



# **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO - PPGESA**

**DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA  
SUPERFICIAL DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO CAPIM -  
BHRC COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À DECISÃO  
PARA OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS**

DISCENTE: IRLANE QUARESMA DA SILVA

ORIENTADOR(A): PROF(A).DR(A). LUIZA C. GIRAD M. TEIXEIRA

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**



**BELÉM (2024)**



IRLANE QUARESMA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL DA BACIA  
HIDROGRÁFICA RIO CAPIM – BHRC COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À  
DECISÃO PARA OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS**

BELÉM  
2024

IRLANE QUARESMA DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL DA BACIA  
HIDROGRÁFICA RIO CAPIM – BHRC COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À  
DECISÃO PARA OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Pará (PPGESA-UFPA), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Linha de Pesquisa: Planejamento, Monitoramento, Operação e Controle de Sistemas de Saneamento.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira

**BELÉM**  
2024



IRLANE QUARESMA DA SILVA

DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL DA BACIA  
HIDROGRÁFICA RIO CAPIM – BHRC COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À  
DECISÃO PARA OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação de Mestrado Profissional em Engenharia Sanitária e Ambiental do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira

Data de aprovação: 05 / 07 / 2024

Conceito: Aprovado

**Banca Examinadora**

Documento assinado digitalmente  
 LUIZA CARLA GIRARD MENDES TEIXEIRA  
Data: 20/08/2024 10:10:33-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Profa. Dra. LUIZA CARLA GIRARD MENDES TEIXEIRA – Orientadora  
PPGESA/ITEC/UFP  
Presidente da Banca Examinadora

---

Prof. Dr. FRANCISCO CARLOS LIRA PESSOA  
PPGEC/ITEC/UFP  
Membro Externo

Documento assinado digitalmente  
 LINDEMBERG LIMA FERNANDES  
Data: 20/08/2024 19:58:43-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. LINDEMBERG LIMA FERNANDES  
PPGESA/ITEC/UFP  
Membro Interno

Documento assinado digitalmente  
 RAFAEL ESTUMANO LEAL  
Data: 20/08/2024 08:38:29-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Msc. RAFAEL ESTUMANO LEAL  
SEMAS  
Membro Externo



Dedico este trabalho à memória de minha  
irmã Ione Quaresma da Silva Rodrigues.  
Saudades eternas!



## AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo.

A minha mãe, Sebastiana Quarta Quaresma que lutou arduamente ao longo da sua vida, para oferecer à suas filhas a oportunidade de terem acesso à educação, estimulando o gosto pelo estudo e pelo conhecimento. Exemplo de força e coragem.

Às minhas amadas irmãs, Ivonete e Ione (in memoriam) que sempre estiveram presentes ao meu lado em todos os momentos me dando força para lutar pelos meus ideais de vida e nunca desistir diante das quedas e dos obstáculos. Obrigada por serem, além de irmãs, minhas melhores amigas.

Ao meu amado esposo, Patrício Leal. Obrigada por ter segurado a minha mão nos momentos mais felizes e também nos mais difíceis, por nunca ter deixado de acreditar e por me ajudar, todos os dias, a realizar os sonhos que compartilhamos.

Aos sobrinhos, Júlia, Isabela, João Pedro e Pietra, que preenchem a minha vida desde as suas chegadas, amo vocês infinitamente.

À minha querida madrinha, Sebastiana Sexta Quaresma que amparou minha família sempre. Que por muitas vezes foi mãe, pai e amiga. Exemplo de determinação e bravura.

À minha orientadora, professora Dra. Luiza Girard, a quem tenho muita admiração, obrigada pela paciência e todo apoio prestado. Obrigada por ter acreditado que eu conseguiria chegar até aqui, mediante todas as dificuldades ao longo do caminho.

Ao Rafael Leal, que teve papel fundamental nesse trabalho, agradeço pelas contribuições que tanto ajudaram na elaboração da metodologia, assim como na análise dos resultados. Obrigada, pelo esforço feito para ajudar na concretização deste trabalho.

Agradeço também aos amigos: Eliane, Fábio, Jean, Lorena, Lúcio, Priscila e Vanessa. A amiga Ana Laura, pela ajuda e contribuições à presente pesquisa.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (PPGESA) que contribuíram para o meu crescimento profissional e pelo suporte para a realização desse sonho.

