correspondente. A definição de cada estação de apoio seguiu esse mesmo procedimento para completar essas lacunas e por fim realizar a consistência dos dados. As curvas de dupla massa de duas estações pluviométricas estão apresentadas na Figura 16.

Figura 16 - Curvas de duplas massas para a consistência das séries pluviométricas na bacia



Fonte: Autor (2024).

Considerando a chuva acumulada de cada estação e a chuva acumulada no posto médio, foi analisada a homogeneidade das séries históricas de cada uma, constatando que elas possuem um comportamento linear e coeficientes de determinação próximos de 1, o que garante a consistência dos dados após o preenchimento das falhas.

4.1.1 Comportamento pluviométrico na bacia

A Figura 17 apresenta o quadro com os valores das variáveis de precipitação da BHU, após o preenchimento das falhas das medições dos dados pluviométricos. Esses valores incluem: precipitação média mensal (Pm), precipitação dos totais médios mensais (Pmt) e precipitação média anual acumulada (Ptm), no período de 1996 a 2017 para cada uma das estações estudadas.

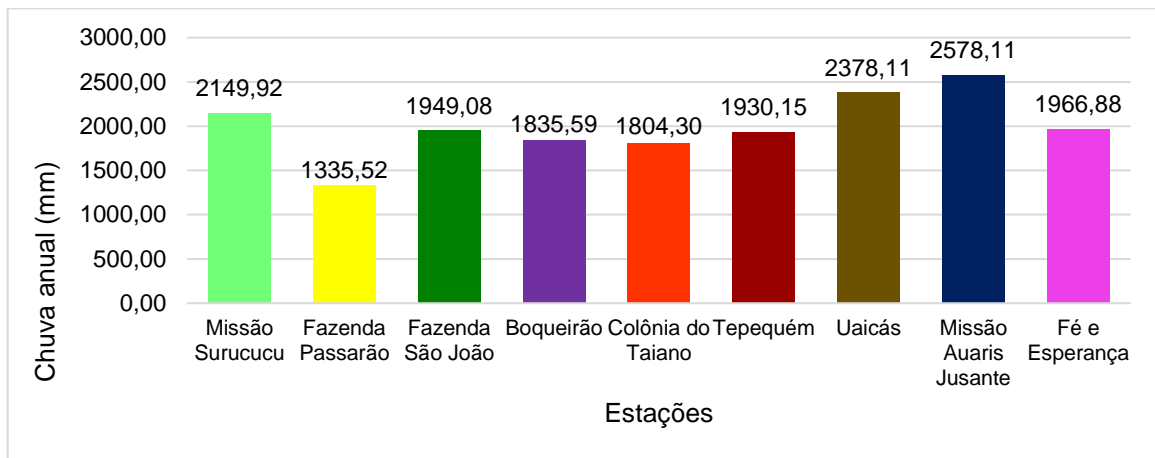
Figura 17 - Quadro de valores de precipitação média mensal (Pm), precipitação dos totais médios mensais (Pmt) e precipitação média anual acumulada (Ptm) das estações utilizadas no estudo, período de 1996 a 2017

Código	Nome	Pm (mm)												Ptm (mm)
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
8263000	Missão Surucucu	171,32	156,22	153,56	220,82	343,95	241,93	204,46	157,49	113,16	132,16	128,53	126,32	2149,92
8360002	Fazenda Passarão	23,22	26,68	24,55	103,17	223,39	255,88	289,58	174,41	91,94	51,89	36,69	34,12	1335,52
8361000	Fazenda São João	60,23	71,62	64,58	183,95	330,24	342,52	336,55	191,07	109,19	79,74	101,13	78,28	1949,08
8361001	Boqueirão	37,24	38,44	46,12	174,63	324,50	322,21	317,24	228,55	106,94	74,97	95,61	69,16	1835,59
8361004	Colônia do Taiano	41,31	44,01	46,79	168,79	335,87	334,97	315,23	210,48	87,83	79,77	76,09	63,16	1804,30
8361005	Tepequém	82,20	71,36	71,49	182,33	307,90	345,38	316,55	190,78	101,30	80,16	109,58	71,11	1930,15
8363000	Uaicás	150,22	149,59	165,85	256,40	379,94	290,33	252,77	181,27	119,14	149,59	144,87	138,14	2378,11
8464001	Missão Auaris Jusante	114,69	149,17	144,87	273,35	362,04	347,58	274,81	210,38	167,09	167,03	169,27	197,83	2578,11
8261000	Fé e Esperança	66,67	49,83	59,61	174,18	326,34	327,87	299,40	223,86	142,37	126,55	105,43	64,78	1966,88
Pmt (mm)		83,01	84,10	86,38	193,07	326,02	312,07	289,62	196,48	115,44	104,65	107,47	93,66	1991,96

Fonte: Autor (2024).

Em janeiro, ocorreu a menor média no volume de chuvas dentro do período analisado, e no mês de maio esse índice foi o maior observado, sendo, respectivamente, 83,01 mm e 326,02 mm de precipitação dos totais médios mensais. O acumulado das precipitações médias anuais é ilustrado na Figura 18, onde a estação Missão Auaris Jusante, apresentou o maior valor de precipitação acumulada da média total anual entre todos os postos estudados (2578,11 mm), ao passo que, a base Fazenda Passarão alcançou o menor (1335,52 mm).

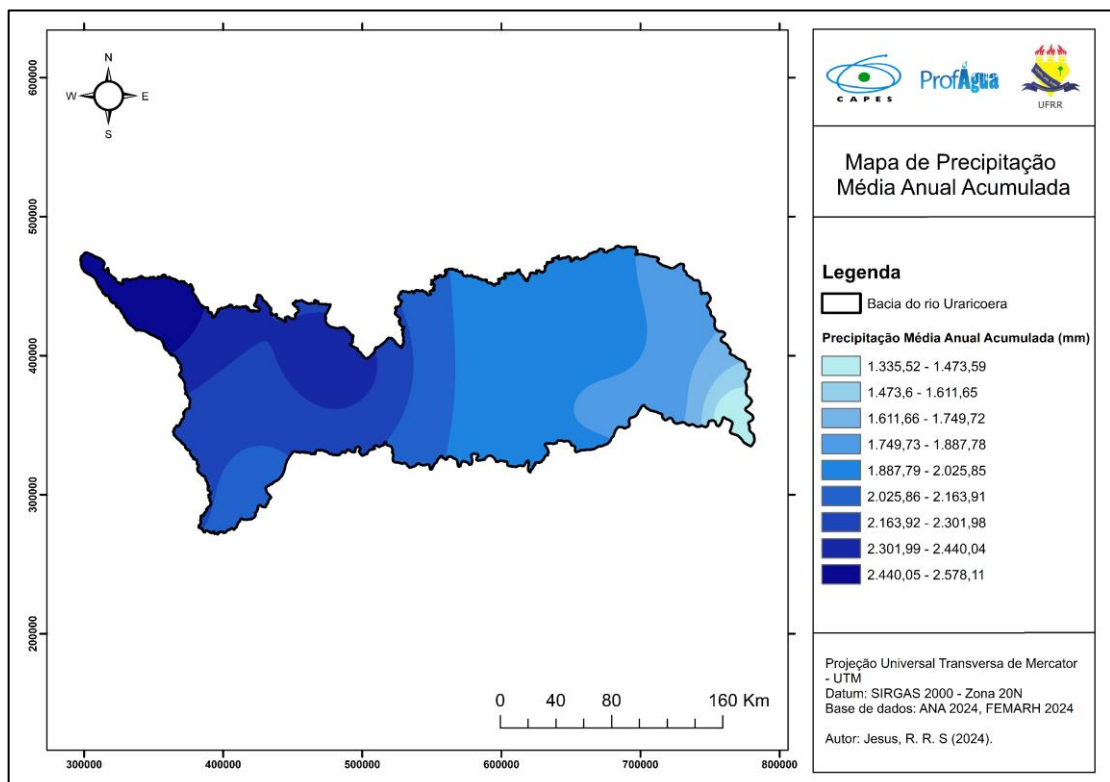
Figura 18 - Gráfico do acumulado da precipitação média anual em cada estação analisada



Fonte: Autor (2024).

A Figura 19 mostra a distribuição espacial da precipitação média anual acumulada na BHU para o período de 1996 a 2017. Pode-se observar que, na região a montante do rio registrou o maior volume de chuvas, com um acumulado de 2.578,11 mm, enquanto os valores diminuem em direção à jusante, onde a precipitação acumulada atinge 1.473,59 mm.

Figura 19 – Mapa de precipitação acumulada da média mensal anual acumulada na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR



Fonte: Autor (2024).

As Figuras 20 a 25 mostram a distribuição espacial das precipitações médias mensais para o período de 1996 a 2017. Durante o intervalo analisado, o volume de chuva variou de 23,22 mm em janeiro até 379,94 mm em maio, evidenciando as diferenças sazonais significativas na região.

Figura 20 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) janeiro; e B) fevereiro

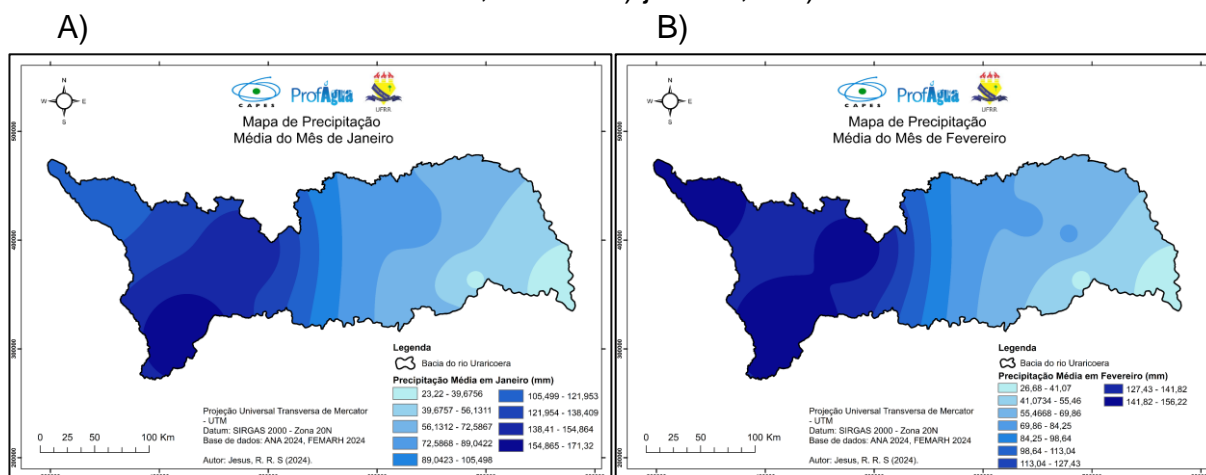
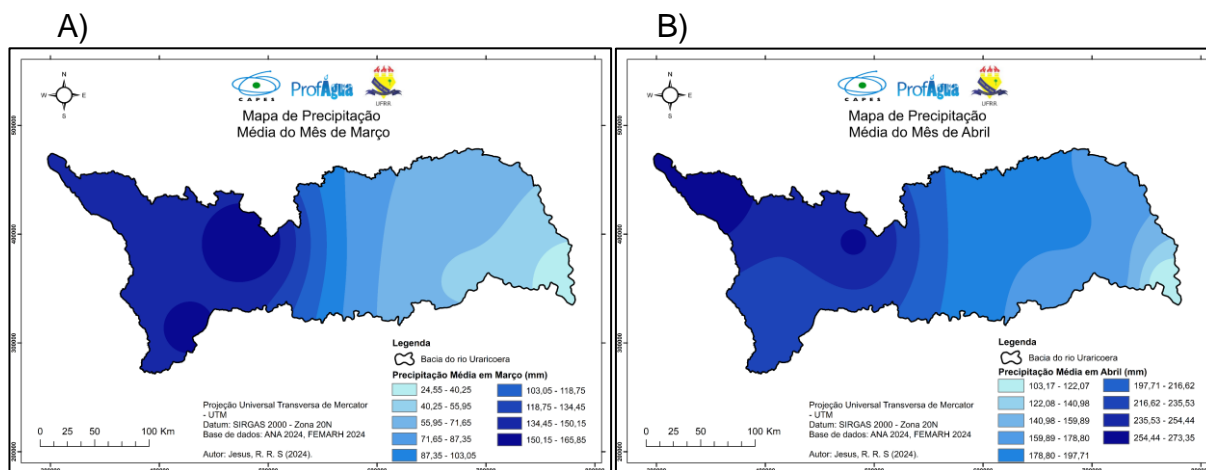


Figura 21 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) março; e B) abril



Em janeiro (Figura 20A), observam-se as menores precipitações médias mensais na bacia, com volumes variando entre 23,22 mm e 100 mm. A distribuição espacial da precipitação mostra volumes ligeiramente maiores na região a montante, enquanto a jusante as chuvas são ainda mais escassas, com valores abaixo de 40 mm. Esse mesmo comportamento é observado em fevereiro (Figura 20B), onde a precipitação varia de 26,68 mm a 156,22 mm.

Em março e abril (Figura 21A e 21B), há uma intensificação das chuvas em praticamente toda a extensão da bacia, atingindo volumes de chuvas de até 165,85

mm em março e 273,35 mm em abril. A precipitação se torna mais homogênea espacialmente, cobrindo tanto áreas a montante quanto a jusante de forma mais uniforme.

Figura 22 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) maio e B) junho

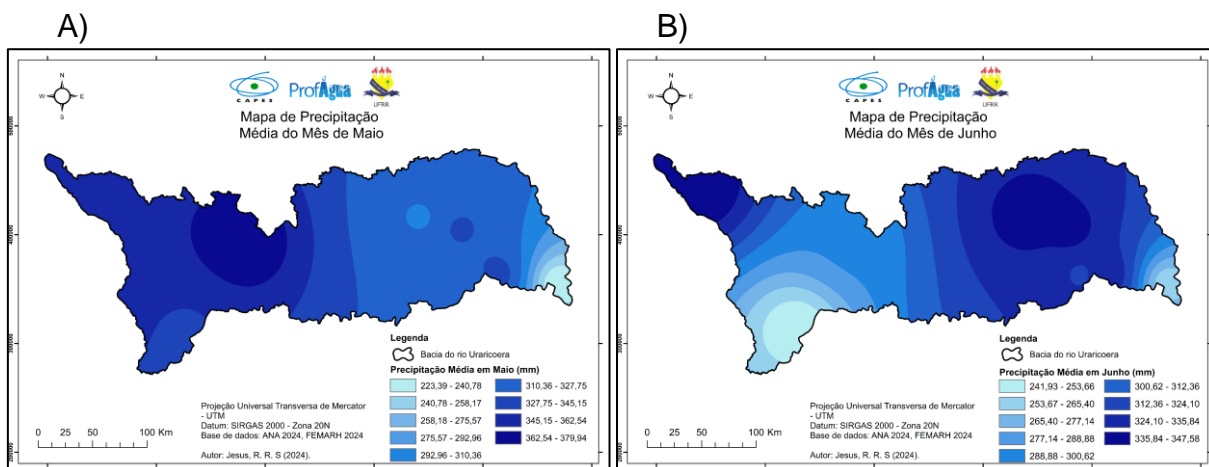
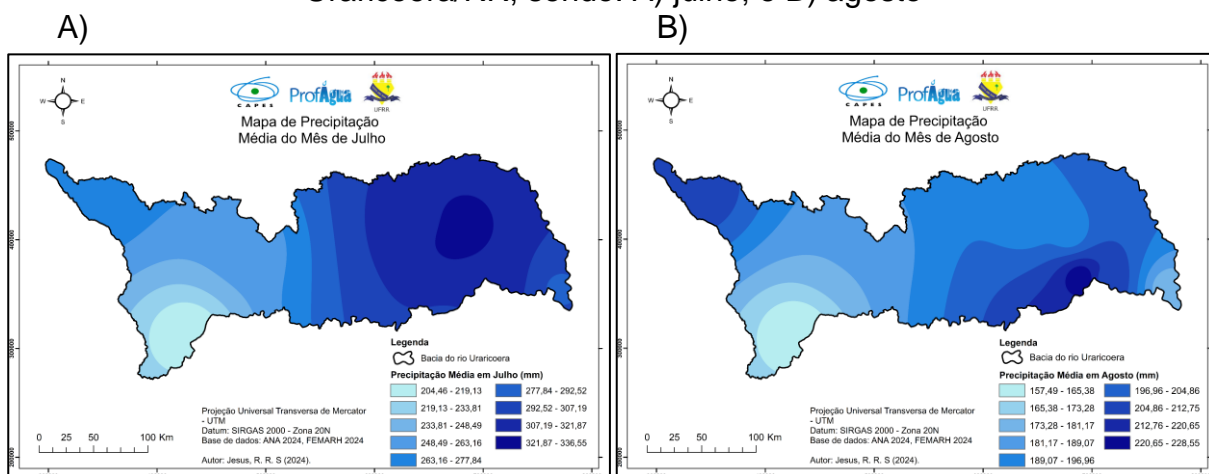


Figura 23 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) julho; e B) agosto



A situação se intensifica em maio (Figura 22A), quando se registram os maiores valores de precipitação na região. A média mensal de precipitação ultrapassa 292 mm na maior parte da bacia, chegando a atingir 379,94 mm. Este pico pluviométrico configura o ápice do período chuvoso, sendo crucial para a recarga hídrica na bacia. Em junho (Figura 22B), o menor valor de precipitação registrado foi de 241,93 mm.

Em julho (Figura 23A), a distribuição espacial da chuva se concentra ainda mais na região a jusante, com um índice pluviométrico atingindo 336,55 mm, proporcionando recarga hídrica relevante. No entanto, em agosto (Figura 23B), há

uma diminuição nas precipitações em quase toda a bacia, marcando o início da transição para o período seco.

Figura 24 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) setembro; e B) outubro

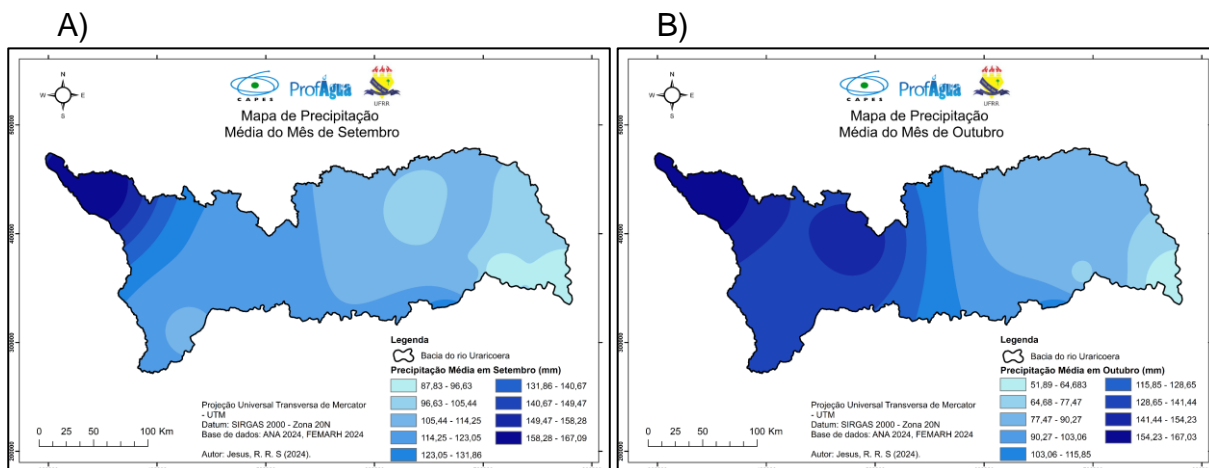
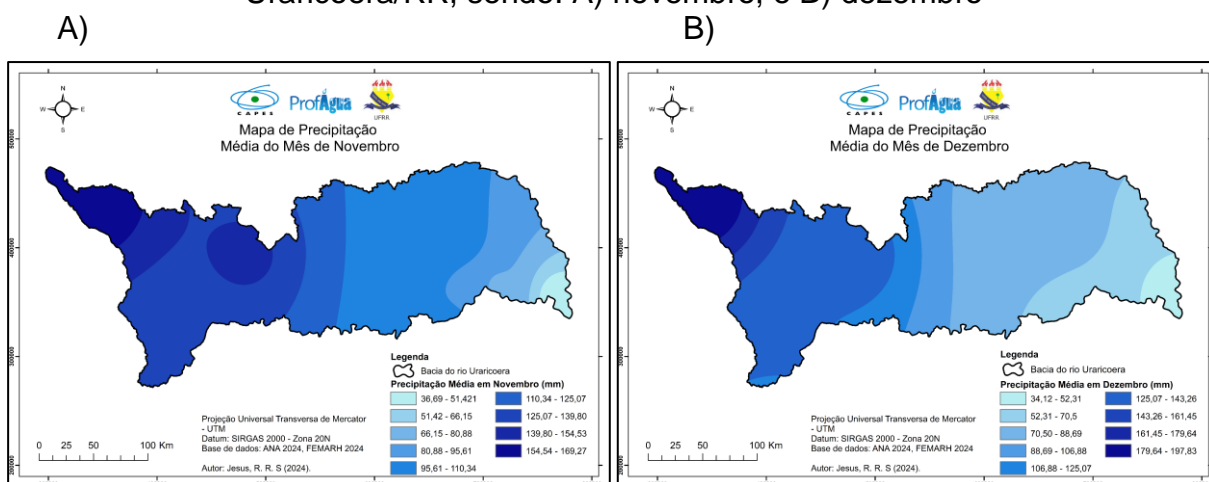


Figura 25 - Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) novembro; e B) dezembro



Os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro (Figuras 24 e 25) seguem com baixos índices pluviométricos, especialmente em outubro e dezembro, atingindo as menores médias de precipitação entre esses meses, 104,65 mm em outubro e 93,66 mm em dezembro. De acordo com as figuras 20 a 25, os meses de janeiro e maio apresentaram, respectivamente, os menores e maiores valores de precipitação na bacia. Na região a montante do rio Uraricoera, nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro ocorre os maiores volumes de chuva, enquanto na parte a jusante esse índice é menor. No mês de maio, precipita em média mais de 292 mm na maior parte das regiões, já no mês de julho, o índice pluviométrico é mais alto na parte mais baixa da bacia, chegando a 336,55 mm.

4.2 DEFINIÇÃO DO ANO HIDROLÓGICO

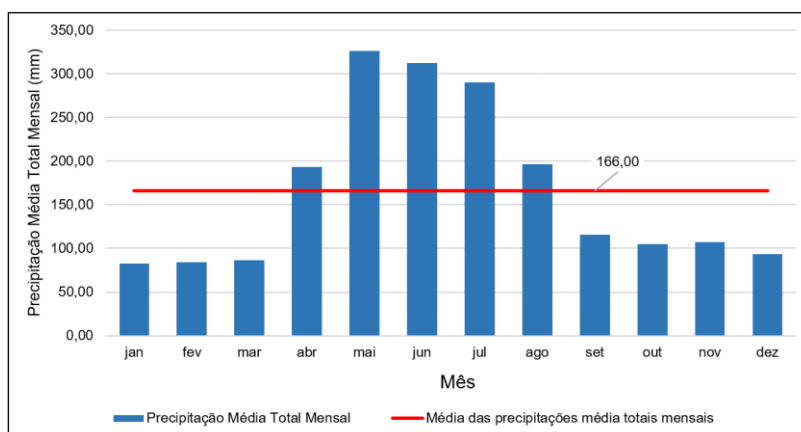
A Figura 26 apresenta o quadro com as médias dos totais mensais de precipitação ao longo de toda a série histórica, considerando o período dos postos pluviométricos estudados, de 1996 a 2017. Na Figura 27, é possível visualizar o ano hidrológico da BHU.

Figura 26 - Quadro com a precipitação dos totais médios mensais (Pmt) da bacia do rio Uraricoera/RR

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Pmt (mm)	83,01	84,10	86,38	193,07	326,02	312,07	289,62	196,48	115,44	104,65	107,47	93,66

Fonte: Autor (2024).

Figura 27 - Gráfico da precipitação dos totais médios mensais (Pmt) da bacia do rio Uraricoera/RR



Fonte: Autor (2024).

A média das precipitações médias mensais das estações analisadas é de 166,00 mm, já a precipitação média total anual é igual a 1.991,96 mm. O período chuvoso da bacia ocorre de abril a agosto e o período seco de setembro a março. Isso indica que o seu ano hidrológico começa em abril e termina em março do ano seguinte.

4.3 SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÃO

A tabela 3 apresenta as estações fluviométricas que possuem dados de vazão disponíveis no HidroWeb. No total, foram identificados 69 postos no portal, mas apenas 26 deles possuíam dados de vazão, o equivalente a 37,68% das estações.

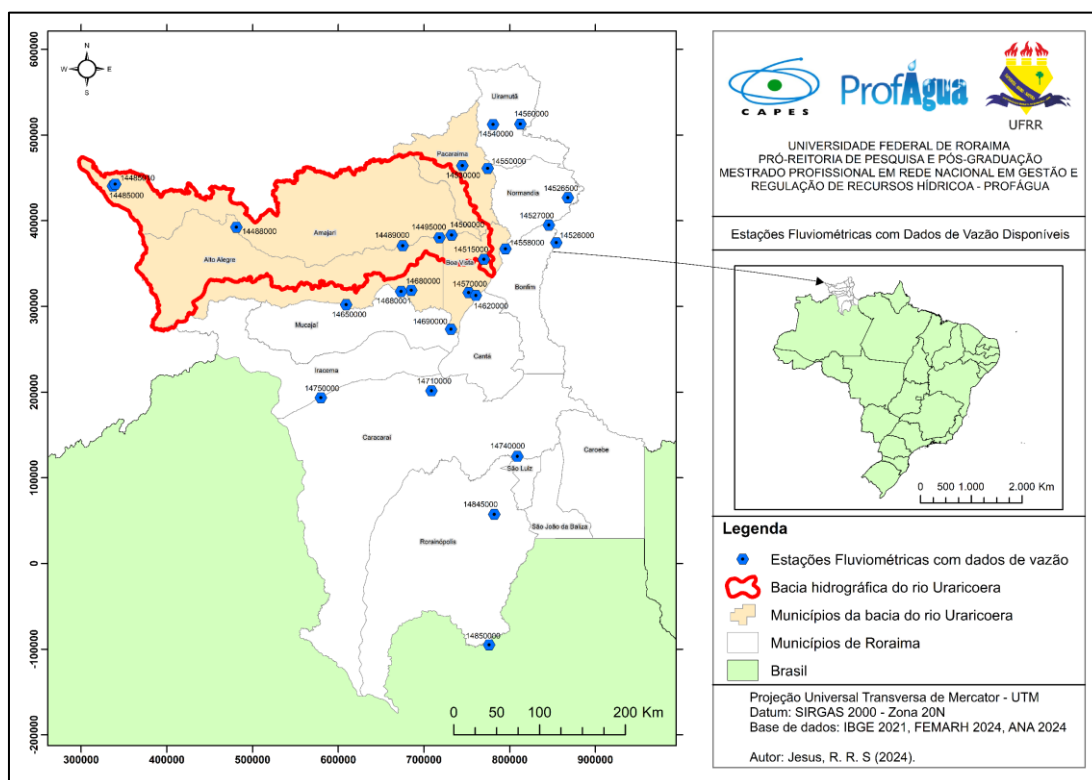
Tabela 3 - Estações fluviométricas com dados de vazão disponíveis em Roraima

Código	Nome	Rio	Município	Latitude	Longitude	Área de dre. (km²)	Base de dados
14495000	Fazenda Cajupiranga	Uraricoera	Alto Alegre	3.4381	-61.0367	36.900	1979-2023
14489000	Maracá	Uraricoera	Alto Alegre	3.3528	-61.422	26.700	2005-2023
14650000	Posto Funai	Mucajaí	Alto Alegre	2.7317	-62.0172	9.210	1984-2018
14488000	Uaicás	Uraricoera	Alto Alegre	3.5497	-63.1692	16.100	1984-2022
14620000	Boa Vista	Branco	Boa Vista	2.8267	-60.6561	97.200	2015-2023
14515000	Fazenda Passarão	Uraricoera	Boa Vista	3.2078	-60.5711	50.200	1977-2023
14680000	Fazenda Santo Amaro	Mucajaí	Boa Vista	2.8833	-61.3333	213	1971-1973
14560000	Maloca Ailan	Uailan	Boa Vista	4.6333	-60.1833	1.090	1977-1986
14485000	Missão Auari	Auari	Boa Vista	3.9833	-64.467	710	1984-1996
14485010	Missão Auari - Jusante	Auari	Boa Vista	4.0031	-64.4431	621	1995-2023
14500000	Mocidade	Uraricoera	Boa Vista	3.4644	-60.9097	43.900	1975-2023
14570000	Sítio Jaraguá	Cauamé	Boa Vista	2.8569	-60.7317	2.940	2005-2008
14526000	Bonfim	Tacutu	Bonfim	3.3811	-59.8111	9.860	1984-2023
14558000	Fazenda Paraíso	Tacutu	Bonfim	3.3178	-60.3447	40.600	2012-2023
14710000	Caracarái	Branco	Caracarái	1.8214	-61.1236	126.000	1967-2023
14740000	Fazenda Anauá	Anauá	Caracarái	1.1292	-60.2236	5.900	2005-2023
14750000	Missão Catrimani	Catrimani	Caracarái	1.75	-62.2833	6.180	1984-2023
14680001	Fé e Esperança	Mucajaí	Mucajaí	2.8708	-61.4406	12.200	1974-2023
14690000	Mucajaí	Mucajaí	Mucajaí	2.4714	-60.9178	19.800	1995-2023
14526500	Fazenda Novo Destino	Maú ou Ireng	Nor-mândia	3.8547	-59.6875	9.870	2007-2023
14527000	Ponte do Tacutu	Tacutu	Nor-mândia	3.5675	-59.8883	24.300	2005-2023
14550000	Malocão do Contão	Contigo	Pacaraima	4.1675	-60.5289	5.780	1975-2023
14530000	Vila Surumu	Surumu	Pacaraima	4.1961	-60.7939	2.280	1984-2023
14850000	Base Alalaú	Alalaú	Rorainópolis	-8.586	-60.52	7.080	1977-2023
14845000	Fazenda São José	Jauaperi	Rorainópolis	5.178	-60.4661	5.680	1983-2023
14540000	Fazenda Bandeira Branca	Contigo	Uiramutã	4.6306	-60.4706	3.210	1970-2023

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANA (2024).

A base de dados das estações varia de 1967 a 2023, representando uma série histórica de 56 anos. Os rios Mucajaí e Uraricoera possuem o maior número de postos de monitoramento, com quatro e cinco estações, respectivamente. No entanto, a rede de monitoramento ainda é limitada, não contemplando os rios menores, o que dificulta a análise da disponibilidade hídrica em bacias de menor porte. A Figura 28 mostra o mapa indicando a localização de cada estação.

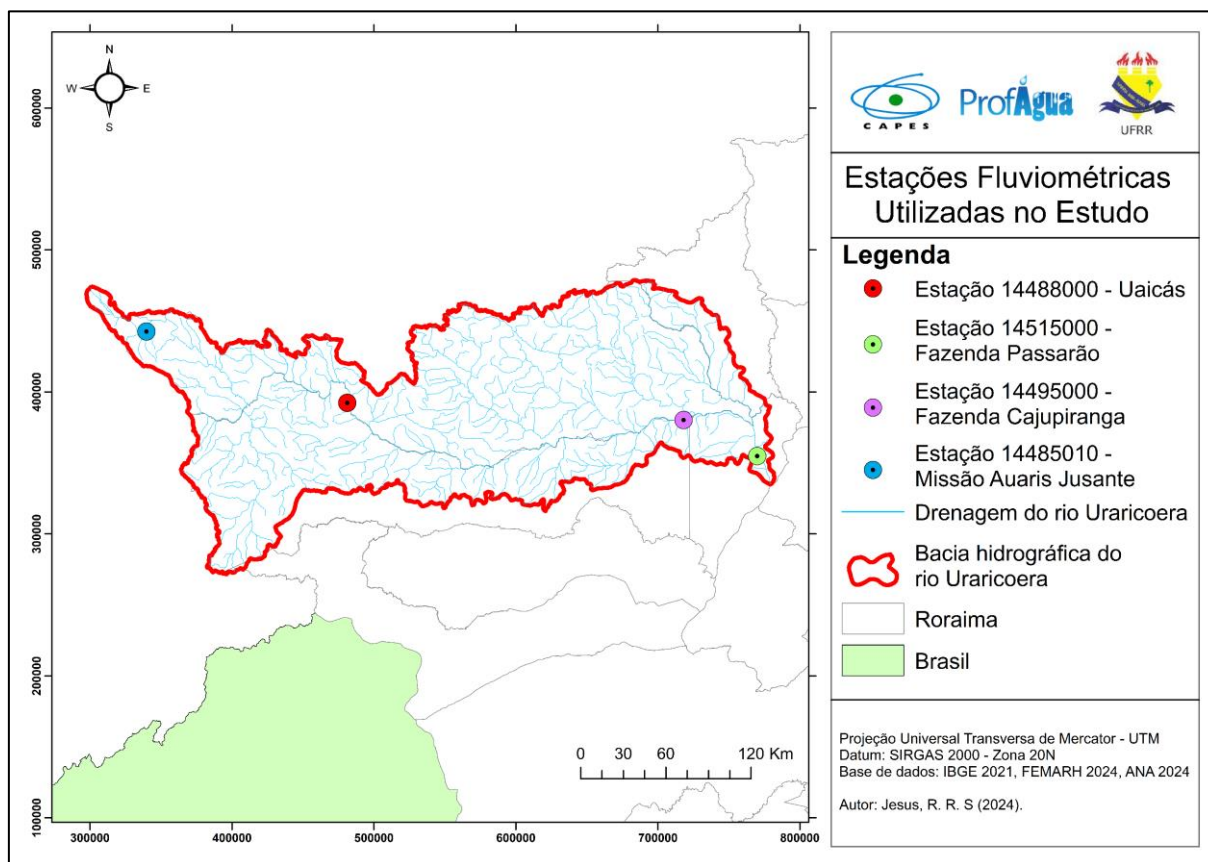
Figura 28 - Mapa das estações fluviométricas com dados de vazão disponíveis em Roraima



Fonte: Autor (2024).

Na BHU, foram encontradas sete estações com dados de vazão disponíveis. Contudo, após a etapa de pré-processamento dos dados, apenas quatro dessas estações foram selecionadas para a análise neste estudo. A Figura 29 apresenta o mapa com a localização das estações escolhidas.

Figura 29 - Mapa das estações fluviométricas utilizadas no estudo



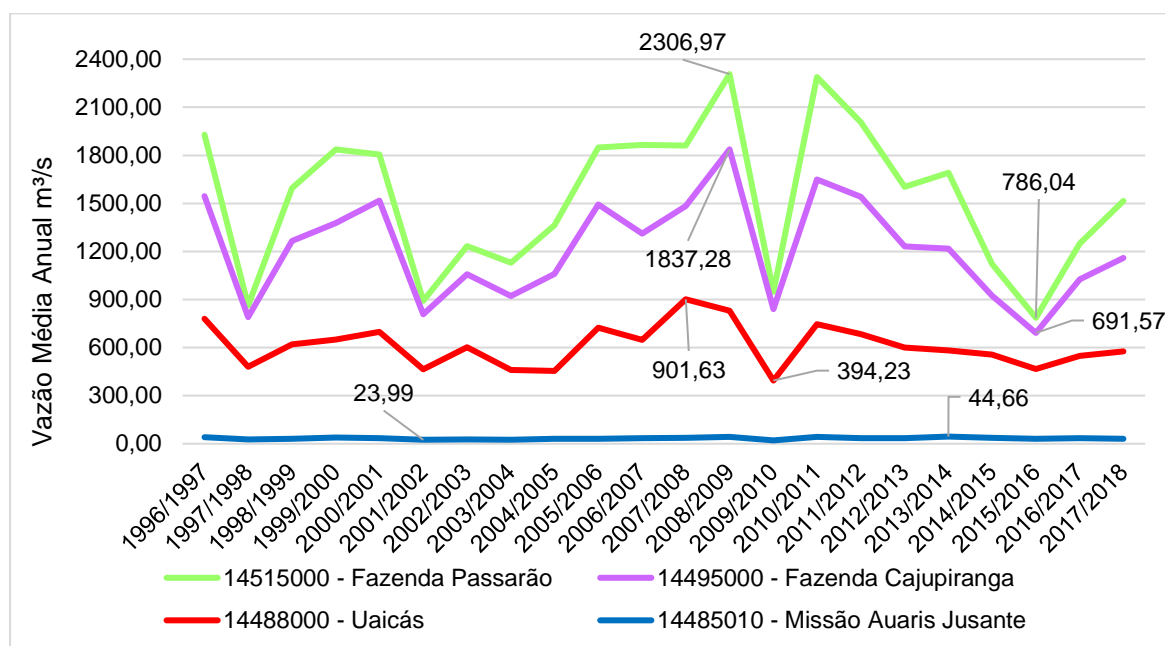
Fonte: Autor (2024).

As estações selecionadas para o estudo apresentam poucas falhas nos dados. Considerando o critério adotado, o período em comum sem falhas entre essas estações abrange de 1996 a 2018, resultando em uma série histórica de 22 anos. Esses postos estão bem distribuídos ao longo da bacia, com localizações na nascente, no trecho médio do rio e na sua foz.

4.4 ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÉDIAS E MÍNIMAS DE REFERÊNCIA

As vazões médias anuais para cada estação estão ilustradas na Figura 30, abrangendo uma série histórica de 22 anos (1996 até 2018). A estação 14515000 – Fazenda Passarão apresentou as maiores vazões médias anuais, variando de 786,04 m³/s (período de 2015/2016) a 2306,97 m³/s (período de 2008/2009).

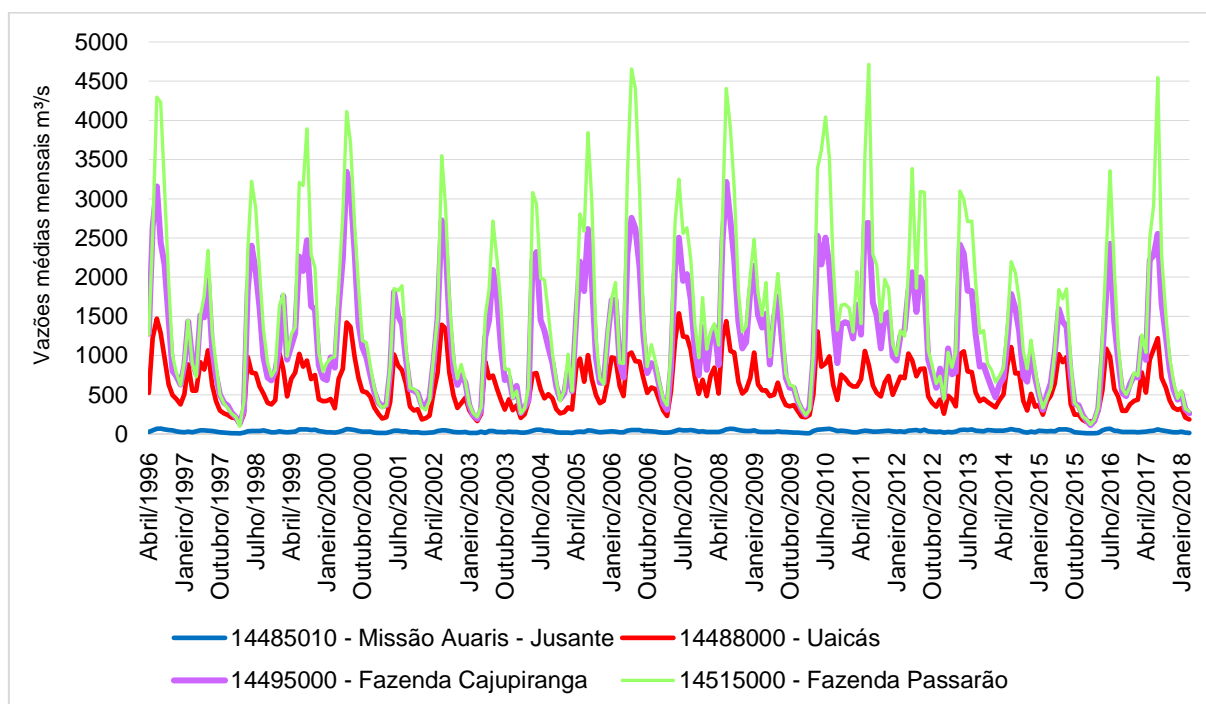
Figura 30 – Gráfico das vazões médias anuais



Fonte: Autor (2024).

A estação 14485010 – Missão Auaris Jusante apresentou as menores médias de vazão anuais entre as estações analisadas, com a menor média registrada no período de 2001/2002, igual a 23,99 m³/s, e a maior no período de 2013/2014, atingindo 44,66 m³/s. A Figura 31 apresenta o gráfico das vazões médias mensais para cada estação estudada, destacando as variações ao longo do período.

Figura 31 – Gráfico das vazões médias mensais

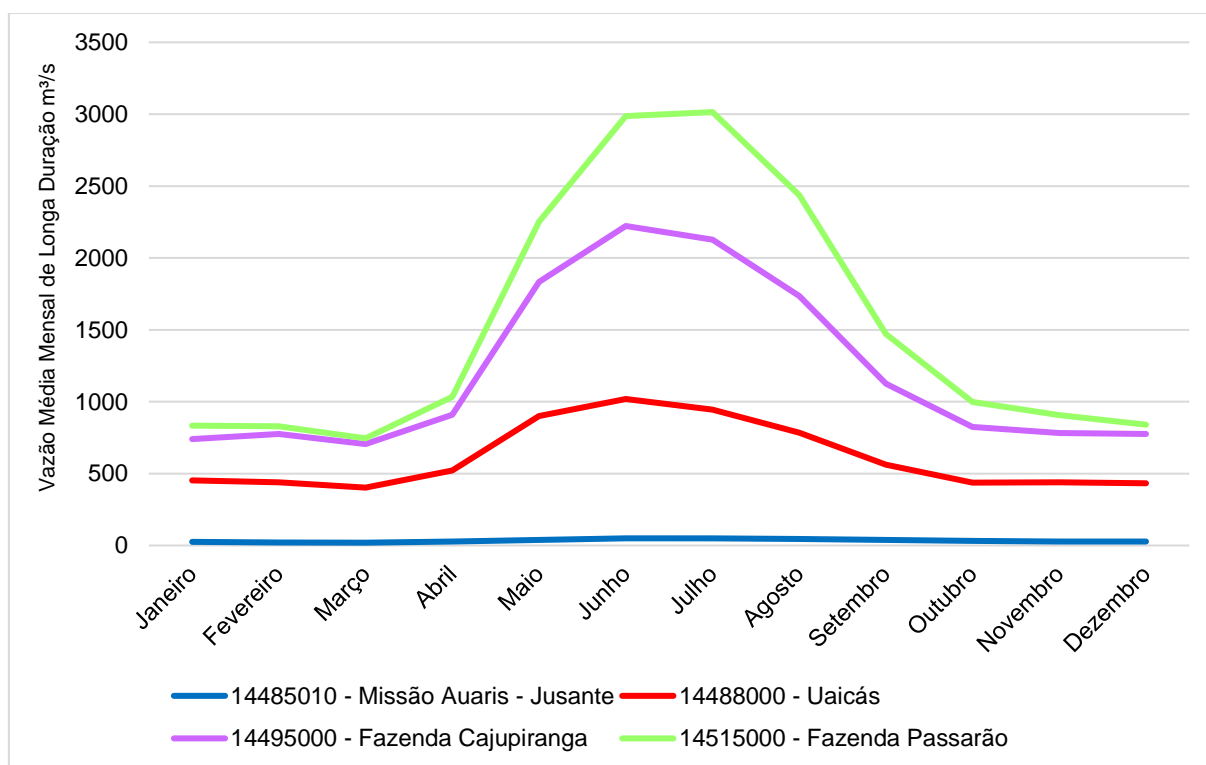


Fonte: Autor (2024).