Agradeço a todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho. Muito obrigada!



## RESUMO

Este trabalho aborda a necessidade de monitorar o balanço hídrico quantitativo na Bacia Hidrográfica do Rio Capim (BHRC), no Pará, devido à variabilidade das precipitações ao longo do ano e à escassez de água em algumas áreas durante os períodos de estiagem. O objetivo geral é determinar a disponibilidade hídrica da BHRC a partir da regularização dos usuários de água (outorgas emitidas e em vigor) como subsídio ao ordenamento e eficiência na gestão dos recursos hídricos. Para alcançar esse objetivo, o estudo foi realizado em cinco etapas: revisão bibliográfica, levantamento dos dados das interferências hídricas outorgadas, organização dos dados vetoriais de ottobacias e de disponibilidade hídrica superficial, processamento dos dados e realização do balanço hídrico quantitativo. Os resultados revelaram que alguns municípios possuem um número significativamente maior de outorgas concedidas, como Paragominas (29,5%), Dom Eliseu (25%) e Ipixuna do Pará (17,5%), totalizando 72% do total de outorgas emitidas. A água superficial outorgada na BHRC é utilizada para diversas finalidades, sendo a irrigação a mais preponderante, correspondendo a 79% do volume total captado. Outras finalidades incluem extração mineral e uso industrial, somando 18% do volume total captado. Foi identificado que 180 ottobacias são diretamente impactadas pelas retiradas de água outorgadas, enquanto 3.081 são impactadas indiretamente a jusante, totalizando 3.181 ottobacias impactadas em toda a bacia. O rio Surubiju e seus afluentes apresentam o maior impacto, com 89 trechos diretamente impactados e uma vazão retirada de 206.355,73 m<sup>3</sup>/dia. Esses achados destacam a necessidade de um monitoramento contínuo e detalhado para assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos na BHRC e servem como uma ferramenta crucial para a tomada de decisão na outorga de recursos hídricos no Estado do Pará.

**Palavra-chave:** recursos hídricos, outorga, disponibilidade hídrica, balanço hídrico



## ABSTRACT

The dissertation addresses the need to monitor the quantitative water balance in the Rio Capim Watershed (BHRC), Pará, Brazil, due to the variability of precipitation throughout the year and water scarcity in some areas during dry periods. The general objective is to determine the water availability of BHRC based on the regularization of water users (issued and active water permits) as a subsidy for water resource management efficiency. To achieve this objective, the study was conducted in five stages: literature review, data collection of granted water interferences, organization of vector data for ottobasins and surface water availability from the Ottocodified Hydrographic Database of Pará (BHO/PA), data processing, and quantitative water balance assessment. Results revealed that certain municipalities have significantly more granted water permits than others, such as Paragominas (29.5%), Dom Eliseu (25%), and Ipixuna do Pará (17.5%), totaling 72% of all issued permits. Surface water in BHRC is utilized for various purposes, with irrigation being predominant, accounting for 79% of the total captured volume. Other significant uses include mineral extraction and industrial purposes, totaling 18% of the captured volume. It was identified that 180 ottobasins are directly impacted by granted water withdrawals, while 3,081 ottobasins are indirectly impacted downstream, totaling 3,181 impacted ottobasins throughout the watershed. The Surubiju River and its tributaries show the highest impact, with 89 directly impacted segments and a withdrawal flow of 206,355.73 cubic meters per day. These findings underscore the need for continuous and detailed monitoring to ensure water resource sustainability in BHRC and serve as a critical tool for decision-making in water resource allocation in Pará State.