A Figura 31 revela uma variação significativa entre as diferentes estações ao longo do período analisado. A estação 14515000 – Fazenda Passarão apresenta as maiores vazões médias mensais, com valores que ultrapassam 4000 m³/s, destacando-se como a estação com maior contribuição para o escoamento da bacia. Em contraste, a estação 14485010 – Missão Auaris Jusante registra as menores vazões, sempre abaixo de 50 m³/s. As demais estações apresentam comportamentos intermediários, com pico de vazão variando ao longo dos meses.

A Figura 32 mostra o gráfico das vazões médias mensais de longa duração das quatro estações analisadas na BHU. Observa-se um comportamento sazonal bem marcado, com as vazões atingindo os maiores valores durante os meses de maio a julho, indicando o pico do período chuvoso, refletindo assim, a forte dependência do regime pluviométrico da bacia.

Figura 32 – Gráfico das Vazões Médias Mensais de Longa Duração



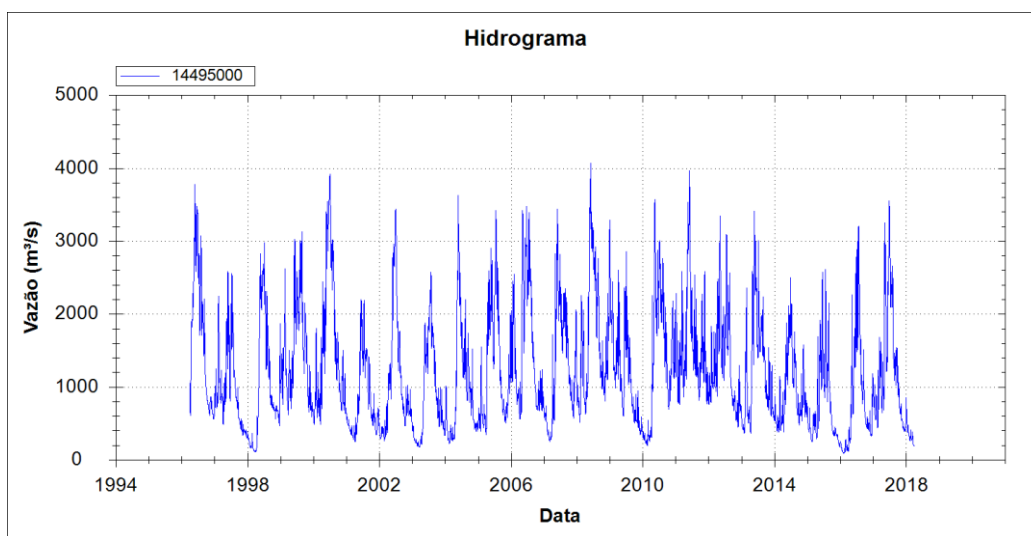
Fonte: Autor (2024).

A estação 14515000 - Fazenda Passarão continua a registrar as maiores vazões, com um pico que ultrapassa 3000 m³/s em julho, enquanto a estação 14485010 - Missão Auaris Jusante apresenta as menores vazões, mantendo-se próxima de zero durante todo o ano, refletindo uma baixa contribuição hídrica. A estação 14488000 - Uaicás e 14495000 - Fazenda Cajupiranga seguem um padrão intermediário, com vazões que se intensificam gradualmente a partir de abril,

atingindo o ápice em junho e julho, antes de declinarem no período seco, entre setembro e novembro. Esses resultados reforçam a variabilidade sazonal das vazões na bacia e a importância do monitoramento contínuo para a gestão dos recursos hídricos, especialmente durante os períodos críticos de seca e cheia.

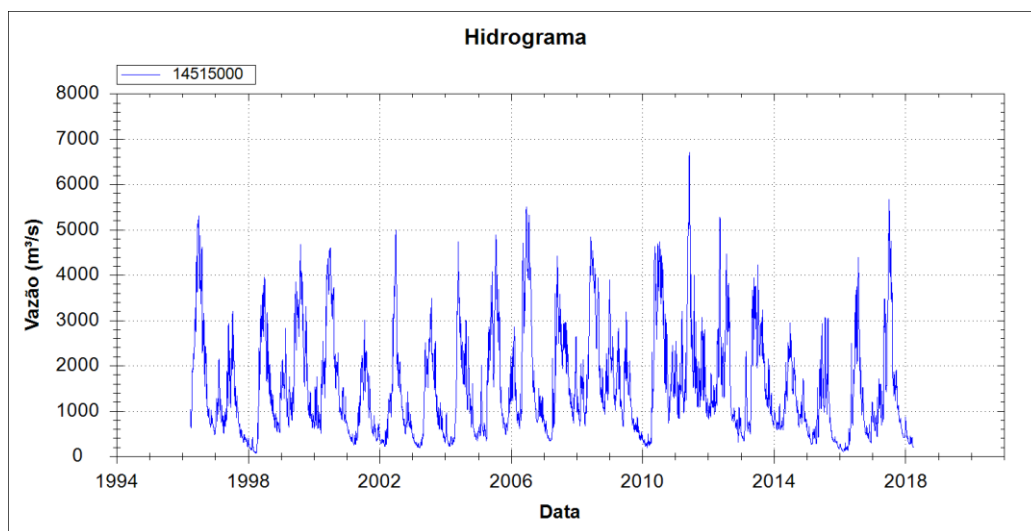
As Figuras 33 a 36 apresentam os hidrogramas das quatro estações fluviométricas analisadas (Fazenda Cajupiranga, Fazenda Passarão, Uaicás e Missão Auaris Jusante) para o período completo da série analisada (1996 a 2018).

Figura 33 – Hidrograma da estação 14495000 – Fazenda Cajupiranga



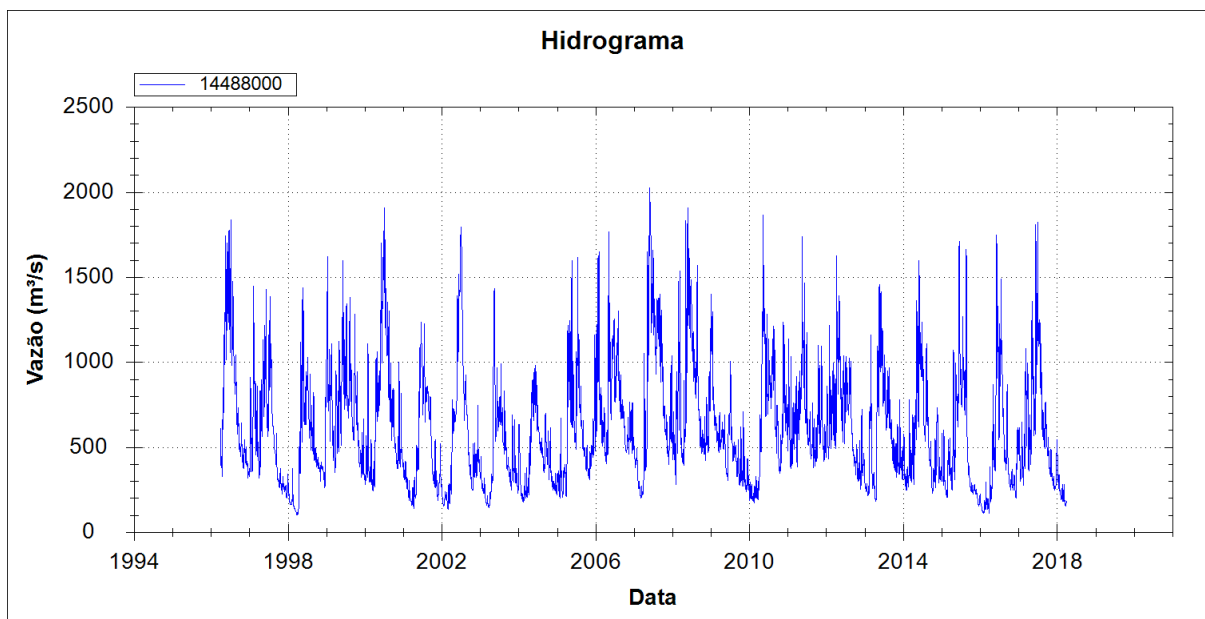
Fonte: Captura de tela do software Super Manejo de Dados 2.1. Desenvolvido por Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

Figura 34 – Hidrograma da estação 14515000 – Fazenda Passarão



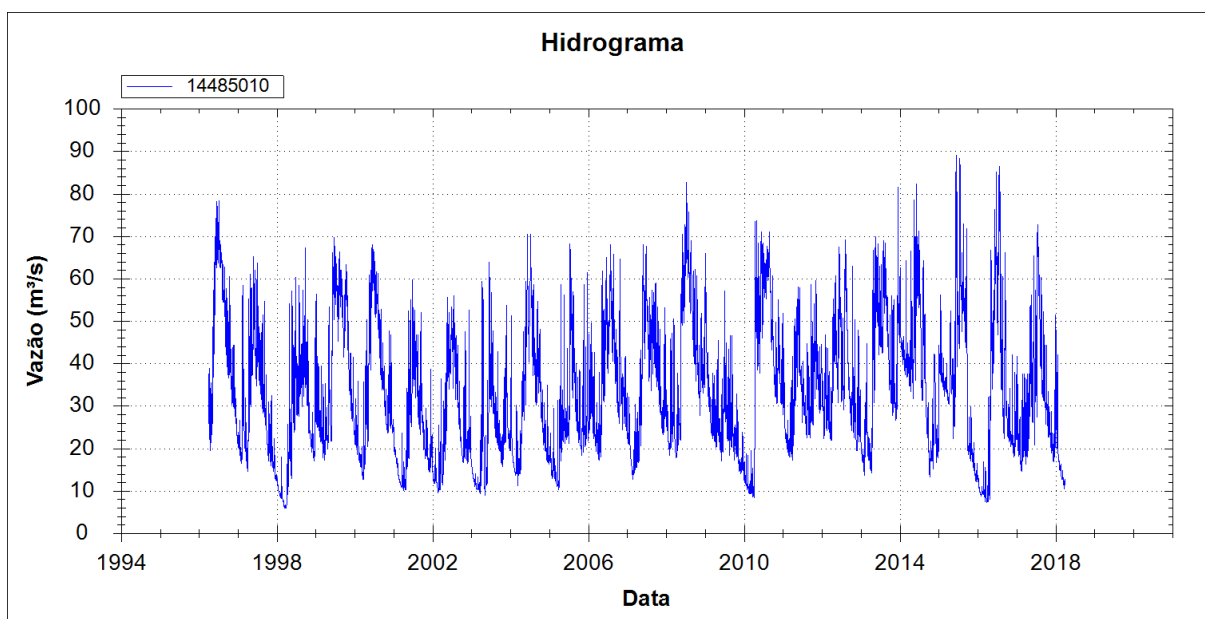
Fonte: Captura de tela do software Super Manejo de Dados 2.1. Desenvolvido por Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

Figura 35 – Hidrograma da estação 14488000 - Uaicás



Fonte: Captura de tela do software Super Manejo de Dados 2.1. Desenvolvido por Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

Figura 36 – Hidrograma da estação 14485010 - Missão Auaris Jusante



Fonte: Captura de tela do software Super Manejo de Dados 2.1. Desenvolvido por Grupo de Pesquisa de Hidrologia de Grande Escala. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.

A análise dos hidrogramas das quatro estações fluviométricas revelou um comportamento de vazão semelhante entre as estações, caracterizado por picos e quedas acentuadas ao longo dos anos. Embora todas as estações apresentem essa

variação, as principais diferenças residem nos valores absolutos das vazões registradas.

A Estação Fazenda Cajupiranga mostrou os maiores valores de vazão, enquanto a Estação Missão Auaris Jusante registrou os menores valores entre as estações analisadas. As Estações Fazenda Passarão e Uaicás apresentaram valores intermediários, mas com padrões de flutuação semelhantes, evidenciando variações sazonais típicas da região.

Essas observações indicam que, apesar do comportamento hidrológico semelhante, as características locais, como a área de drenagem e o uso do solo, influenciam diretamente os valores de vazão em cada estação. Isso reforça a necessidade de uma gestão integrada dos recursos hídricos que leve em consideração as especificidades de cada local dentro da bacia.

As vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} , tanto anuais quanto para os períodos chuvoso e seco, foram calculadas para cada estação com base na série histórica de 1996 a 2018 e estão detalhadas na Tabela 4.

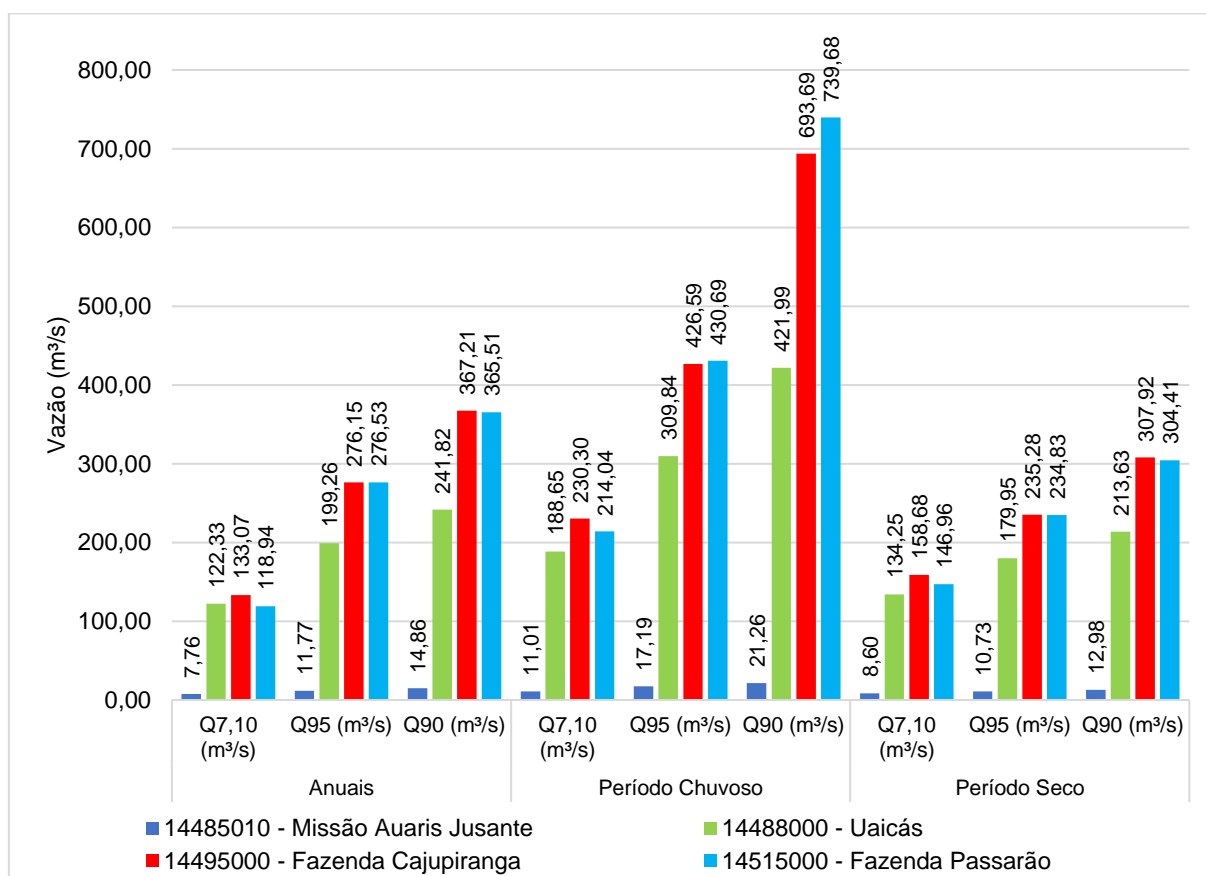
Tabela 4 - Vazões mínimas de referência $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} anuais, do período chuvoso e seco, em m^3/s , na bacia do rio Uraricoera/RR

Código	Anual			Período Chuvoso			Período Seco		
	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}	$Q_{7,10}$	Q_{95}	Q_{90}
14485010	7,76	11,77	14,86	11,01	17,19	21,26	8,60	10,73	12,98
14488000	122,33	199,26	241,82	188,65	309,84	421,99	134,25	179,95	213,63
14495000	133,07	276,15	367,21	230,30	426,59	693,69	158,68	235,28	307,92
14515000	118,94	276,53	365,51	214,04	430,69	739,68	146,96	234,83	304,41

Fonte: Autor (2024).

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4, é possível observar que as estimativas anuais das vazões mínimas de permanência, Q_{95} e Q_{90} , são superiores à $Q_{7,10}$ em todas as estações analisadas. Esse resultado é esperado, pois a Q_{95} e Q_{90} são menos restritivas em comparação com a $Q_{7,10}$. No período chuvoso, as vazões de todas as estações aumentam expressivamente, reforçando a influência da sazonalidade no comportamento das vazões. Durante o período seco, as vazões mínimas são mais baixas, refletindo a redução da disponibilidade de água e a importância das vazões de referência para a gestão sustentável dos recursos hídricos na bacia. Através da Figura 37 abaixo é possível observar a variação de cada vazão de referência nas estações correspondentes.

Figura 37 - Gráfico das vazões mínimas de referência Q7,10, Q95 e Q90 anuais, do período chuvoso e seco, em m³/s, na bacia do rio Uraricoera/RR



Fonte: Autor (2024).

Nas estimativas anuais, a vazão mínima $Q_{7,10}$ variou de 7,76 m³/s na estação 14485010 (Missão Auaris Jusante) a 133,07 m³/s na estação 14495000 (Fazenda Cajupiranga). A menor vazão de permanência Q_{95} foi registrada na estação 14485010 (Missão Auaris Jusante), com 11,77 m³/s, enquanto o maior valor foi observado na estação 14515000 (Fazenda Passarão), com 276,53 m³/s. Já a vazão Q_{90} variou de 14,86 m³/s na estação 14485010 (Missão Auaris Jusante) a 367,21 m³/s na estação 14495000 (Fazenda Cajupiranga). A Tabela 5 apresenta as vazões específicas mínimas anuais ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}) para as estações analisadas.

Tabela 5 - Vazões específicas mínimas anuais ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}), em m³/s, para a bacia do rio Uraricoera/RR

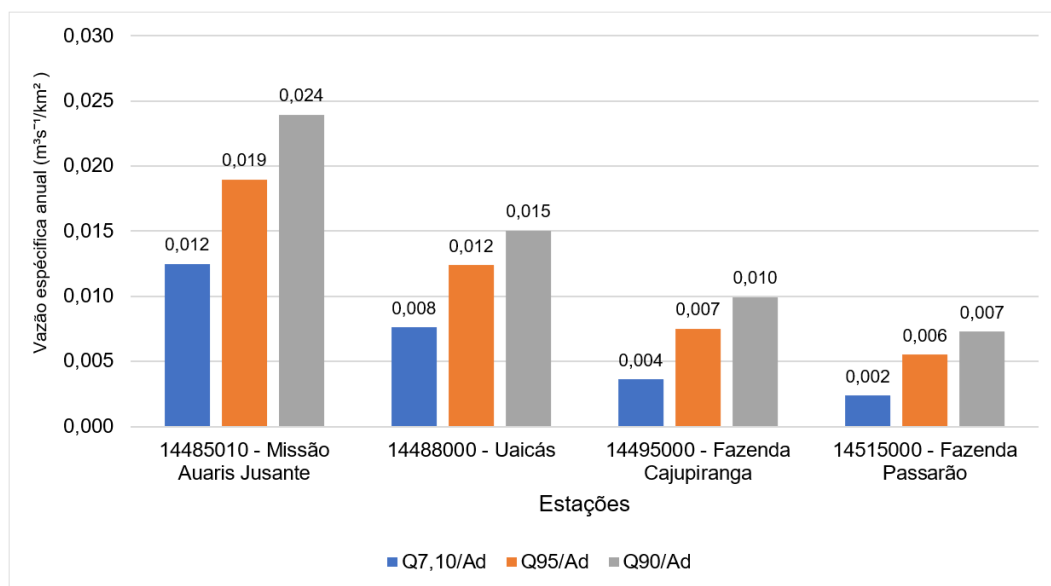
Código	Área de drenagem (Ad) (km²)	Anuais		
		$Q_{7,10}/Ad$	Q_{95}/Ad	Q_{90}/Ad
14485010	621	0,012	0,019	0,024
14488000	16.100	0,008	0,012	0,015
14495000	36.900	0,004	0,007	0,010
14515000	50.200	0,002	0,006	0,007

Fonte: Autor (2024).

A maior vazão específica anual $Q_{7,10}$ foi registrada na estação 14485010 (Missão Auaris Jusante), com $0,012 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$, o que pode ser atribuído ao tamanho da sua área de drenagem. Por outro lado, a menor vazão específica anual foi observada na estação 14515000 (Fazenda Passarão), com $0,002 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$, sendo a estação com a maior área de drenagem. Em todas as estações, os valores dessa vazão superaram $0,001 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$.

Ao analisar as vazões específicas anuais Q_{95} e Q_{90} , observou-se a mesma tendência das vazões $Q_{7,10}$ para essas duas estações. A Q_{95} variou de $0,006 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$ a $0,019 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$ e Q_{90} de $0,007 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$ a $0,024 \text{ m}^3\text{s}^{-1}/\text{km}^2$. Em ambos os casos, as maiores vazões foram observadas na estação mais a montante da bacia e com a menor área de drenagem. A Figura 38 ilustra as vazões específicas anuais para cada estação.

Figura 38 - Gráfico das vazões específicas anuais ($Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90}), em função da área de drenagem das estações fluviométricas da bacia do rio Uraricoera/RR



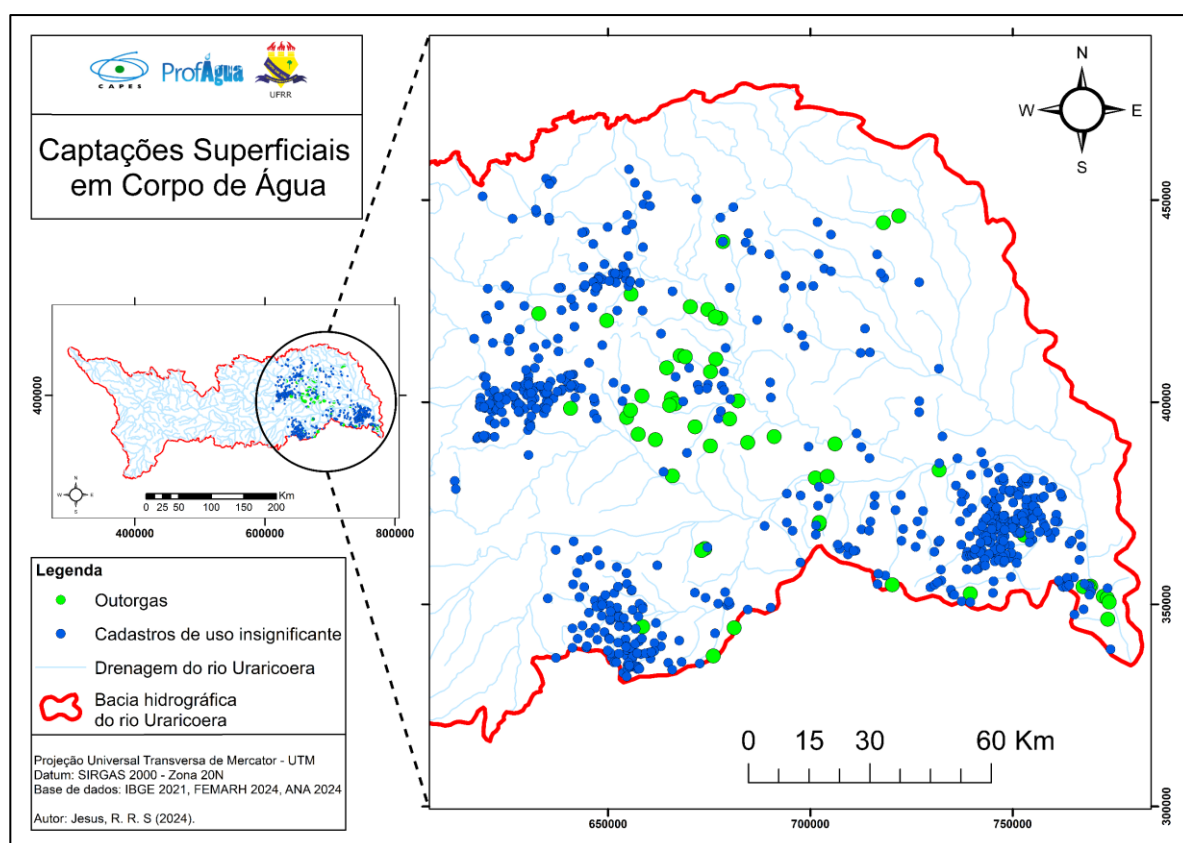
Fonte: Autor (2024).

A maior vazão específica $Q_{7,10}$ (estação 14485010) foi 81,04% superior a menor vazão observada (estação 14515000), conforme mostrado na Figura 38. Da mesma forma, as vazões específicas Q_{95} e Q_{90} também foram significativamente superiores na estação 14485010, sendo 70,93% e 69,56% maiores, respectivamente, em comparação com os valores da estação 14510000. Além disso, destaca-se que as estações com maiores áreas de drenagem apresentaram menores valores de vazão específica anual.

4.5 USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA

Na data de extração dos dados dos usuários de recursos hídricos da BHU em Roraima, havia um total de 717 captações superficiais regularizadas e válidas, distribuídas entre 662 cadastros de uso insignificante e 55 pontos de outorga de uso da água. A demanda total dessas captações corresponde a 61,7830 m³/s, dos quais 99,55% (61,5045 m³/s) correspondem às vazões outorgadas, enquanto os 0,45% restantes (0,2785 m³/s) referem-se a usos insignificantes. A localização desses pontos está ilustrada na Figura 39.

Figura 39 - Mapa de captações superficiais na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR



Fonte: Autor (2024).

Na Figura 39, é possível observar que as captações de água na BHU em Roraima concentram-se próximo à foz do rio, enquanto na região a montante não há registros de pontos regularizados pela FEMARH/RR, devido ao fato de essa área estar situada dentro de terras indígenas. O Quadro 3 apresenta a demanda hídrica superficial por uso consultivo na bacia, categorizado pelo tipo de outorga e pela finalidade da interferência.

Entre os usos consuntivos, a criação animal se destaca pela maior quantidade de pontos de captação em ambos os tipos de outorga, com 21 pontos outorgados e 321 de uso insignificante. Em termos de vazão demandada, a aquicultura em tanque escavado possui a maior demanda, com 31,7130 m³/s outorgados e 0,2007 m³/s em usos insignificantes.

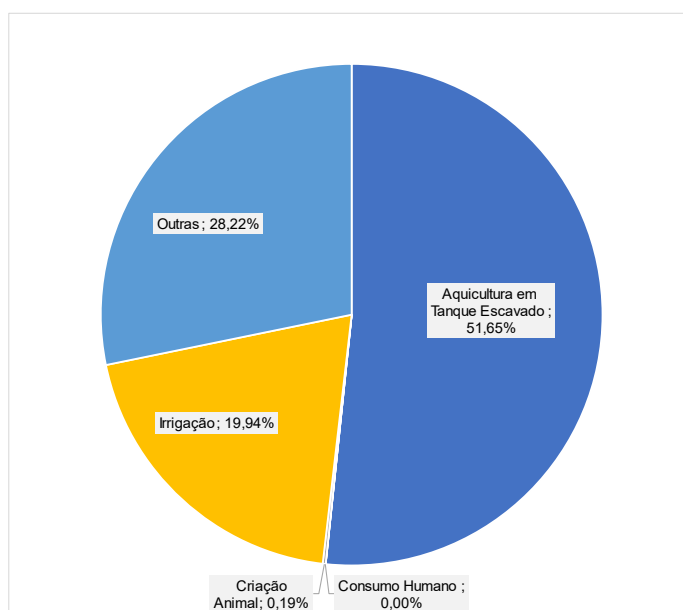
Quadro 3 - Demanda hídrica superficial por uso consuntivo na bacia do rio Uraricoera/RR

Tipo de Outorga	Tipo da Finalidade da Interferência	Quantidade	Demanda Hídrica Superficial (m ³ /s)
Outorgado	Aquicultura em Tanque Escavado	16	31,7130
	Criação Animal	21	0,0679
	Irrigação	14	12,2935
	Outras	4	17,4302
	Total de Pontos	55	
	Total da Demanda Hídrica Superficial (m³/s)		61,5045
Uso Insignificante	Aquicultura em Tanque Escavado	273	0,2007
	Consumo Humano	1	0,0010
	Criação Animal	321	0,0482
	Irrigação	62	0,0248
	Outras	5	0,0038
	Total de Pontos	662	
Total da Demanda Hídrica Superficial (m³/s)			0,2785
Demanda Hídrica Superficial Total (m³/s)			61,7830

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da FEMARH/RR (2024).

O uso para aquicultura em tanque escavado representa 51,65% do consumo hídrico total da bacia, como ilustrado na Figura 40.

Figura 40 - Gráfico tipos de usos hídrico da bacia



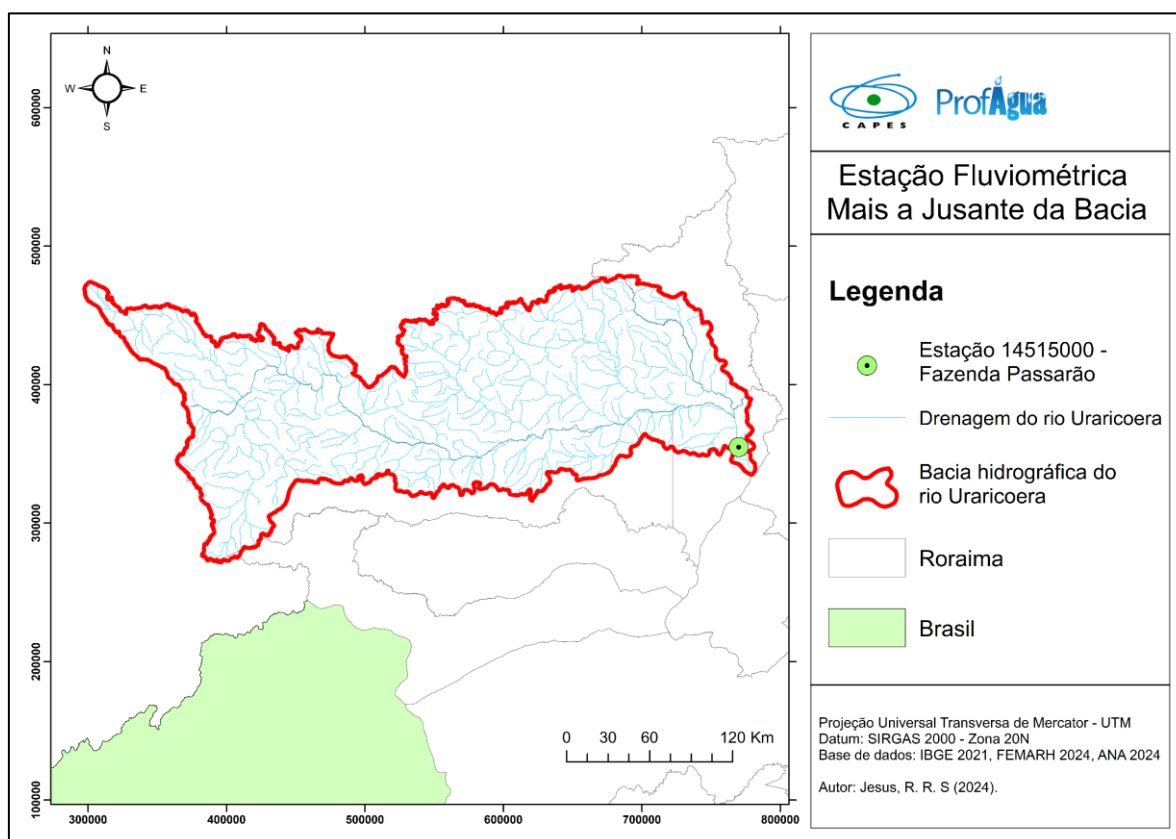
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da FEMARH/RR (2024).

Em termos percentuais, a demanda hídrica para irrigação na bacia corresponde a 19,94%, enquanto a criação animal representa apenas 0,19%, e outros usos somam 28,22% das retiradas de água. O uso para consumo humano é pouco expressivo, representando menos de 0,01% do total de captações. No entanto, é importante destacar que essas demandas podem ser subestimadas, pois é possível que existam usuários captando água de forma irregular, sem a devida outorga ou cadastro de uso insignificante, o que não é contabilizado nos dados oficiais.

4.6 ANÁLISE ENTRE DEMANDA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URARICOERA/RR

A análise da disponibilidade hídrica foi realizada na estação localizada mais a jusante da bacia (estação 14515000 – Fazenda Passarão). Sua posição está detalhada na Figura 41 e as vazões de referência utilizadas para a análise estão apresentadas no Quadro 4.

Figura 41 - Mapa da estação fluviométrica utilizada para a análise da disponibilidade hídrica na bacia



Fonte: Autor (2024).

Quadro 4 - Vazões de referência da estação fluviométrica utilizada para a análise da disponibilidade hídrica na bacia

Estação Fluviométrica	Anuais			Período Chuvoso			Período Seco		
	Q7,10 (m³/s)	Q95 (m³/s)	Q90 (m³/s)	Q7,10 (m³/s)	Q95 (m³/s)	Q90 (m³/s)	Q7,10 (m³/s)	Q95 (m³/s)	Q90 (m³/s)
14515000	118,94	276,53	365,51	214,04	430,69	739,68	146,96	234,83	304,41
	50% da Q7,10 (m³/s)	70% da Q95 (m³/s)	50% da Q90 (m³/s)	50% da Q7,10 (m³/s)	70% da Q95 (m³/s)	50% da Q90 (m³/s)	50% da Q7,10 (m³/s)	70% da Q95 (m³/s)	50% da Q90 (m³/s)
	59,47	193,57	182,76	107,02	301,49	369,84	73,48	164,38	152,21

Fonte: Autor (2024).

Utilizando a Equação 2, foi calculada a vazão de disponibilidade hídrica correspondente a cada vazão de referência apresentada no Quadro 3. Esses resultados, juntamente com o indicador de comprometimento hídrico, são apresentados nos Quadros 5 a 7 seguir.

Quadro 5 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões específicas anuais

Vazão Específica Anual (m³/s)		Demanda (m³/s)	Vazão de disponibilidade hídrica (Q_{DH}) (m³/s)	Indicador de comprometimento hídrico (ICH) (%)
Q7,10	118,94	61,783	57,16	52%
Q95	276,53	61,783	214,75	22%
Q90	365,51	61,783	303,73	17%
50% da Q7,10	59,47	61,783	-2,31	104%
70% da Q95	193,57	61,783	131,79	32%
50% da Q90	182,76	61,783	120,97	34%

Legenda:

	Disponibilidade
	Estado de atenção
	Indisponibilidade

Fonte: Autor (2024).

Para as vazões específicas anuais, o valor da Q_{DH} é mais elevado ao considerar a vazão específica Q_{90} , que resulta em uma vazão disponível de 303,73 m³/s, indicando uma redução de apenas 17% na disponibilidade hídrica e um ICH abaixo de 50%, caracterizando uma situação de disponibilidade. As vazões Q_{95} , 70% da Q_{95} , 50% da Q_{90} e a $Q_{7,10}$, também apresentam um balanço positivo entre oferta e demanda hídrica, com ICH menor que 50%, o que demonstra que a quantidade de água disponível é suficiente para atender às demandas.




No entanto, ao considerar 50% da $Q_{7,10}$, o cenário muda para um ICH de 104%, indicando indisponibilidade de recursos hídricos e um déficit de vazão

negativo de 2,31 m³/s, mostrando que a demanda supera a oferta disponível nesse caso específico. Já para a vazão $Q_{7,10}$, com uma disponibilidade de 57,16 m³/s e uma redução de 52%, o ICH representa um estado de atenção.

Quadro 6 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões no período chuvoso

Vazão Período Chuvoso (m ³ /s)		Demanda (m ³ /s)	Vazão de disponibilidade hídrica (Q_{DH}) (m ³ /s)	Indicador de comprometimento hídrico (ICH) (%)
Q_{7,10}	214,04	61,783	152,26	29%
Q₉₅	430,69	61,783	368,91	14%
Q₉₀	739,68	61,783	677,90	8%
50% da Q_{7,10}	107,02	61,783	45,24	58%
70% da Q₉₅	301,49	61,783	239,70	20%
50% da Q₉₀	369,84	61,783	308,06	17%

Legenda:

	Disponibilidade
	Estado de atenção
	Indisponibilidade

Fonte: Autor (2024).

Considerando o período chuvoso, a vazão específica Q_{90} continua a apresentar o maior valor de disponibilidade hídrica, com 677,90 m³/s, o que representa uma redução de apenas 8% na disponibilidade da bacia (ICH correspondente à disponibilidade). Para as vazões Q_{95} , 50% da Q_{90} , 70% da Q_{95} , e a $Q_{7,10}$, o balanço hídrico também se mostrou positivo, com ICH menor que 50%. A vazão Q_{95} , por exemplo, tem uma disponibilidade de 368,91 m³/s, correspondendo a uma redução de 14%. Enquanto, 70% da Q_{95} resulta em 239,70 m³/s de vazão disponível, com uma redução de 20%. Por sua vez, 50% da Q_{90} apresenta uma disponibilidade de 308,06 m³/s, o que corresponde a uma redução de 17%. O cenário mais crítico é observado ao considerar a vazão de 50% da $Q_{7,10}$, onde a disponibilidade é de 45,24 m³/s, resultando em uma redução de 58%, caracterizando uma situação de estado de atenção para o ICH.

Quadro 7 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões no período seco

Vazão Período Seco (m³/s)		Demanda (m³/s)	Vazão de disponibilidade hídrica (Q _{DH}) (m³/s)	Indicador de comprometimento hídrico (ICH) (%)
Q7,10	146,96	61,783	85,18	42%
Q95	234,83	61,783	173,04	26%
Q90	304,41	61,783	242,63	20%
50% da Q7,10	73,48	61,783	11,70	84%
70% da Q95	164,38	61,783	102,60	38%
50% da Q90	152,21	61,783	90,42	41%

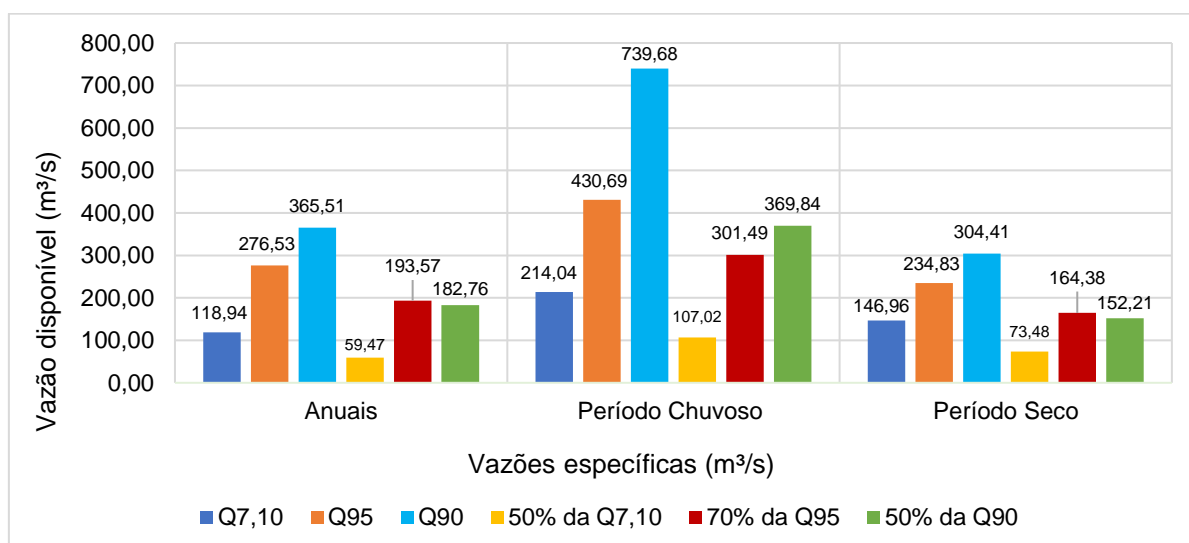
Legenda:

	Disponibilidade
	Estado de atenção
	Indisponibilidade

Fonte: Autor (2024).

Com base nas vazões do período seco, a análise da disponibilidade hídrica revela que a vazão específica Q₉₀ continua a ser a mais favorável, com uma vazão disponível de 242,63 m³/s, o que representa uma redução de 20% na disponibilidade de água da bacia. O balanço hídrico também foi positivo considerando as demais vazões. A situação mais crítica ocorre ao considerar 50% da Q_{7,10}, onde a vazão disponível é de apenas 11,70 m³/s, resultando em uma significativa redução de 84% na disponibilidade hídrica, classificando o ICH em estado de atenção. A Figura 42 abaixo sintetiza os resultados de cada período e vazão específica.

Figura 42 - Gráfico da vazão disponível considerando os períodos e as vazões específicas correspondentes



Fonte: Autor (2024).

Os resultados da Figura 42 indicam que, embora a BHU em Roraima tenha, em geral, uma disponibilidade hídrica capaz de atender à maioria das demandas, a sustentabilidade desse uso depende consideravelmente dos critérios adotados para definir a vazão de referência. A escolha da vazão específica anual Q90, por exemplo, proporciona uma margem de segurança maior ao garantir uma disponibilidade de água mais elevada em todos os períodos analisados. Por outro lado, a utilização de 50% da Q7,10, que representa um cenário mais conservador de disponibilidade hídrica, pode revelar deficiências na gestão dos recursos hídricos, especialmente em períodos de seca ou maior demanda.