**Keywords:** water resources, granting, water availability., hydric balance.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Os instrumentos utilizados no processo de gestão de recursos hídricos.	41
Figura 2 – Esquema das etapas metodológicas da pesquisa.	49
Figura 3 – Localização da bacia hidrográfica do rio Capim	50
Figura 4 – Localização da BHRC, segundo a divisão hidrográfica estadual.	50
Figura 5 – Trechos de drenagem (esquerda) e ottobacias/sub-bacias (direita) da BHRC.	52
Figura 6 – Trechos de drenagem (esquerda) e ottobacias/sub-bacias (direita) da BHRC.	52
Figura 7 – Faixas de classificação da situação hídrica	57
Figura 8 – Mapa de pontos outorgados por município na BHRC.	58
Figura 9 – Totais de títulos autorizativos emitidos por município na BHRC.	61
Figura 10 – Percentuais da vazão outorgada por finalidade de uso na BHRC	63
Figura 11 – Mapa da subdivisão das ottobacias no nível 3 da ottocodificação da BHRC.	64
Figura 12 – Disponibilidade hídrica superficial (vazão Q95) por trecho de drenagem da BHRC.	65
Figura 13 – Trechos (esquerda) e ottobacias (direita) diretamente impactados pelas retiradas de água outorgadas na BHRC.	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 14 – Trechos (esquerda) e ottobacias (direita) impactados pelas retiradas de água outorgadas na BHRC.	67
Figura 15 – Níveis de comprometimento hídrico (situação hídrica) dos trechos de drenagem da BHRC.	70
Figura 16 – Níveis de comprometimento hídrico (situação hídrica) das ottobacias da BHRC.	71



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Descrição dos usuários outorgados para captação superficial na BHRC.	59
Tabela 2 – Vazão outorgada por município na BHRC.	61
Tabela 3– Vazão outorgada por finalidade de uso da água outorgada na BHRC.	62
Tabela 4 – Quantitativo de trechos de drenagem da BHRC, distribuídos por intervalos de vazão Q95.	65
Tabela 5 – Quantitativo de trechos de drenagem da BHRC, distribuídos por intervalos de vazão Q95.	67
Tabela 6 –Total de vazões retiradas (usos outorgados) por sub-bacia da BHRC.	68
Tabela 7 – Níveis de comprometimento hídrico dos trechos de drenagem e ottobacias da BHRC.	69
Tabela 8 – Níveis de comprometimento hídrico dos trechos de drenagem e ottobacias da BHRC.	69



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – As atribuições e responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.	27
Quadro 2 – Marcos legais no contexto de gestão dos recursos hídricos.	38



## LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

Art. - Artigo

BHO/PA - Base Hidrográfica Ottocodificada do Estado do Pará

CERH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DDT - Dicloro-Difenil-Tricloroetano

ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PATA - Plano de Recursos Hídricos dos Afluentes

PERH - Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

SEMA/PA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Pará

SEMAS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SIG - Sistemas de Informações Geográficas

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

SRHU/MMA - Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental/Ministério do Meio Ambiente

WWDR - World Water Development Report



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS	16
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
3.1 GESTÃO DAS ÁGUAS COMO TEMÁTICA MUNDIAL	18
3.1.1 legislação e gestão de recursos hídricos no Brasil	22
3.1.2 Instrumentos da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil	26
3.1.3 Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos	34
3.2 O USO E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARÁ.	34
3.2.1 Gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará	37
3.2.2 Os instrumentos de gestão de recursos hídricos no Pará	38
3.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS	41
3.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	45
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>49</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	49
4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	53
4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS DAS INTERFERÊNCIAS HÍDRICAS OUTORGADAS	53
4.4 ORGANIZAÇÃO DE DADOS VETORIAIS	53
4.5 PROCESSAMENTO DE DADOS	55
4.6 AVALIAÇÃO DO COMPROMETIMENTO HÍDRICO	56
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>58</b>
5.1 ANÁLISE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIM	58
5.2 DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL	63
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água tem assumido uma relevância significativa nos âmbitos econômico, político, social e ambiental, sendo frequentemente objeto de discussões acadêmicas e políticas voltadas para a busca de sua utilização sustentável (Carvalho, 2019). Tal importância se fundamenta no fato de que apenas 3% da água disponível no planeta é doce, e desse montante, aproximadamente 11% encontra-se distribuído em diferentes regiões do território brasileiro (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2022).

Por conseguinte, embora o Brasil possua uma relativa abundância desse recurso em comparação a outros países, enfrenta desafios consideráveis no que diz respeito à distribuição equitativa dos recursos hídricos, resultando em disparidades entre suas diversas regiões (Da Silva *et al.*, 2021). Além disso, embora os conflitos por recursos hídricos sejam uma problemática negligenciada pelo governo federal, é necessário monitorar de perto essa questão, visto que se trata de uma problemática complexa e que envolve diferentes questões (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2022).