Essas variações nos resultados destacam a importância de se considerar múltiplos parâmetros ao avaliar a disponibilidade hídrica, especialmente em uma bacia que apresenta diferenças sazonais significativas, como a do rio Uraricoera. A definição de qual parâmetro de vazão de referência utilizar pode impactar diretamente as decisões sobre outorgas e a gestão dos recursos hídricos, exigindo uma análise criteriosa para evitar o comprometimento da sustentabilidade da bacia.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a disponibilidade hídrica na Bacia Hidrográfica do rio Uraricoera, em Roraima, considerando as dinâmicas hidrológicas e as demandas da região. A pesquisa abrangeu várias etapas, incluindo a análise da precipitação, a definição do ano hidrológico, a estimativa das vazões mínimas de referência e a avaliação do balanço hídrico entre oferta e demanda. Por meio de metodologias consistentes e da análise detalhada de dados hidrometeorológicos, o estudo proporcionou uma compreensão aprofundada da dinâmica hídrica da bacia, contribuindo diretamente para a gestão sustentável dos seus recursos e resultando na criação de um produto final que sintetiza esses achados e recomendações.

Os resultados indicam que a BHU, de modo geral, possui uma disponibilidade hídrica suficiente para atender à maioria das demandas dos usuários. A vazão específica Q_{90} se destacou como a mais favorável nos cenários analisados, tanto anuais quanto sazonais, mantendo um Índice de Comprometimento Hídrico (ICH) abaixo de 50%, o que caracteriza uma situação de disponibilidade. No entanto, cenários mais conservadores, como a análise baseada em 50% da $Q_{7,10}$, apontaram uma significativa redução na disponibilidade hídrica, com um ICH superior a 100%. Isso evidencia a vulnerabilidade da bacia em períodos de seca ou alta demanda, sugerindo a necessidade de uma gestão mais rigorosa nesses momentos.

A análise da distribuição espacial da precipitação na bacia revelou variações importantes, com uma maior concentração de chuvas na região a montante do rio. Essas variações se manifestam de forma clara nos períodos chuvoso e seco, que ocorrem de abril a agosto e de setembro a março, respectivamente. Durante o período chuvoso, a disponibilidade de água aumenta, facilitando o atendimento das demandas. Já no período seco, a oferta de água diminui, exigindo uma gestão mais cautelosa para equilibrar oferta e demanda. Isso ressalta a importância de uma abordagem de gestão adaptativa que leve em conta essas diferenças sazonais e regionais.

A avaliação do balanço hídrico reforça esses achados, mostrando que, em geral, há água suficiente para atender às demandas, desde que os parâmetros de vazão de referência sejam cuidadosamente escolhidos. O uso de múltiplos cenários

e parâmetros de vazão é crucial para evitar o comprometimento da sustentabilidade dos recursos hídricos da bacia.

Além disso, a análise da distribuição espacial das captações revelou um possível desequilíbrio, com a maioria dos pontos de captação concentrados na região da foz do rio e a ausência de pontos regularizados na região mais a montante da bacia, devido ao fato de essa área estar situada dentro de terras indígenas. Esse cenário, somado à possível presença de usuários não regularizados, sugere a necessidade de ampliar a rede de monitoramento e intensificar as ações de fiscalização e regularização dos usos de água.

O produto final gerado por este estudo consiste em um conjunto de dados e análises que servem como uma ferramenta essencial para gestores e tomadores de decisão na BHU. Esse produto oferece subsídios práticos para o planejamento estratégico, promovendo um uso mais eficaz e sustentável dos recursos hídricos.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a BHU possui potencial para atender às demandas hídricas atuais, desde que sejam adotadas estratégias de gestão adaptativas que considerem a variabilidade temporal e espacial das precipitações e das vazões. O estudo reforça a necessidade de considerar múltiplos parâmetros e cenários de vazão de referência na análise da disponibilidade hídrica, para evitar o comprometimento da sustentabilidade dos recursos hídricos da bacia. Além disso, sugere-se a continuidade dos estudos hidrológicos na região, com o aprimoramento das redes de monitoramento e a atualização constante das séries históricas, para garantir a tomada de melhores decisões sobre a gestão dos recursos hídricos na região.

Dessa forma, o presente estudo contribui significativamente para o conhecimento hidrológico da BHU e para a formulação de políticas públicas e práticas de gestão mais eficientes, alinhadas com os princípios da sustentabilidade e da preservação ambiental.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, L. R.P.; BISERRA, J.L.A.; COSTA, L.F.; ALVES, A.T.A.; VILA NOVA, A.A.; SANTOS NETO, S. M.; COUTINHO, A.P.; ANTONINO, A. C. D. Pluviometria espaço-temporal da Bacia hidrográfica do Una. **Geociências**, v. 39, n. 3, p. 803-815, 2020. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/14266>>. Acesso em: 09 set. 2024.

ARAÚJO, Adilson Ribeiro de; DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; PEREIRA, Uhenia Caetano; NUNES, Fabrizia Gioppo; FERREIRA, Manuel Eduardo. Análise de Métodos de Preenchimento de Falhas em Dados Pluviométricos para a Região de Planejamento Sudoeste de Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 2271–2286, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbge/article/view/257458>. Acesso em: 31 jul. 2024.

BACK, A. J. Análise de dados de vazão. **Boletim Técnico**, [S. l.], n. 215, 2023. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/BT/article/view/1792>>. Acesso em: 11 set. 2024.

BENETTI, A. D. Análise da demanda e disponibilidade de água em bacia hidrográfica considerando vazões naturais. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, **Anais**. Porto Alegre: ABRhidro, 2007, v. 1, p. 1-16. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/19/fd199f918cad3d92bb4873ee4e89c214_069a1e05e70d7c810027c6131d0c8e8d.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

BRANCO, O. E. A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**. 2006. Disponível: <<https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/DisponibilidadeH%c3%adrica.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2020, 130 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2022, 147 p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Caderno de Recursos Hídricos 2. Brasília: ANA, 2007.

Disponível em:

<<https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2007/DisponibilidadeEDemandasBrasil.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Hidro 1.4**. 2018. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>>.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas**. 2015b. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **O Progestão em Roraima: Síntese do Primeiro Ciclo do Programa (2014-2018)**. ANA, 2019. Disponível em:

<https://progestao.ana.gov.br/mapa/rr/progestao-1/progestao_rr_2015.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 04 jan. 2022.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2021. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2023.

CASTRO, M. M.; MAIA, J. L.; SILVA, J. P. O.; VIEIRA, E. M. Análise da disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Piracicaba – MG.

Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista, v.10, n.3, e42610313552, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13552>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13552>. Acesso em: 03 jan. 2023.

CORREIA, F. N. Algumas reflexões sobre os mecanismos de gestão de recursos hídricos e a experiência da União Europeia. **REGA – Revista de Gestão da América Latina**. Vol. 2, n. 2, jul/dez, 2005. Disponível em: <https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=2&ID=66&SUMARIO=818>. Acesso em: 03 jan. 2023.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **AQUASTAT database**. FAO, 2018.

FONSECA, C. P.; DE FARIA, R. S. Gestão ecológica das águas: uma comparação das diretrizes do Brasil e da Europa. **Ciência & Trópico**, [S. l.], v. 44, n. 1, 2020. DOI: 10.33148/cetropicov44n1(2020) art5. Disponível em: <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/1900>. Acesso em: 03 jan. 2023.

FREITAS, C. E. D.; SINISGALLI, P. A. A.; ALMEIDA, P. S.; LEÃO, R. S.; IGARI, A. T. O INSTRUMENTO DE OUTORGA E OS LIMITES AMBIENTAIS: Uma investigação sob a perspectiva da Economia Ecológica. **REVIBEC – Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 155-178, 2021. Disponível em: <https://redibec.org/ojs/index.php/revibec/article/view/vol34-1-8>. Acesso em: 11 set. 2024.

Garcia, J. R.; CASTRO, D. WEINS, N. W. Economia política da água na China e no Brasil. **Revibec: Revista Iberoamericana De economía ecológica**, Vol. 35, Núm. 2, abril de 2022, p. 1-19. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/399426>. Acesso em: 09 jan. 2023.

GOMES, D. C.; FERREIRA, N. S.; LIMA, A. M. M.; SERRÃO, E. A. de O. VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO: BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MADEIRA. **REVISTA GEOGRÁFICA ACADÊMICA**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 90–104, 2019. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/rga/article/view/5514>. Acesso em: 09 set. 2024.

GOUVEA, Regina Luiza et al. Análise de Frequência de Precipitação e Caracterização de Anos Secos e Chuvosos para a Bacia do Rio Itajaí. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 22, maio 2018. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/55276>>. Acesso em: 09 set. 2024.

GRUPO DE PESQUISA DE HIDROLOGIA DE GRANDE ESCALA. Super Manejo de Dados 2.1. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/hge/modelos-e-outros-produtos/softwares-de-manejo-e-visualizacao-de-dados-hidrologicos/super-manejo-de-dados-2-0-2018/>>.

JUNIOR, W. C. C.; SILVEIRA, A. L. L. Estimativa de vazão de alta permanência na bacia do rio Coxipó-MT utilizando o método Silveira e dados do satélite TRMM. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, PR: ABRhidro, 2019. Disponível em: <<https://anais.abrhidro.org.br/works/5030>>. Acesso em: 06 mai. 2023.

LINHARES, L. S.; AGUIAR, F. M. Outorga de uso de direito: uma revisão sobre o instrumento no Tocantins. **Natural Resources**, v. 11, n. 1, p. 33-40, 2021. Disponível em: <<https://sustenere.inf.br/index.php/naturalresources/article/view/CBPC2237-9290.2021.001.0005>>. Acesso em: 11 set. 2024.

MACHADO, L. A.; ASSIS, W. L. Comparação entre métodos de preenchimento de falhas em séries de dados meteorológicos da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). **Revista Geografias**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 73–90, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/19216>. Acesso em: 01 ago. 2024.

MAGRINI, A.; VEIGA, L. B. E. Gestão de Recursos Hídricos: Uma Análise do Modelo Brasileiro. In: XX Simpósio de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais do XX Simpósio de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1-8. Disponível em: <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=155&SUMARIO=3>>

806>. Acesso em: 05 jan. 2023.

MALFATTI, M. G. L.; CARDOSO, A. O.; HAMBURGER, D. S. Identificação de regiões pluviométricas homogêneas na bacia hidrográfica do rio Paraná. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v.37, n. 2, p. 409-421, 2018. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11564>>. Acesso em: 09 set. 2024.

MOREIRA, G. de B.; MAIA, J. L.; SILVA, J. P. O. Disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do rio Suaçuí: análise por diferentes metodologias de definição de vazão de referência. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. e0211325987, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25987>. Acesso em: 11 set. 2024.

NOSCHANG, P. G; SCHELEDER, A. F. P. A (in)sustentabilidade hídrica global e o direito humano à água. **Sequência Estudos Jurídicos e Políticos**, [S. l.], v. 39, n. 79, p. 119–138, 2018. DOI: 10.5007/2177-7055.2018v39n79p119. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/2177-7055.2018v39n79p119>>. Acesso em: 03 jan. 2023.

PADOVESI-FONSECA, C.; FARIA, R. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no Brasil e Europa. **Revista Mineira de Recursos Hídricos**, v. 3, 2022. Disponível em: <<https://rmrh.igam.mg.gov.br/ojs3/index.php/NM/article/view/55>>. Acesso em: 04 jan. 2023.

PARCIO, J. A.; CARMELLO, N. D. A. Aspectos legais da outorga do uso da água: ocupação do solo e uso da água na Bacia Hidrográfica do Igarapé D'Alincourt. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, [S. l.], v. 12, n. 3, 2023. Disponível em: <<https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/9653>>. Acesso em: 11 de set. de 2024.

PASQUALETTO, T. L. L.; PASQUALETTO, A.; PASQUALETTO, A. G. N. Análise da Disponibilidade e Demanda de Recursos Hídricos no Brasil. In: **XVI Fórum Ambiental**. Alta Paulista: (ISBN - 978-65-86753-02-8), 2020.

PONTE, M. L.; PIRANHA, J. M. Informação ambiental e gestão dos recursos

hídricos: contributos de um estudo sobre disponibilidade hídrica no município de Ibirá (SP). **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 53–62, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/194>>. Acesso em: 10 abr. 2023.

REIS, D. I.; QUEVEDO, D. M.; NAIME, R. H. Gestão de Recursos Hídricos: Panorama Mundial, Brasileiro e Desafios Institucionais. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais do XX Simpósio de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, 2013. p. 1-8. Disponível em: <<https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=3&ID=155&SUMARIO=3877>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

RODRIGUES, A. L.; LEAL, L. V. M. Outorga e cobrança pelo uso dos recursos hídricos como instrumentos de gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Revista de Direito**, [S. l.], v. 11, n. 01, p. 61-101, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/revistadir/article/view/6423>>. Acesso em: 10 set. 2024.

RORAIMA. Lei 547 de 23 de junho 2006. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Roraima**, Boa Vista, p.01-08, jun. 2006.

ROSA, A. M. R.; GUARDA, V. L. de M. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, p. 197-220, maio/ago. 2019. Disponível em: <<http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/7886>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

SILVA, T. F.; CARVALHO, T. M. Compartimentação das bacias dos rios Uraricoera e Tacutu, Roraima, com base em parâmetros geomorfométricos do relevo. **Revista Ciência Geográfica**, v. XXIV, n. 2, jan/dez., 2020. Disponível em: <https://www.agbbauru.org.br/revista_xxiv_2.html>. Acesso em: 18 jun. 2024.

SISCAH 1.0: Sistema Computacional para Análise Hidrológicas. Versão 1.0. Desenvolvido por: Heber Tormentino de Sousa, Fernando Falco Pruski, Luiz

Henrique Nobre Bof, Paulo R. Ceccon, José Rui Castro de Sousa. Viçosa: Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH), 2009. Disponível em: <<https://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>.

UNESCO. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. **Relatório Mundial da Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação.** França. 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por>. Acesso em: 28 mai. 2023.

WANKLER, F. L.; VITAL, M. J. S.; HOLANDA, E. C.; SOUZA, V. **A Bacia Hidrográfica do Rio Cauamé.** São Carlos, SP: RiMa Editorial, 2022. *E-book* (196 p.). ISBN: 978-65-84811-12-6. Disponível em: <<https://www.feis.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/profagua/e-bok-a-bacia-hidrigrafica-do-rio-cauame.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

APÊNDICE – PRODUTO - NOTA TÉCNICA



Nota técnica

SITUAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA DO RIO URARICOERA/RR

Elaboração

Ruan Ricardo Silva de Jesus

Pedro Alves da Silva Filho

Outubro/2024

1 INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do rio Uraricoera (BHU), localizada no noroeste de Roraima, possui grande relevância hídrica devido aos seus múltiplos usos. No entanto, há uma carência de estudos aprofundados que detalhem a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos na região, o que pode comprometer a eficácia no gerenciamento e a sustentabilidade da bacia.

Esta Nota Técnica tem como objetivo analisar a situação hidrometeorológica da bacia, avaliando o comportamento das precipitações e vazões, bem como a relação entre a demanda e a disponibilidade hídrica. Essas análises são essenciais para apoiar a tomada de decisões em programas e planos de gestão de recursos hídricos no estado de Roraima.

Os resultados apresentados neste documento fornecem uma compreensão mais clara da disponibilidade hídrica e dos padrões de precipitação e vazão ao longo da bacia. Dessa forma, espera-se que esta Nota Técnica seja uma ferramenta valiosa para gestores, pesquisadores e outros interessados na conservação e uso sustentável dos recursos hídricos da região.

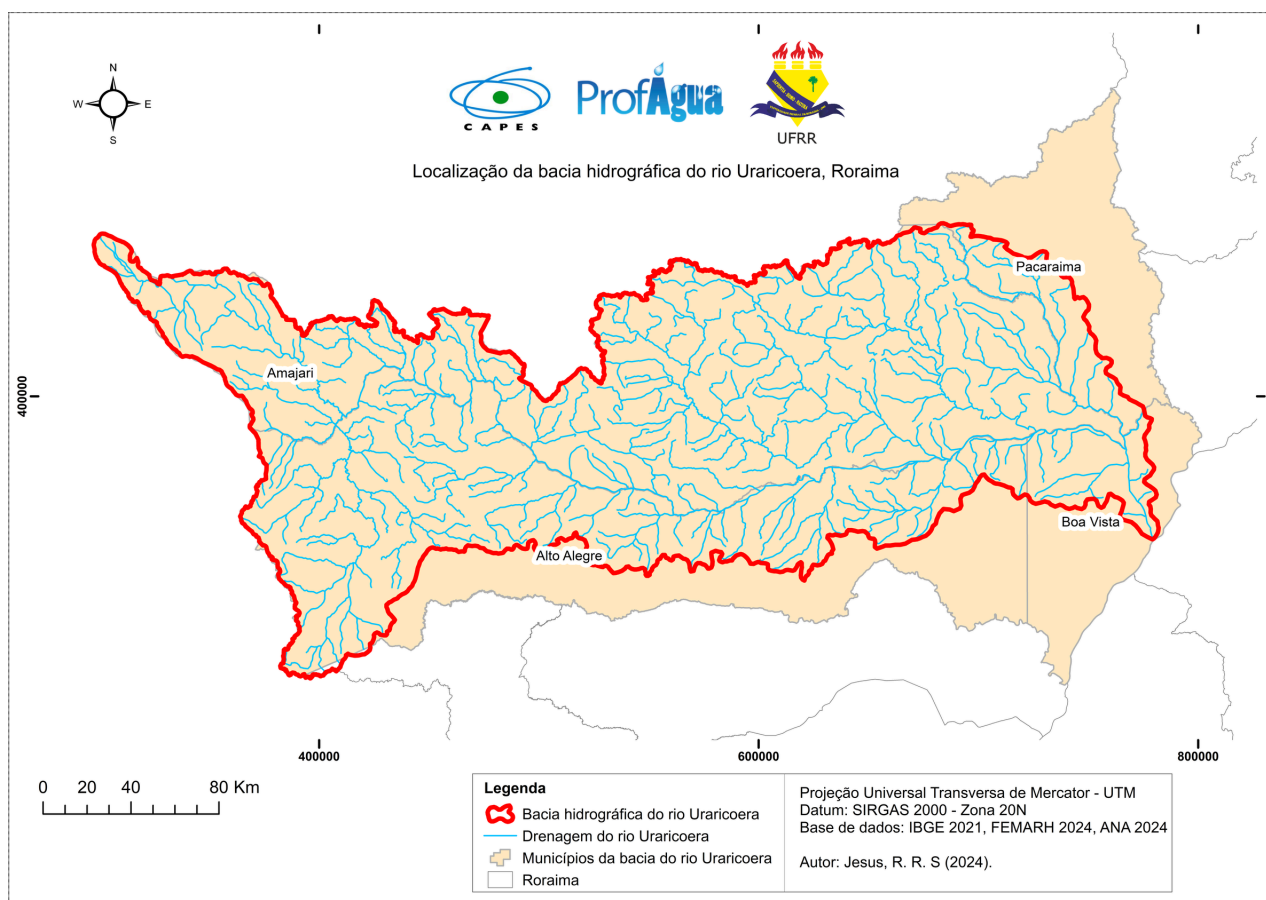


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Uraricoera, Roraima.

2 METODOLOGIA

A avaliação da situação hidrometeorológica da BHU foi realizada a partir de uma análise abrangente de dados hidrológicos e meteorológicos. Os principais passos metodológicos adotados neste estudo incluem:

1

Coleta de dados hidrometeorológicos:

Os dados de precipitação e vazão foram coletados do sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA), a partir de estações pluviométricas e fluviométricas localizadas ao longo da bacia. As séries históricas de cada estação foram analisadas para identificar falhas e inconsistências. As estações utilizadas estão ilustradas nas Figuras 2 e 3.