A região norte, que abriga a maior parcela da Amazônia brasileira, é caracterizada por um balanço hídrico qualitativo e quantitativo satisfatório na maioria das bacias hidrográficas (De Souza *et al.*, 2018). No entanto, a região norte é vista como uma área de gestão de baixa complexidade, embora não se possa negligenciar os desafios e a necessidade contínua de uma abordagem estratégica na gestão dos recursos hídricos (ANA, 2019).

A região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste abrange uma extensa faixa costeira no nordeste do Brasil, abarcando diversos estados e apresentando uma grande diversidade de ecossistemas. (Costa; Sombra; Bordalo, 2019).

Essa região enfrenta desafios significativos relacionados ao balanço hídrico e à gestão dos recursos hídricos. Na Bacia Hidrográfica Rio Capim, é necessário monitorar cuidadosamente o balanço hídrico quantitativo, pois as precipitações são variáveis ao longo do ano, e algumas áreas podem enfrentar escassez de água durante períodos de estiagem (Raiol *et al.*, 2022). Além disso, a bacia também é afetada por conflitos de uso, uma vez que a demanda por água é intensa para atividades agrícolas, industriais e para o abastecimento urbano (Tupiassu; Fadel; Gros-Désormeaux, 2019). A gestão dos recursos hídricos na região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste, no estado do Pará, enfrenta diversos desafios que afetam a disponibilidade, qualidade e sustentabilidade da água na região (Instituto Trata

Brasil, 2018).

Um dos principais desafios é a demanda crescente por água devido ao aumento da população, ao desenvolvimento urbano e industrial e às atividades agrícolas (Diniz *et al.*, 2021). Essa alta demanda exerce pressão sobre os corpos hídricos, especialmente os que se encontram em áreas urbanas, onde a concentração populacional é mais intensa. Além disso, a falta de infraestrutura atualizada (que acompanhe o crescimento populacional) para o abastecimento de água potável e o tratamento de esgoto contribuem para a degradação da qualidade da água nesta região. Desta forma, a poluição proveniente de atividades industriais, agrícolas e domésticas impacta negativamente os corpos d'água da região, comprometendo sua utilização para consumo humano, irrigação, pesca e atividades recreativas (Tozi, 2020).

Diante dessa realidade, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), conforme estabelecido na Lei Federal nº 9433/97, tem como seu objetivo central a promoção do desenvolvimento sustentável em nível regional. Ela adota a bacia hidrográfica como a unidade geográfica para a sua implementação e estabelece uma série de instrumentos de gestão de recursos hídricos, com o propósito de, entre outras metas, 'assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos' (Art. 2, Inciso I) (Brasil, 1997).

Um desses instrumentos é a outorga de direito de uso dos recursos Hídricos, que consiste na regulação os usuários de água, estabelecendo limites e condições para captação e uso, sendo essencial para promover a gestão sustentável dos recursos hídricos e garantir sua disponibilidade para as atuais e futuras gerações na região (Bandeira, 2022). Segundo a resolução nº 10/2010 do Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Pará, constituem modalidades de outorga: I - Outorga Preventiva de Uso dos Recursos Hídricos: confere ao seu titular expectativa de direito de uso de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos; II - Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos: confere ao seu titular efetivo direito de uso de recursos hídricos superficiais ou subterrâneos; III - Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica: aplicada ao processo de concessão, autorização e permissão do setor elétrico (Pará, 2010).

Surge neste cenário a importância da outorga de direitos de uso de água no contexto da disponibilidade hídrica da Bacia hidrográfica do Rio Capim no Estado do

Pará. Nesse sentido, o estudo se justifica, pois, como já mencionado, ainda há uma falta de integração e cooperação entre os diversos grupos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos (Matsushita; Granado, 2017). A coordenação entre entidades governamentais, comunidades locais, empresas e organizações da sociedade civil é fundamental para alcançar uma gestão dos recursos hídricos eficaz e sustentável (Costa; Sombra; Bordalo, 2019; Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo contribuir para o conhecimento e aprimoramento da gestão dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Capim Nordeste Paraense, por meio da disponibilidade hídrica com base nas outorgas emitidas e em vigor no Estado do Pará, fornecendo subsídios importantes para o ordenamento e a eficiência na gestão dos recursos hídricos nessa região.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Determinar a disponibilidade hídrica da Bacia hidrográfica Rio Capim - PA a partir da regularização de usuários de água (outorgas emitidas e em vigor) no Estado do Pará, como subsídio ao ordenamento e eficiência na gestão dos recursos hídricos.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Identificar as principais finalidades de uso dos recursos hídricos na Bacia hidrográfica do rio capim;
  - Analisar a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio capim com base nos dados dos usuários outorgados;
  - Identificar as áreas com comprometimento quantitativo para uso da água na bacia com dados de outorga de captação superficial.
- 