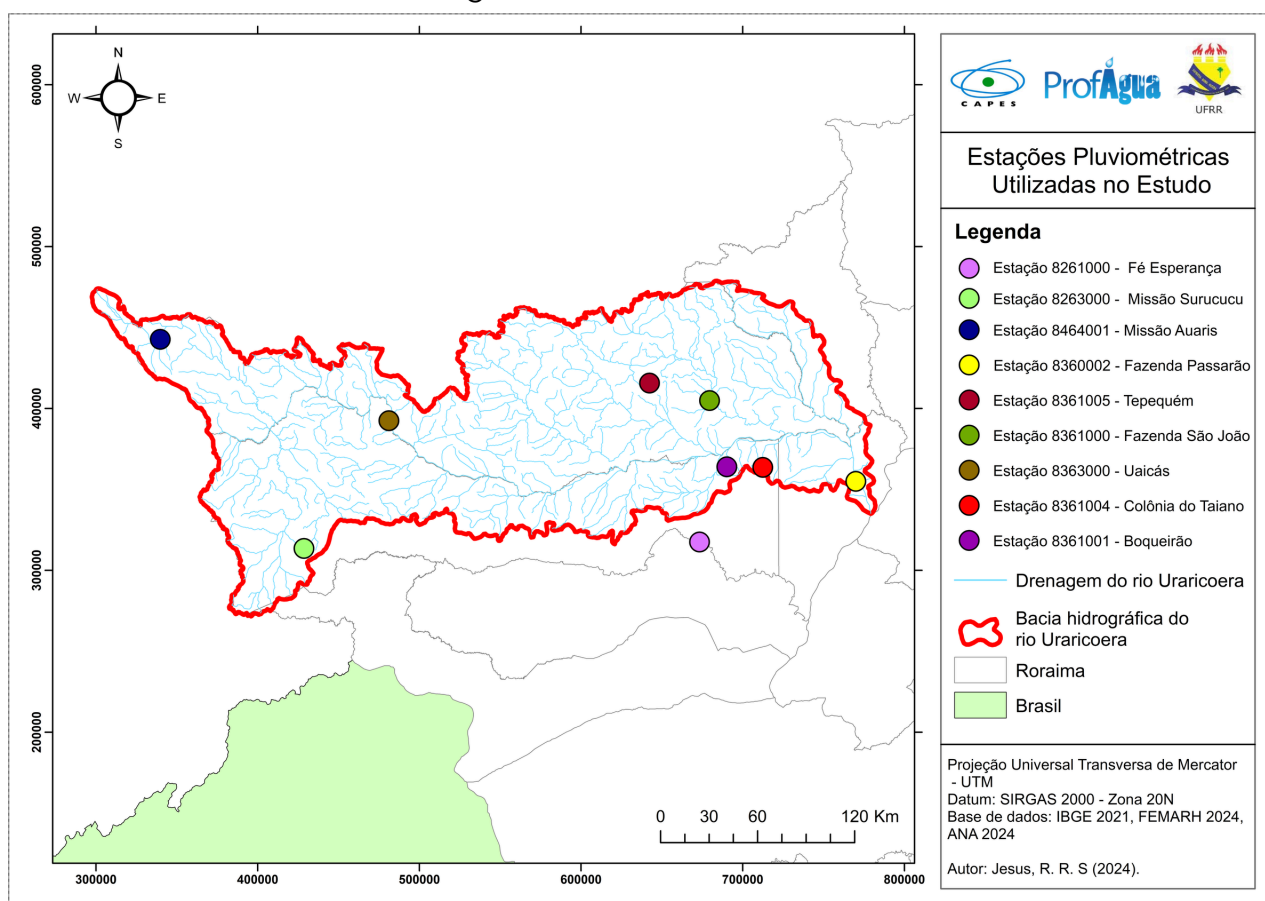


Figura 2 - Mapa das estações pluviométricas utilizadas no estudo.

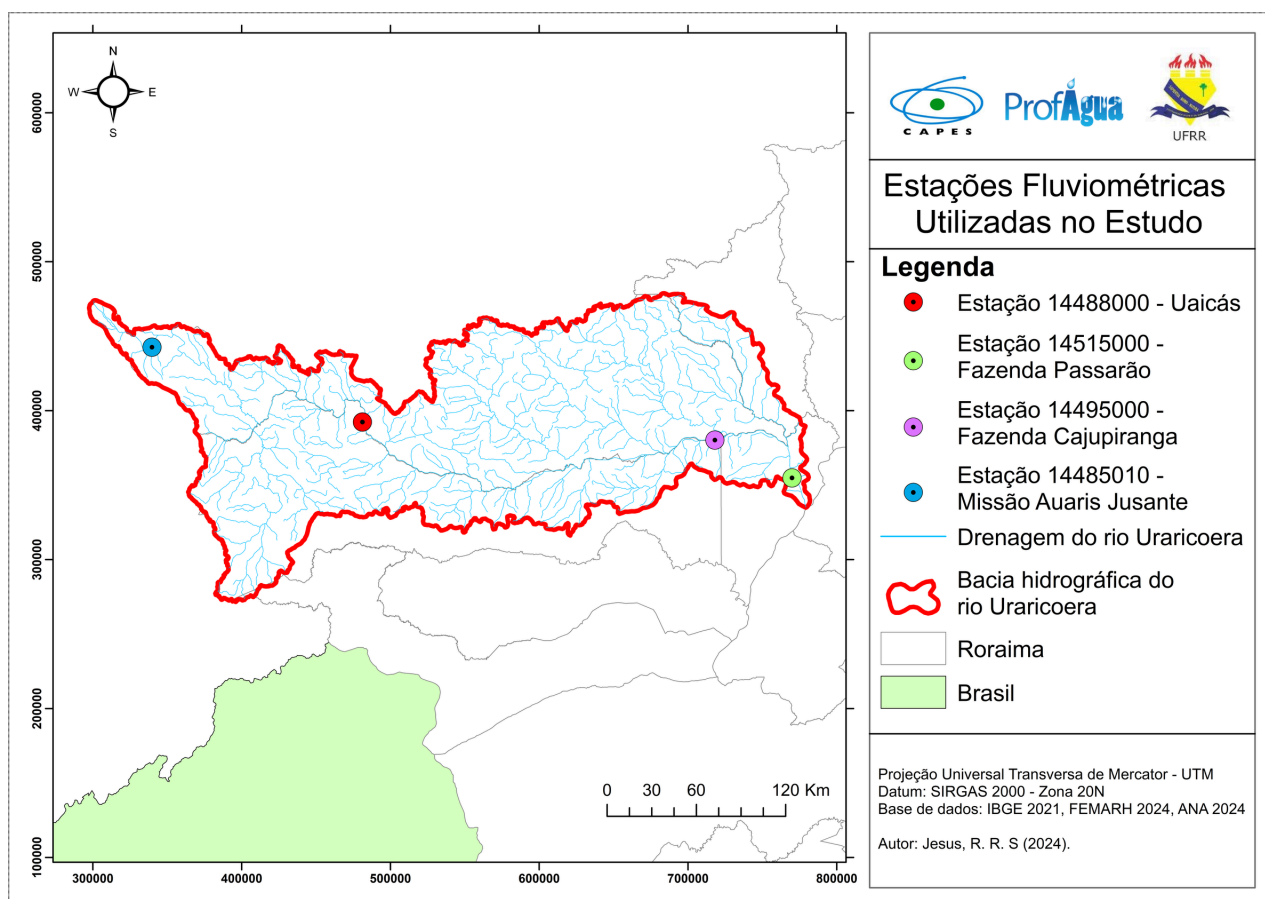


Figura 3 – Mapa das estações fluviométricas utilizadas no estudo.

2

Preenchimento de falhas:

Para assegurar a qualidade das séries temporais, foi aplicado o método de ponderação regional, utilizando dados de estações vizinhas com características climáticas semelhantes. Foram selecionadas pelo menos três estações com no mínimo 10 anos de dados contínuos. Além disso, foi realizada uma análise de consistência dos dados utilizando o teste de dupla massa para assegurar a confiabilidade das séries históricas.

3

Análise pluviométrica:

Para analisar o comportamento pluviométrico da bacia, foram empregadas técnicas estatísticas e ferramentas de geoprocessamento. A série histórica de precipitação foi avaliada para identificar padrões espaciais e temporais, utilizando o método de interpolação pelo inverso do quadrado médio da distância (IDW) para mapear a distribuição espacial da precipitação na bacia.

4**Estimativa das vazões de referência:**

A análise das vazões fluviais incluiu o cálculo das vazões médias e mínimas de referência (Q7,10, Q90 e Q95), utilizando o software SisCAH 1.0 e o Microsoft Excel 2019.

5**Análise da demanda hídrica:**

A demanda hídrica foi avaliada com base nas outorgas concedidas e nos usos insignificantes cadastrados na bacia. Os dados de captação foram organizados conforme o tipo de outorga e a finalidade de uso, como aquicultura, irrigação, consumo humano, e criação animal. Os dados de outorgas e usos insignificantes foram obtidos junto à Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Roraima (FEMARH).

6**Avaliação da demanda e disponibilidade hídrica:**

A avaliação da demanda hídrica foi realizada com base nos dados de captações registrados na bacia, comparando-os com as vazões de referência para identificar a relação entre oferta e demanda de água. A análise da disponibilidade hídrica foi realizada na estação localizada mais a jusante da bacia, considerando as vazões de referência. O Índice de Comprometimento Hídrico (ICH) foi calculado para determinar o grau de comprometimento da disponibilidade hídrica em relação à demanda existente. Os valores de ICH foram classificados em três categorias: disponibilidade (ICH < 50%), estado de atenção (ICH entre 50% e 100%), e indisponibilidade (ICH ≥ 100%).

7**Produção de Mapas e Gráficos:**

Os resultados foram representados visualmente por meio de mapas, gráficos e tabelas. O software de geoprocessamento ArcGIS 10.6.1 foi utilizado para a espacialização dos dados, permitindo uma visualização clara da distribuição espacial das precipitações, vazões e captações ao longo da bacia.

Essa abordagem metodológica permitiu uma análise abrangente da situação hidrometeorológica da BHU, fornecendo informações essenciais para subsidiar a gestão integrada dos recursos hídricos na região.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise hidrometeorológica da BHU revelaram importantes padrões e características das vazões e precipitações ao longo do período avaliado. A seguir, são apresentados os principais resultados, divididos entre os tópicos de precipitação, vazões e a relação entre demanda e disponibilidade hídrica.

3.1 Comportamento Pluviométrico

As precipitações médias anuais e mensais na BHU foram analisadas ao longo da série histórica de 1996 a 2018. O Quadro 1 ilustra os valores médios mensais e anuais de precipitação das estações analisadas na BHU. Esses valores incluem a precipitação média mensal (Pm), os totais médios mensais de precipitação (Pmt), e a precipitação média anual acumulada (Ptm) para o período de 1996 a 2017. A análise revelou que o mês de janeiro apresentou os menores índices de chuva, com uma média de 83,01 mm, enquanto o mês de maio registrou a maior precipitação média, com 326,02 mm. Esses dados destacam a forte sazonalidade no regime pluviométrico da bacia, sendo que as maiores precipitações ocorrem no período entre abril e agosto.

Código	Nome	Pm (mm)												Ptm (mm)
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
8263000	Missão Surucucu	171,32	156,22	153,56	220,82	343,95	241,93	204,46	157,49	113,16	132,16	128,53	126,32	2149,92
8360002	Fazenda Passarão	23,22	26,68	24,55	103,17	223,39	255,88	289,58	174,41	91,94	51,89	36,69	34,12	1335,52
8361000	Fazenda São João	60,23	71,62	64,58	183,95	330,24	342,52	336,55	191,07	109,19	79,74	101,13	78,28	1949,08
8361001	Boqueirão	37,24	38,44	46,12	174,63	324,50	322,21	317,24	228,55	106,94	74,97	95,61	69,16	1835,59
8361004	Colônia do Taiano	41,31	44,01	46,79	168,79	335,87	334,97	315,23	210,48	87,83	79,77	76,09	63,16	1804,30
8361005	Tepequém	82,20	71,36	71,49	182,33	307,90	345,38	316,55	190,78	101,30	80,16	109,58	71,11	1930,15
8363000	Uaicás	150,22	149,59	165,85	256,40	379,94	290,33	252,77	181,27	119,14	149,59	144,87	138,14	2378,11
8464001	Missão Auaris Jusante	114,69	149,17	144,87	273,35	362,04	347,58	274,81	210,38	167,09	167,03	169,27	197,83	2578,11
8261000	Fé e Esperança	66,67	49,83	59,61	174,18	326,34	327,87	299,40	223,86	142,37	126,55	105,43	64,78	1966,88
Pmt (mm)		83,01	84,10	86,38	193,07	326,02	312,07	289,62	196,48	115,44	104,65	107,47	93,66	1991,96

Quadro 1 - Valores de precipitação média mensal (Pm), precipitação dos totais médios mensais (Pmt) e precipitação média anual acumulada (Ptm) das estações utilizadas no estudo, período de 1996 a 2017.

O acumulado das precipitações médias anuais evidenciou uma variabilidade espacial significativa. A estação Missão Auaris Jusante, situada a montante, apresentou o maior valor acumulado, com 2.578,11 mm, enquanto a estação Fazenda Passarão, localizada a jusante, registrou o menor valor, com 1.335,52 mm. Esses resultados sugerem que a região a montante da bacia recebe volumes de precipitação superiores, o que pode influenciar diretamente no comportamento hidrológico das áreas a jusante.

A distribuição espacial das precipitações médias anuais é apresentada na Figura 4, destacando áreas com volumes pluviométricos significativos. As Figuras 5 a 10 mostram a distribuição espacial das precipitações mensais para o período analisado.

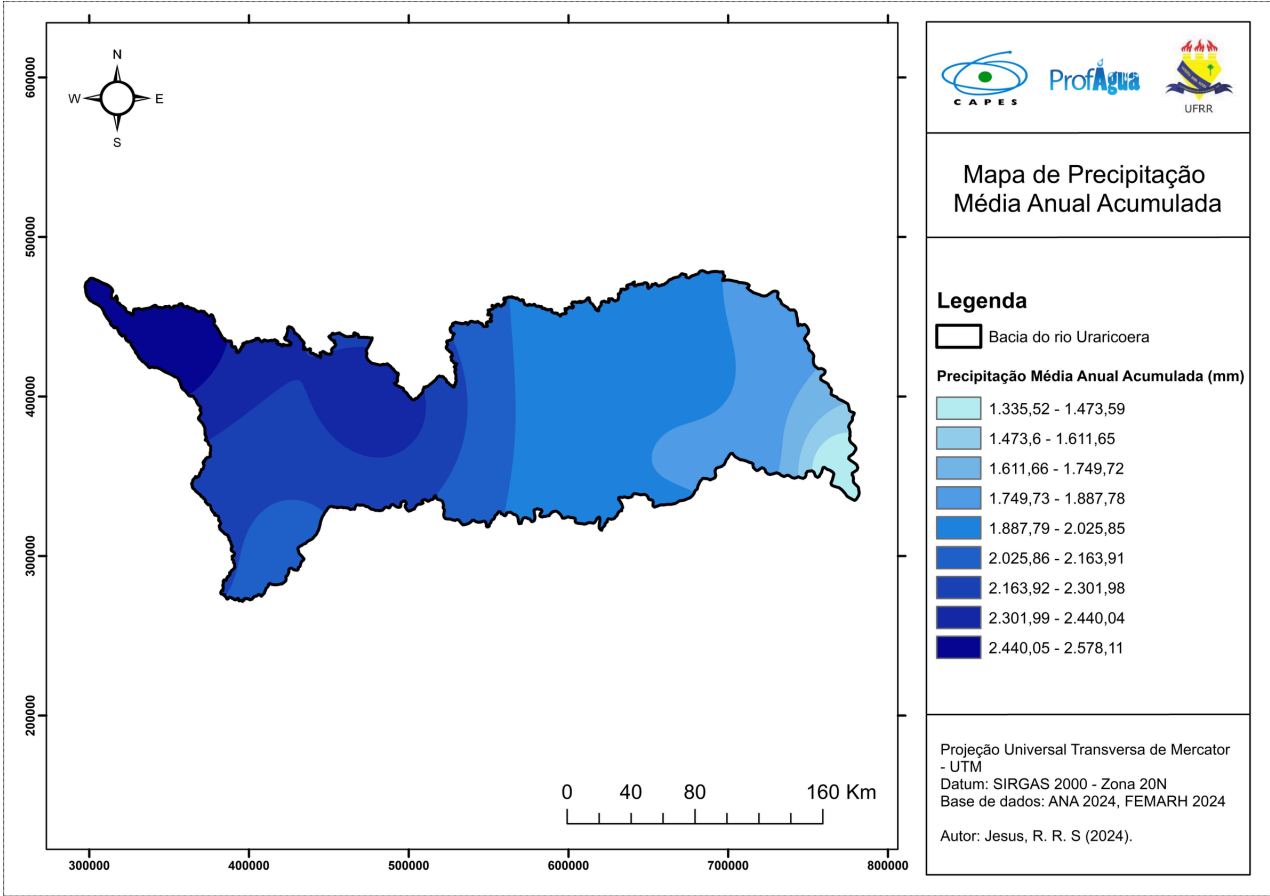


Figura 4 – Mapa de precipitação acumulada da média mensal anual acumulada na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR.

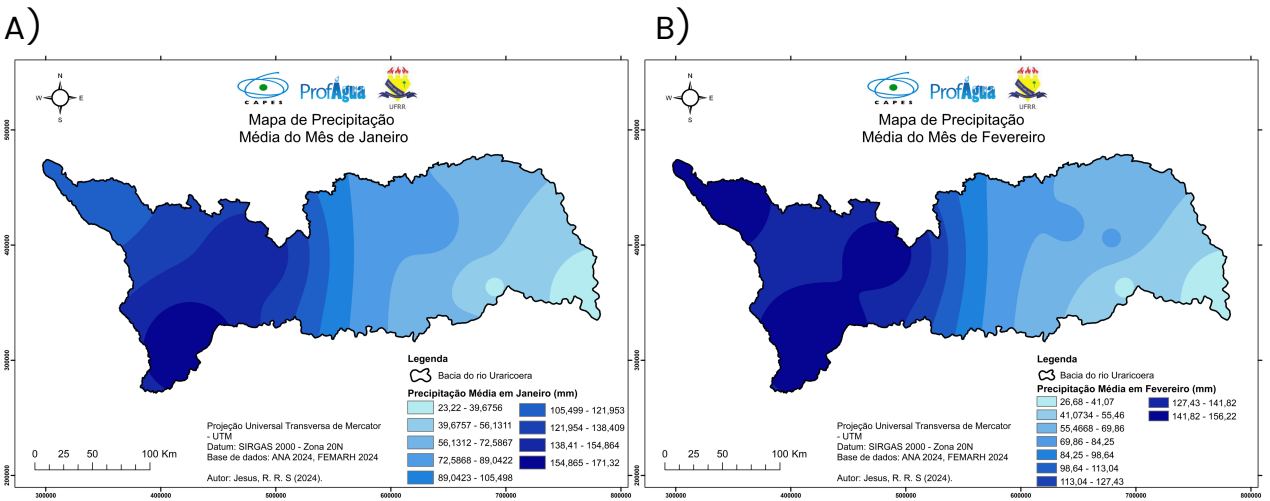


Figura 5 – Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) janeiro; e B) fevereiro.

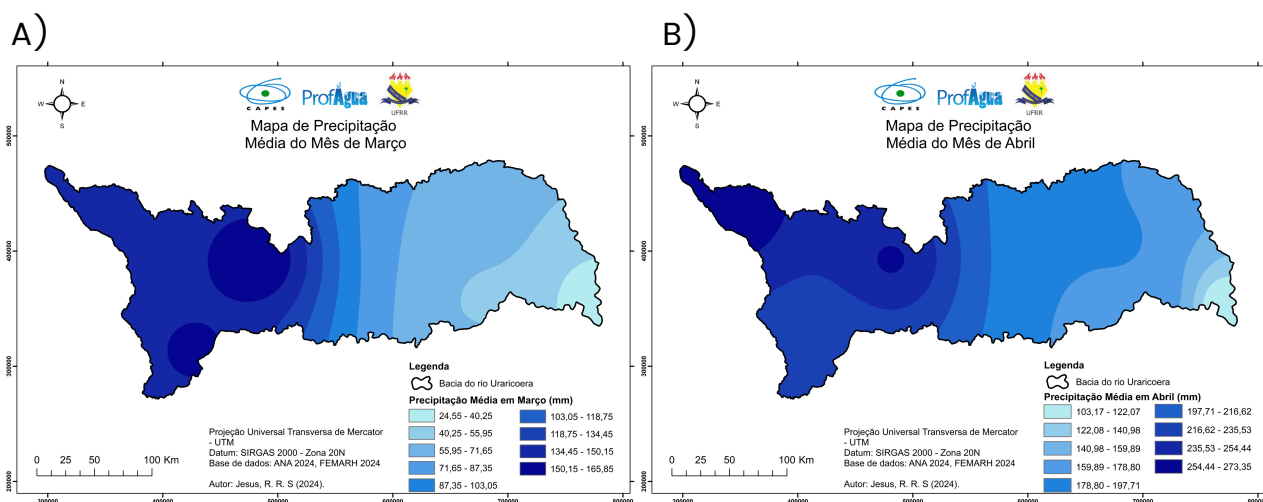


Figura 6 – Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) março; e B) abril.

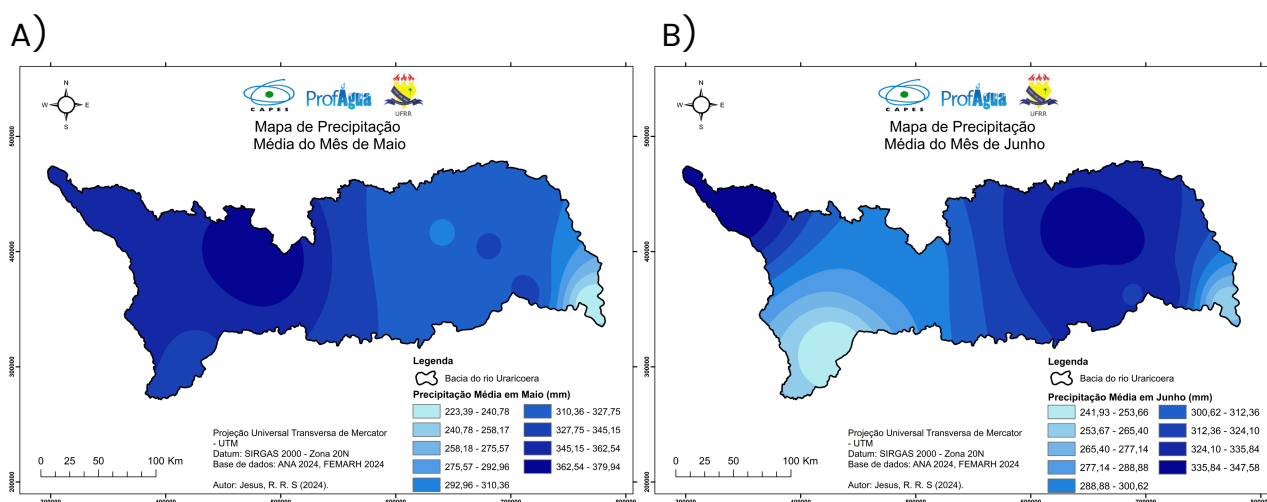


Figura 7 – Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) maio; e B) junho.

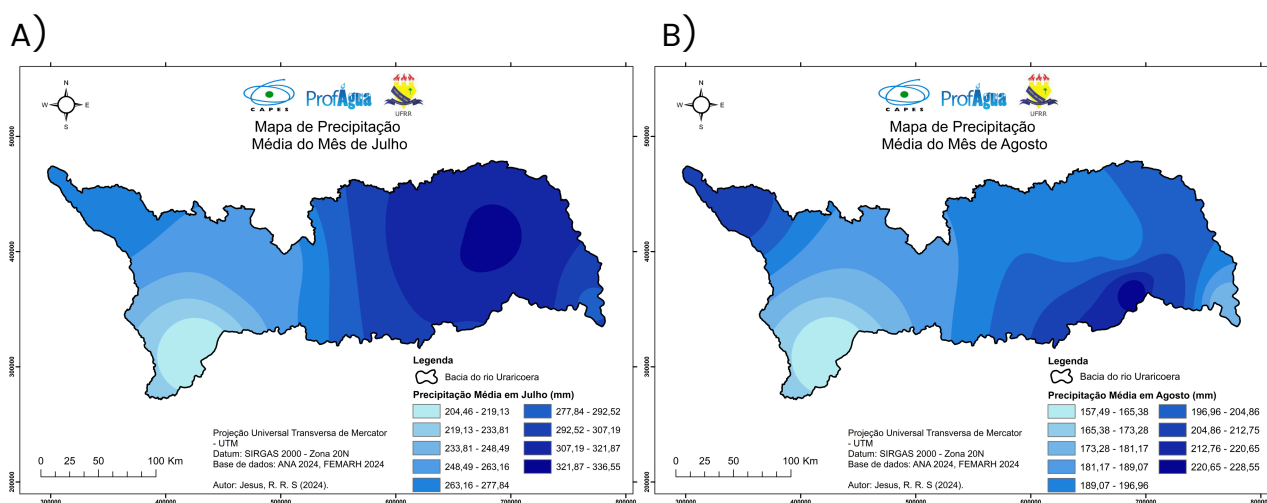


Figura 8 – Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) julho; e B) agosto.

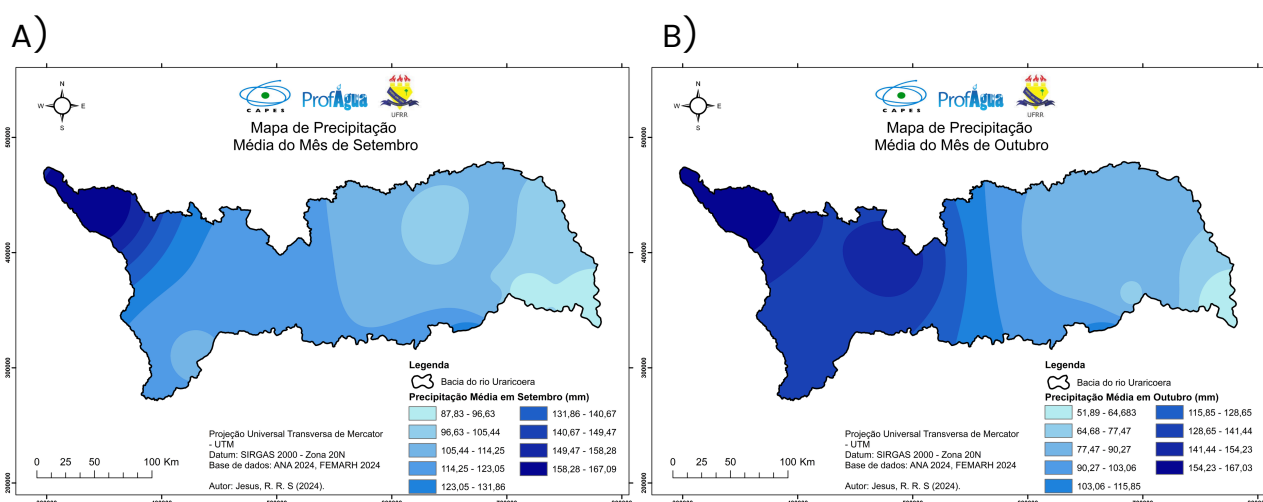


Figura 9 – Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) setembro; e B) outubro.

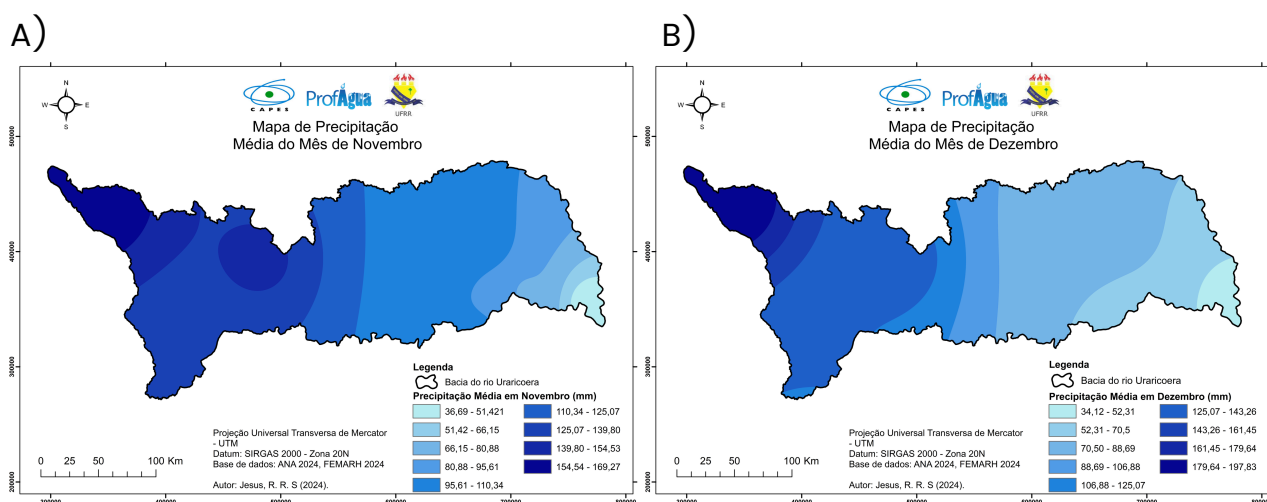


Figura 10 – Mapa de precipitação média mensal na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR, sendo: A) novembro; e B) dezembro.

Durante o período estudado, o volume de precipitação variou significativamente, indo de 23,22 mm (registrado no mês de janeiro) até 379,94 mm (em maio). As regiões a montante apresentaram os maiores volumes de precipitação nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, outubro, novembro e dezembro. Já nos meses de maio, as precipitações concentraram-se na maior parte da bacia, com valores que superam 292 mm. Em julho, o comportamento pluviométrico se intensifica na parte baixa da bacia, alcançando até 336,55 mm. Esses resultados evidenciam uma forte sazonalidade nas chuvas, com maior intensidade no primeiro semestre do ano.

3.1.1 Ano hidrológico

A definição do ano hidrológico na BHU foi baseada na análise das médias mensais históricas de precipitação, considerando o período de 1996 a 2018. Conforme observado nos dados pluviométricos, o ano hidrológico da bacia começa em abril, coincidindo com o início do período chuvoso, e se estende até março do ano seguinte, marcando o final do período seco. A concentração das chuvas ocorre principalmente entre abril e agosto, período que compreende cerca de 66% do total anual de precipitação.

A Figura 11 ilustra o comportamento sazonal da precipitação, destacando o período chuvoso e o período seco.

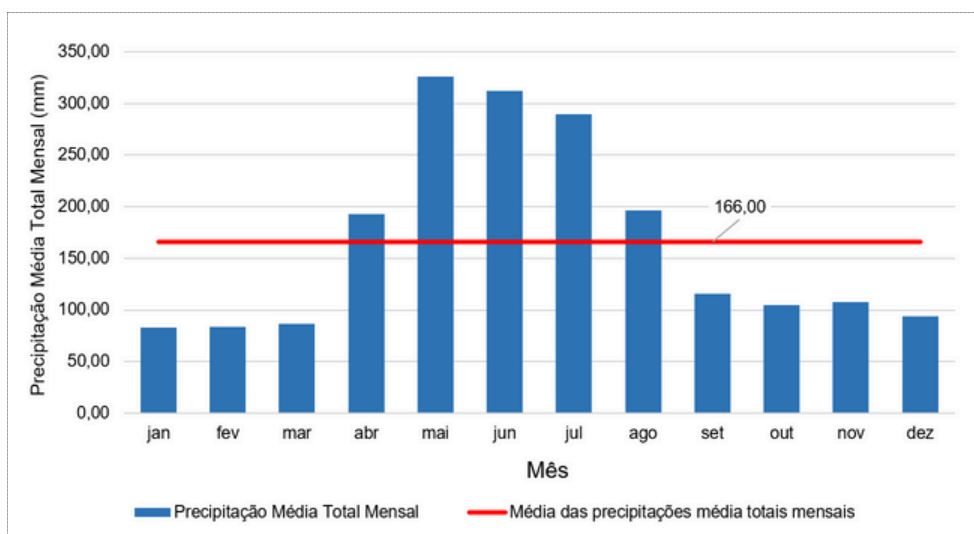
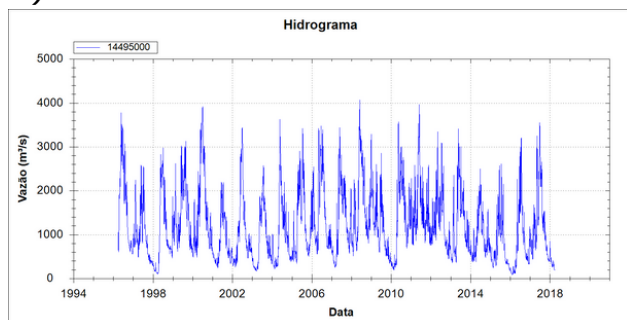


Figura 11 - Precipitação média mensal na Bacia do Rio Uraricoera (1996–2018), destacando o ano hidrológico.

3.2 Comportamento fluviométrico

As Figuras 12 e 13 apresentam os hidrogramas das quatro estações fluviométricas analisadas: Fazenda Cajupiranga (14495000), Fazenda Passarão (14515000), Uaicas (14488000) e Missão Auaris Jusante (14485010). Esses hidrogramas representam a variação das vazões ao longo da série histórica de 1996 a 2018.

A)



B)

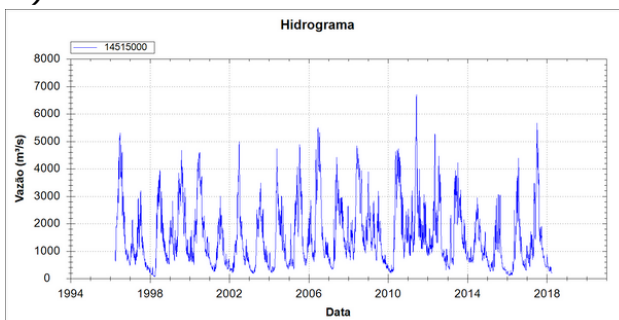


Figura 12 - Hidrograma, sendo A) Estação Fazenda Cajupiranga; e B) Estação Fazenda Passarão.

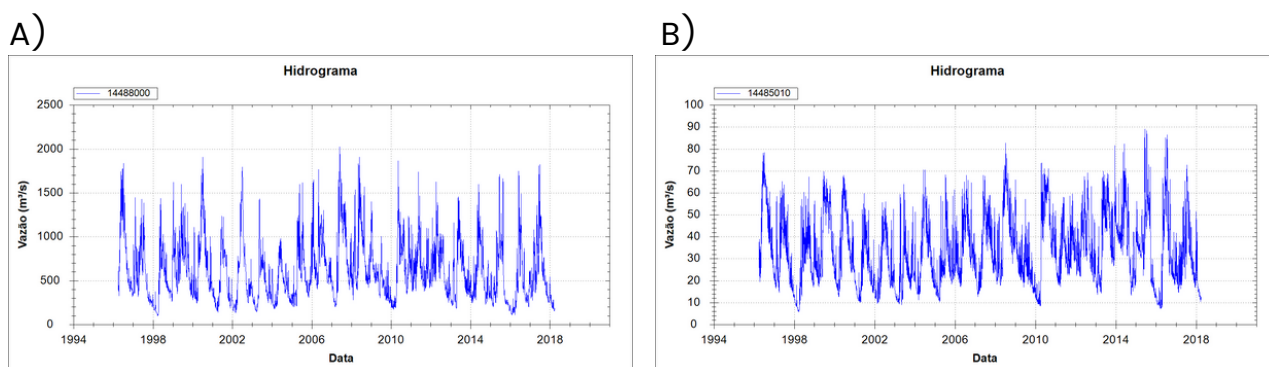


Figura 13 - Hidrograma, sendo A) Estação Uaicas; e B) Estação Missão Auaris Jusante.

As vazões médias anuais, mensais e de longa duração foram calculadas para caracterizar o regime hidrológico da BHU, proporcionando uma visão clara da variabilidade hidrológica na bacia.

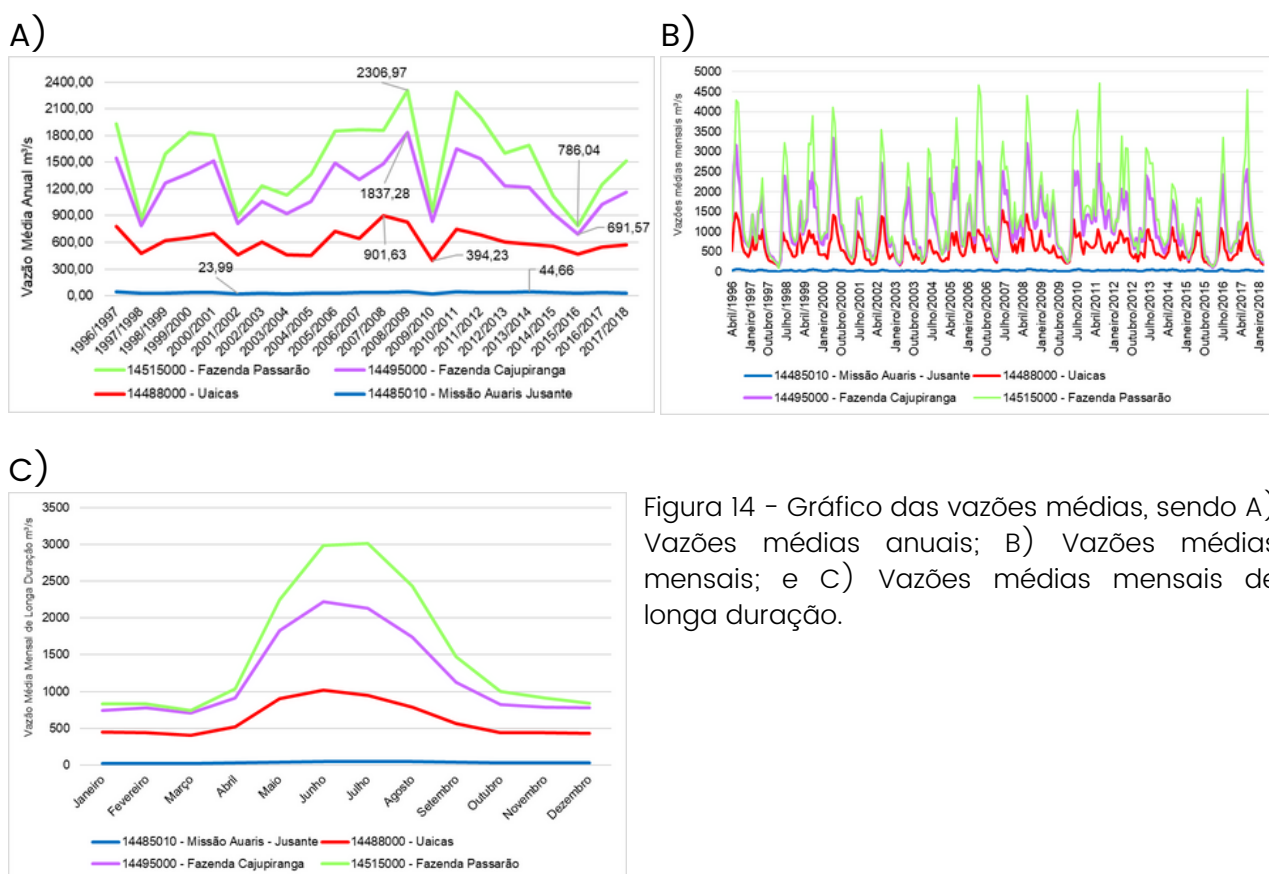


Figura 14 - Gráfico das vazões médias, sendo A) Vazões médias anuais; B) Vazões médias mensais; e C) Vazões médias mensais de longa duração.

As maiores vazões médias anuais foram registradas nas estações Fazenda Passarão e Fazenda Cajupiranga, com valores superiores a $691,57 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto a estação Missão Auaris Jusante apresentou os menores valores. Em termos de vazões médias mensais, a estação Fazenda Passarão continua a se destacar, com picos superiores a $4.000 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto Missão Auaris Jusante mantém valores inferiores a $50 \text{ m}^3/\text{s}$. A vazão média mensal de longa duração (Figura 14, C) reflete um comportamento sazonal bem marcado. Os maiores valores de vazão ocorrem entre abril e julho, correspondendo ao pico do período chuvoso.

3.3 Vazões de referência

As vazões mínimas de referência (Q7,10, Q90 e Q95) foram estimadas para as estações fluviométricas da bacia. A Figura 15 apresenta os valores das vazões de referência anuais, dos períodos chuvoso e seco, calculadas para as quatro estações analisadas, com destaque para a Estação Missão Auaris Jusante, que apresentou as menores vazões.

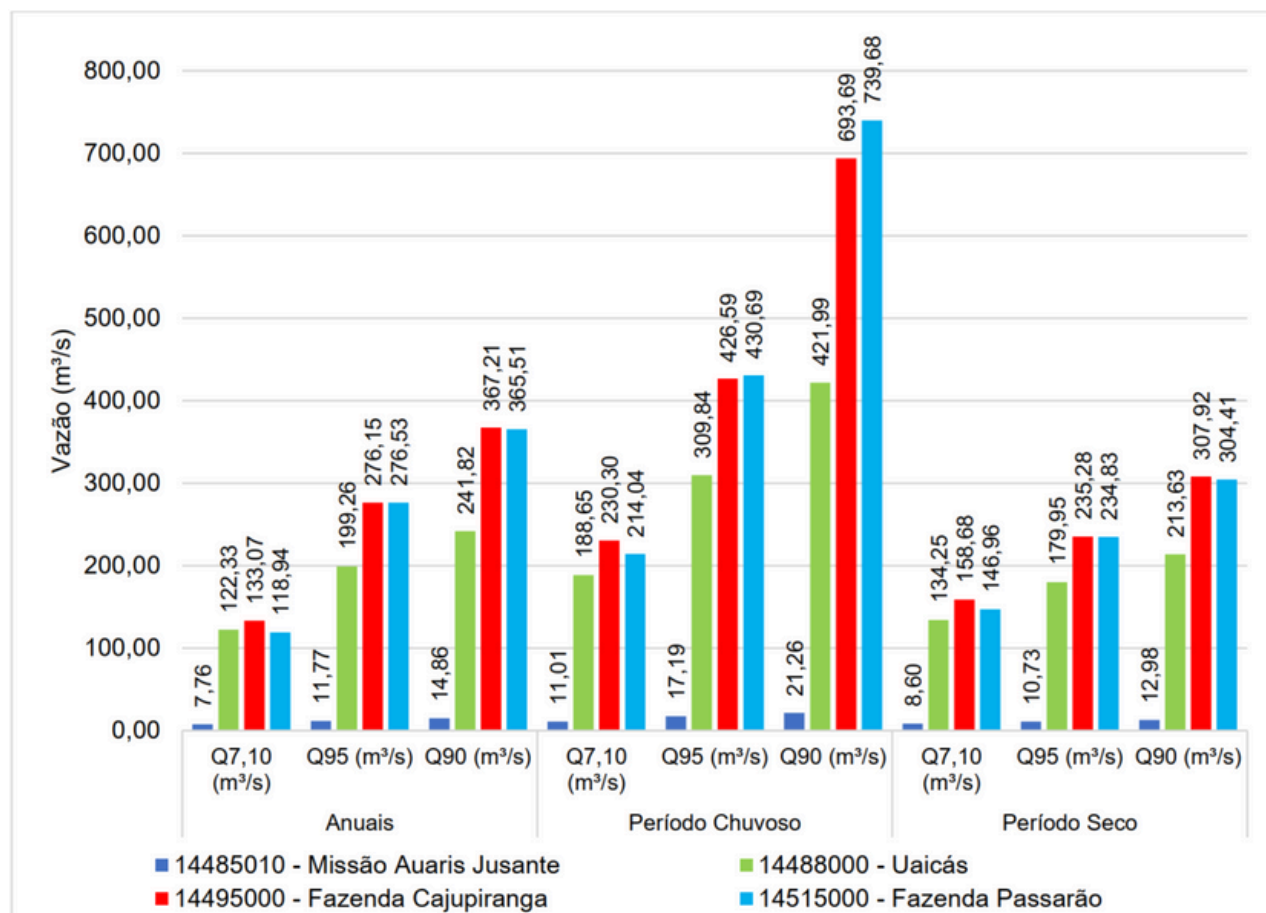


Figura 15 - Gráfico das vazões mínimas de referência Q7,10, Q95 e Q90 anuais, do período chuvoso e seco, em m³/s, na bacia do rio Uraricoera/RR.