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

A organização dos tópicos da dissertação é uma etapa crucial para a compreensão abrangente da temática abordada. Ao sintetizar o conteúdo em 4 tópicos mais seus subtópicos, oferecemos aos leitores uma estrutura lógica e sequencial para a exploração do assunto.

Cada tópico foi cuidadosamente elaborado para apresentar aspectos específicos da temática, permitindo uma análise aprofundada e progressiva. Essa organização não apenas facilita a assimilação das informações, mas também proporciona uma visão clara da evolução dos conceitos e argumentos ao longo do estudo.

O primeiro tópico trata da gestão de recursos hídricos como um tema global e a importância de abordá-lo em âmbito internacional. Além disso, são apresentados os instrumentos e ferramentas utilizados no Brasil para a gestão eficiente dos recursos hídricos e discute o processo de outorga que dispõe sobre os direitos de uso da água no país.

Já no segundo expõe a gestão específica de recursos hídricos da região norte, em específico o estado do Pará, além dos instrumentos legais utilizados nesse processo de gestão hídrica.

Ademais, no terceiro tópico foi tratada apresentação de conceitos do que são bacias hidrográficas, o seu processo de codificação de bacias hidrográficas, possivelmente explicando o sistema utilizado para identificar e nomear essas bacias.

O quarto e último tópico compreende os aspectos que discorrem sobre o processo de análise do balanço hídrico da Bacia hidrográfica do Rio Capim, considerando os elementos quantitativos relacionados ao uso da água na região e como isso impacta a gestão dos recursos hídricos. Em síntese, esta organização cuidadosa deste estudo desempenha um papel crucial para guiar os leitores em uma jornada de compreensão da temática em questão.

#### 3.1 GESTÃO DAS ÁGUAS COMO TEMÁTICA MUNDIAL

A importância da gestão das águas como temática mundial tem sido amplamente reconhecida e discutida em conferências e tratados internacionais ao longo das últimas décadas. A partir da década de 1960, com a internacionalização

dos problemas ambientais, a água passou a ocupar um lugar de destaque nas discussões globais sobre sustentabilidade e preservação dos recursos naturais (Campos; Fracalanza, 2010).

Nesse contexto, em que a conservação ambiental e os recursos hídricos são preocupações globais de grande relevância, é importante mencionar o livro "Primavera Silenciosa", escrito pela cientista e escritora Rachel Carson. Publicado em 1962, o livro teve um impacto significativo ao expor os efeitos nocivos dos pesticidas, especialmente o DDT, na vida selvagem e no meio ambiente (Souza, 2021).

"Primavera Silenciosa" levantou sérias preocupações sobre os efeitos dos pesticidas no equilíbrio ecológico, destacando as consequências negativas na fauna, incluindo a diminuição dos pássaros e o silenciamento dos seus cantos. Carson descreve os efeitos da contaminação química nos ecossistemas e alerta para os perigos das práticas agrícolas intensivas e indiscriminadas (Carson, 1962).

A influência de "Primavera Silenciosa" na conscientização ambiental e na formulação de políticas de proteção ambiental foi imensa. O livro despertou um debate público sobre os riscos ambientais e levou à proibição do uso do DDT em diversos países, além de inspirar a criação de agências governamentais e regulamentações voltadas para a proteção do meio ambiente (Almeida, 2022).

As conferências ambientais desde o final da década de 1970 ganharam maior visibilidade. Durante esses encontros, discutiram temas fundamentais que incluem: a projeção da escassez de água e o acesso à água potável, impulsionando discussões sobre a importância e a gestão sustentável desses recursos vitais (Vasconcelos; Mota, 2020).