3.4 Usuários de recursos hídricos na bacia

A análise dos usuários de recursos hídricos na bacia do rio Uraricoera revelou 717 pontos de captação superficial, dos quais 662 são classificados como uso insignificante e 55 estão associados a outorgas de uso da água. A demanda total dessas captações foi calculada em 61,7830 m³/s, sendo 99,55% desse volume referentes às vazões outorgadas (61,5045 m³/s) e 0,45% ao uso insignificante (0,2785 m³/s).

A Figura 16 abaixo ilustra a localização das captações na bacia. A concentração de captações próximas à foz do rio Uraricoera destaca a desigualdade espacial na distribuição dos pontos de captação.

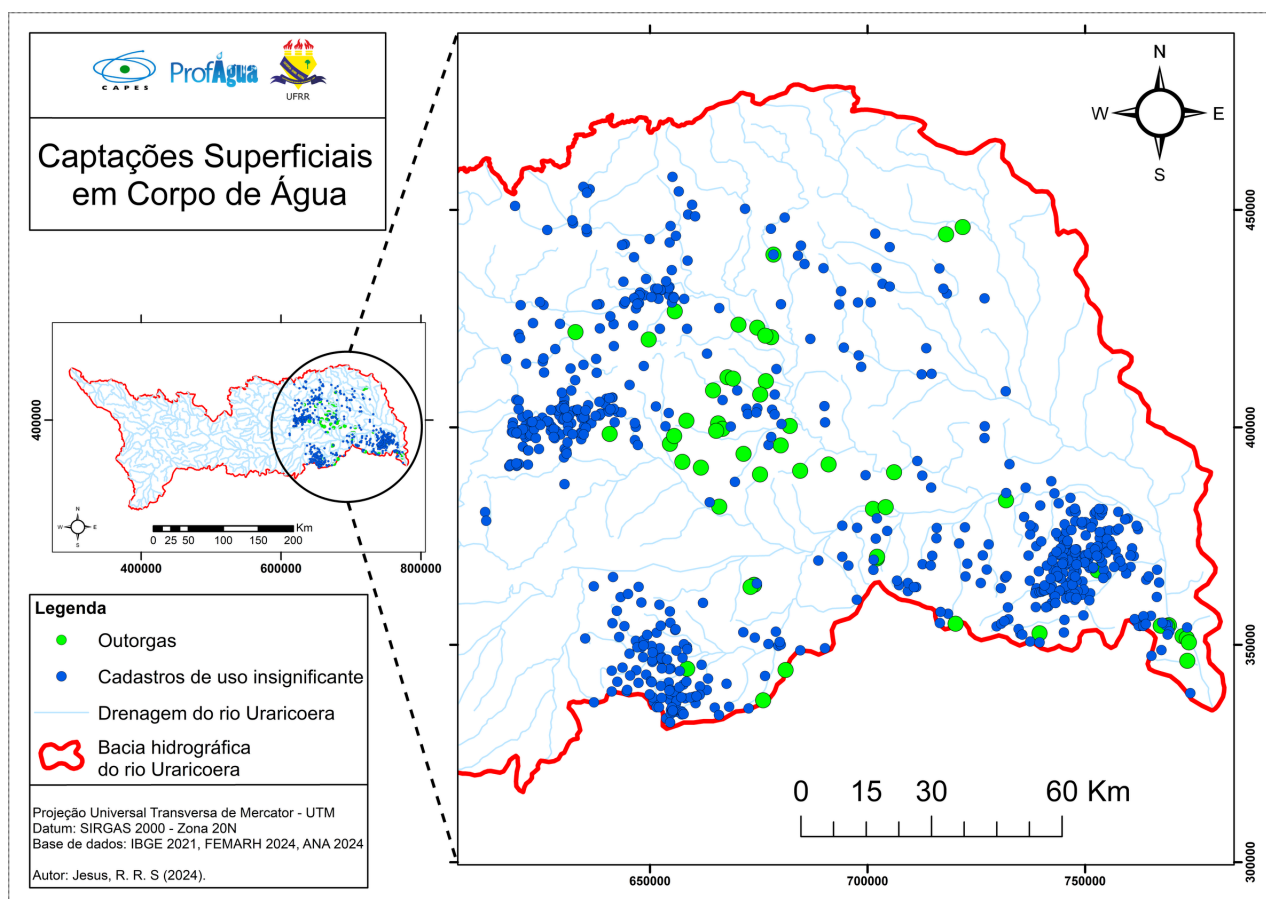


Figura 16 – Mapa de captações superficiais na bacia hidrográfica do rio Uraricoera/RR.

Os usos consultivos incluem finalidades como aquicultura, irrigação, consumo humano e criação animal. Dentre essas, a aquicultura em tanque escavado apresenta a maior demanda hídrica, correspondendo a 51,65% da demanda total da bacia, com uma vazão outorgada de 31,7130 m³/s. Em contrapartida, o uso para consumo humano apresenta uma demanda pouco expressiva, inferior a 0,01% do total. O Quadro 2 detalha a demanda hídrica por tipo de uso.

Tipo de Outorga	Tipo da Finalidade da Interferência	Quantidade	Demanda Hídrica Superficial (m³/s)
Outorgado	Aquicultura em Tanque Escavado	16	31,7130
	Criação Animal	21	0,0679
	Irrigação	14	12,2935
	Outras	4	17,4302
	Total de Pontos	55	
	Total da Demanda Hídrica Superficial (m³/s)		61,5045
Uso Insignificante	Aquicultura em Tanque Escavado	273	0,2007
	Consumo Humano	1	0,0010
	Criação Animal	321	0,0482
	Irrigação	62	0,0248
	Outras	5	0,0038
	Total de Pontos	662	
Total da Demanda Hídrica Superficial (m³/s)			0,2785
Demanda Hídrica Superficial Total (m³/s)			61,7830

Quadro 2 – Demanda hídrica superficial por uso consultivo na bacia do rio Uraricoera/RR.

Apesar dos dados analisados, é importante destacar que a demanda hídrica real pode ser maior do que a registrada, considerando que podem existir usuários captando água sem a devida outorga ou sem registro de uso insignificante, o que caracteriza uso irregular dos recursos hídricos.

3.6 Análise da Relação entre Demanda e Disponibilidade Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Uraricoera/RR

A análise entre a demanda hídrica dos usuários da BHU e a disponibilidade hídrica superficial revelou importantes informações para o gerenciamento dos recursos hídricos. Essa avaliação foi realizada na estação fluviométrica localizada mais a jusante da bacia, considerando diferentes vazões de referência (Q7,10, Q90 e Q95). A Figura 17 apresenta a localização da estação utilizada para a avaliação.

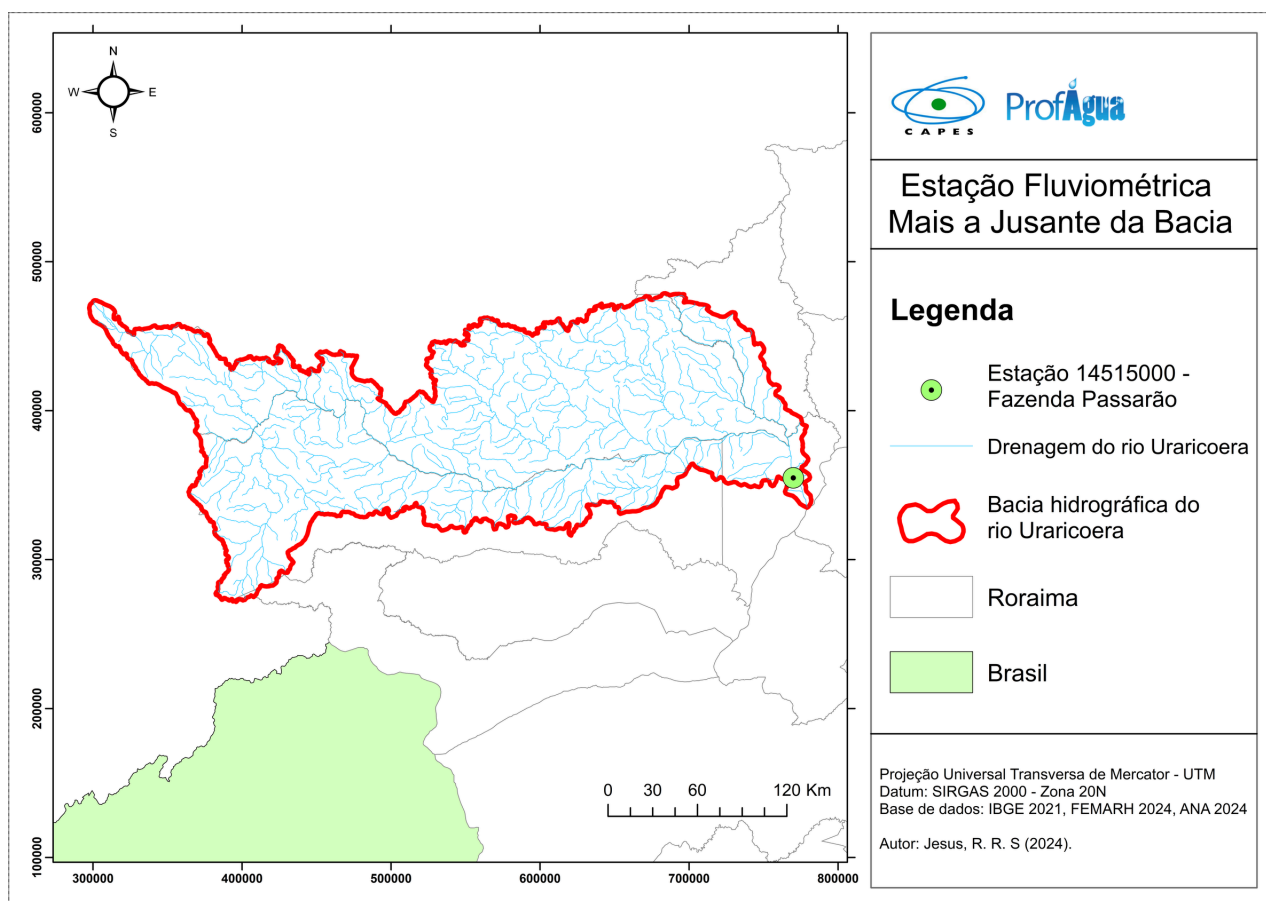


Figura 17 - Mapa da estação fluviométrica utilizada para a análise da disponibilidade hídrica na bacia.

O Quadro 3 apresenta as vazões de referência utilizadas para avaliar a disponibilidade hídrica na estação fluviométrica localizada mais a jusante da bacia.

Estação Fluviométrica	Anuais			Período Chuvoso			Período Seco		
14515000	Q7,10 (m³/s)	Q95 (m³/s)	Q90 (m³/s)	Q7,10 (m³/s)	Q95 (m³/s)	Q90 (m³/s)	Q7,10 (m³/s)	Q95 (m³/s)	Q90 (m³/s)
	118,94	276,53	365,51	214,04	430,69	739,68	146,96	234,83	304,41
	50% da Q7,10 (m³/s)	70% da Q95 (m³/s)	50% da Q90 (m³/s)	50% da Q7,10 (m³/s)	70% da Q95 (m³/s)	50% da Q90 (m³/s)	50% da Q7,10 (m³/s)	70% da Q95 (m³/s)	50% da Q90 (m³/s)
	59,47	193,57	182,76	107,02	301,49	369,84	73,48	164,38	152,21

Quadro 3 - Vazões de referência da estação fluviométrica utilizada para a análise da disponibilidade hídrica na bacia.

3.6.1 Balanço Hídrico Anual

A partir do Quadro 4, observamos que, ao considerar a vazão específica Q90, a bacia dispõe de 303,73 m³/s de água, o que representa uma redução de apenas 17% da disponibilidade hídrica total e um Índice de Comprometimento Hídrico (ICH) inferior a 50%, caracterizando uma situação de disponibilidade hídrica.

No entanto, a análise da vazão 50% da Q7,10 revela um cenário de maior estresse hídrico, com o ICH ultrapassando 100% e um déficit de 2,31 m³/s, indicando que, neste caso, a demanda supera a oferta disponível.

Vazão Específica Anual (m³/s)		Demanda (m³/s)	Vazão de disponibilidade hídrica (Q _{DH}) (m³/s)	Indicador de comprometimento hídrico (ICH) (%)
Q7,10	118,94	61,783	57,16	52%
Q95	276,53	61,783	214,75	22%
Q90	365,51	61,783	303,73	17%
50% da Q7,10	59,47	61,783	-2,31	104%
70% da Q95	193,57	61,783	131,79	32%
50% da Q90	182,76	61,783	120,97	34%

Legenda:

	Disponibilidade
	Estado de atenção
	Indisponibilidade

Quadro 4 - Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões específicas anuais.

3.6.2 Balanço Hídrico no Período Chuvoso

Durante o período chuvoso, o Quadro 5 mostra que a vazão específica Q90 continua sendo a mais elevada, atingindo 677,90 m³/s, com uma redução de apenas 8% na disponibilidade hídrica.

As demais vazões, como Q95 e 50% da Q90, também apresentam ICH menor que 50%, o que indica que a disponibilidade de água nesse período é suficiente para atender à demanda. Por outro lado, 50% da Q7,10 apresenta uma disponibilidade de 45,24 m³/s e uma redução de 58%, caracterizando uma situação de alerta para o ICH.

Vazão Período Chuvoso (m³/s)		Demanda (m³/s)	Vazão de disponibilidade hídrica (Q _{DH}) (m³/s)	Indicador de comprometimento hídrico (ICH) (%)
Q7,10	214,04	61,783	152,26	29%
Q95	430,69	61,783	368,91	14%
Q90	739,68	61,783	677,90	8%
50% da Q7,10	107,02	61,783	45,24	58%
70% da Q95	301,49	61,783	239,70	20%
50% da Q90	369,84	61,783	308,06	17%

Legenda:

	Disponibilidade
	Estado de atenção
	Indisponibilidade

Quadro 5 – Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões no período chuvoso.

3.6.3 Balanço Hídrico no Período Seco

Durante o período seco, conforme o Quadro 6, o cenário é mais crítico. A vazão específica Q90 continua favorável com 242,63 m³/s, mas há uma redução de 20% na disponibilidade hídrica.

Vazão Período Seco (m³/s)		Demanda (m³/s)	Vazão de disponibilidade hídrica (Q _{DH}) (m³/s)	Indicador de comprometimento hídrico (ICH) (%)
Q7,10	146,96	61,783	85,18	42%
Q95	234,83	61,783	173,04	26%
Q90	304,41	61,783	242,63	20%
50% da Q7,10	73,48	61,783	11,70	84%
70% da Q95	164,38	61,783	102,60	38%
50% da Q90	152,21	61,783	90,42	41%

Legenda:

	Disponibilidade
	Estado de atenção
	Indisponibilidade

Quadro 6 – Balanço entre oferta e demanda hídrica para as vazões no período seco.

Ao considerar 50% da Q7,10, a situação se agrava, com a vazão disponível caindo para 11,70 m³/s, o que representa uma redução de 84% e coloca o ICH em estado de alerta.

Esses resultados são representados na Figura 18, que sintetiza a disponibilidade hídrica considerando diferentes períodos e vazões específicas, destacando a importância de múltiplos parâmetros para garantir a sustentabilidade da gestão hídrica da bacia.

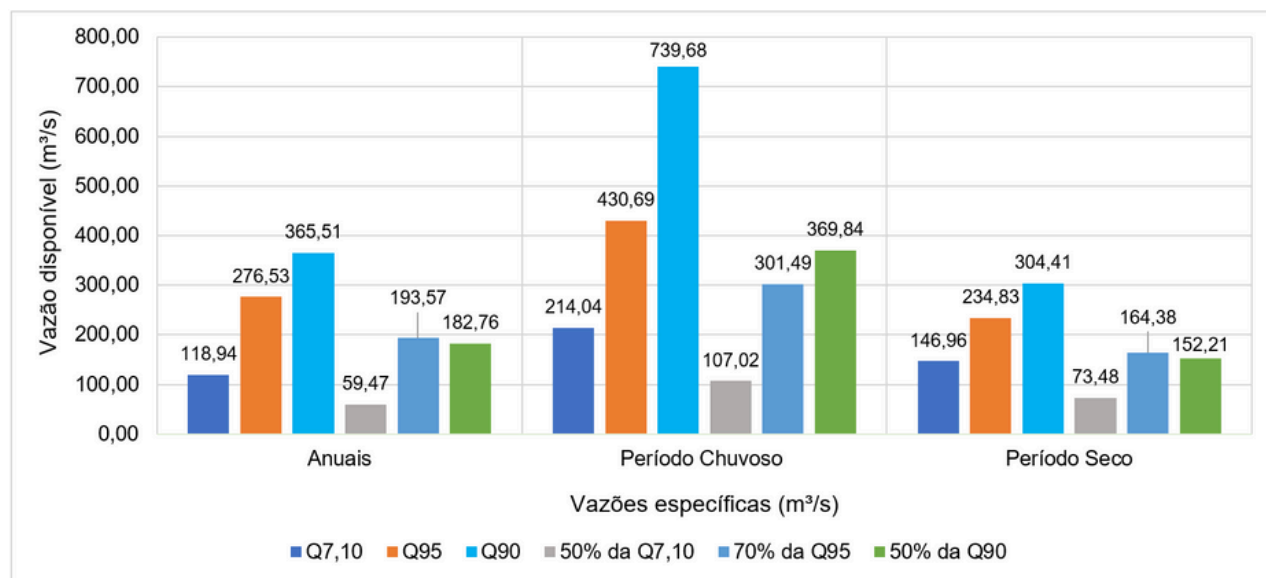


Figura 18 - Gráfico da vazão disponível considerando os períodos e as vazões específicas correspondentes.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados desta Nota Técnica evidenciam a complexidade da gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Uraricoera em Roraima. As análises indicaram que a bacia apresenta variações significativas na disponibilidade hídrica, influenciadas por fatores sazonais e pela distribuição das captações de água.

As maiores precipitações foram registradas nas áreas a montante, enquanto a concentração de captações ocorre predominantemente próximo à foz do rio, o que pode gerar um desequilíbrio na alocação de recursos hídricos.

A análise das vazões mínimas e de referência revelou que a vazão Q90 oferece a maior disponibilidade hídrica com um Índice de Comprometimento Hídrico (ICH) abaixo de 50%, indicando condições favoráveis para a gestão. Contudo, cenários mais restritivos, como a adoção de 50% da Q7,10, mostraram situações de indisponibilidade hídrica, com um ICH superior a 100%, ressaltando os desafios de gestão durante períodos de seca ou alta demanda.

O estudo destaca a necessidade de considerar múltiplos parâmetros de vazão de referência para garantir uma gestão equilibrada e sustentável dos recursos hídricos, levando em conta a sazonalidade e a variabilidade espacial das precipitações e vazões ao longo da bacia. As figuras e mapas elaborados nesta nota técnica podem ser consultadas neste [link](#).

4.1 Recomendações

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se as seguintes ações para a gestão dos recursos hídricos na Bacia do Rio Uraricoera:

- **Implementação de Estratégias de Gestão Adaptativas:** Desenvolver estratégias de gestão que considerem a sazonalidade da bacia, especialmente para períodos de estiagem, de modo a garantir o equilíbrio entre oferta e demanda hídrica.
- **Revisão dos Critérios de Outorga:** Sugere-se uma revisão dos critérios de outorga para captações, priorizando a distribuição equilibrada ao longo da bacia e adotando múltiplos parâmetros de vazão de referência para diferentes contextos sazonais e espaciais.
- **Incentivo à Pesquisa e Estudos Complementares:** Incentivar a realização de pesquisas e estudos complementares para aprofundar o conhecimento sobre a dinâmica hidrológica da bacia, incluindo a análise de impactos das mudanças climáticas e do uso do solo na disponibilidade hídrica.

Estas recomendações buscam contribuir para uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos da BHU, garantindo a preservação desse importante recurso para as atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Hidro 1.4. 2018. Disponível em: < <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download>>.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. HidroWeb: Sistema de Informações Hidrológicas. 2015b. Disponível em: < <http://hidroweb.ana.gov.br>>.

GRUPO DE PESQUISA DE HIDROLOGIA DE GRANDE ESCALA. Super Manejo de Dados 2.1. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: < <https://www.ufrgs.br/hge/modelos-eoutros-produtos/softwares-de-manejo-e-visualizacao-de-dados-hidrologicos/supermanejo-de-dados-2-0-2018/>>.

SISCAH 1.0: Sistema Computacional para Análise Hidrológicas. Versão 1.0. Desenvolvido por: Heber Tormentino de Sousa, Fernando Falco Pruski, Luiz 88

Henrique Nobre Bof, Paulo R. Ceccon, José Rui Castro de Sousa. Viçosa: Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH), 2009. Disponível em: < <https://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>>.

RECONHECIMENTOS

Elaboração

- Ruan Ricardo Silva de Jesus
- Pedro Alves da Silva Filho

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.