Um dos marcos iniciais nesse processo foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972. Nessa conferência, a questão da água foi abordada de forma abrangente, considerando sua importância para a vida humana, para os ecossistemas e para o desenvolvimento sustentável. Foi estabelecido o princípio de que a água e seus recursos naturais devem ser protegidos e utilizados de forma sustentável, garantindo seu acesso equitativo a todos os povos (Zeca, 2022).

Após a Conferência das Nações Unidas para a Água em 1977, conhecida como a primeira reunião especializada sobre o assunto, foi estabelecido o Plano de Ação de Mar del Plata. Esse plano apresentou metas e recomendações para lidar com questões relacionadas à qualidade, quantidade e saneamento da água (Maestri,

2015). Desde então, a temática da água tem sido debatida em várias conferências e fóruns internacionais, visando à gestão sustentável e equitativa dos recursos hídricos (Marques, 2022).

Durante o período de 1981 a 1990, foi estabelecida a Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento (Vargas, 2000). Essa iniciativa foi tomada devido ao reconhecimento de que as décadas anteriores haviam apresentado um progresso insuficiente, devido à priorização de critérios econômicos em detrimento do acesso adequado à água potável e aos serviços de saneamento. Durante essa década, foram adotadas resoluções e decisões com o objetivo de melhorar essa situação e promover o acesso universal aos recursos hídricos seguros e ao saneamento básico (Saito, 2018).

Na abordagem holística, foi promulgada a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, uma abordagem abrangente que busca a preservação de todos os recursos naturais de forma integrada e completa (Brasil, 1981). Como parte desse sistema, a Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 instituiu o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), que é gerido por órgãos municipais, estaduais e federais. Essa legislação marcou o início de um novo sistema integrado de proteção ambiental (Rosa; Guarda, 2019).

O órgão superior do SISNAMA é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que desempenha um papel fundamental na elaboração de políticas ambientais. Em 18 de junho de 1986, o CONAMA emitiu a Resolução n. 020 de junho de 1986 (posteriormente revogada pela resolução nº 357/2005) (CONAMA, 1986), inaugurando a gestão da qualidade das águas no Brasil. Essa resolução representa um marco importante na busca pela preservação e melhoria da qualidade das águas em todo o país (Barbosa, 2019).

No ano de 1992 ocorreram importantes avanços na gestão sustentável da água em nível global. Durante a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, realizada em janeiro, foi redigida a Declaração de Dublin sobre a Água e Desenvolvimento Sustentável (Bianchini; Rocha, 2020). Além disso, em 22 de março foi oficialmente estabelecido o "Dia Mundial da Água". A Declaração de Dublin enfatizou a necessidade de um compromisso dos governos com as comunidades, inclusive as menores, para promover uma gestão adequada dos recursos hídricos (Barbosa, 2019).

Após a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente, ocorreu em

junho do mesmo ano a Cúpula da Terra, também conhecida como ECO92, realizada no Rio de Janeiro. Nessa importante conferência, diversos documentos foram elaborados, incluindo a Agenda 21. Assinada por 179 países, a Agenda 21 apresentou 40 capítulos que propuseram mudanças e objetivos de desenvolvimento sustentável para o século XXI (Kniess *et al.*, 2022).

Dentre os capítulos, o 18º foi especialmente dedicado à proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos. Esse capítulo abrange sete áreas de programas, que estabelecem objetivos, ações, propostas de atividades e meios de implementação. Em pelo menos cinco dessas áreas de programas, são abordadas questões fundamentais relacionadas à importância da disseminação de conhecimentos técnicos e capacitação da comunidade (Barbosa, 2019).

Após a Conferência do Rio de Janeiro em 1992, outro importante marco impulsionado pelas Nações Unidas, com ênfase na questão da água, ocorreu em 2000 durante a Cúpula do Milênio (De Freitas; Yoshida; Da Silva Junior, 2022). Nesse evento, foram estabelecidos os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que incluíam a promessa de reduzir pela metade a proporção de pessoas sem acesso à água potável ou com dificuldades para obtê-la. Essa meta refletia o compromisso global em melhorar o acesso à água como parte dos esforços para promover o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza (Ferreira, 2022).

O ano de 2003 foi proclamado o Ano Internacional da Água Doce, o que representou um marco significativo para a conscientização global sobre a importância desse recurso vital. Nesse mesmo ano, também foi lançado o primeiro Relatório Mundial de Desenvolvimento da Água (WWDR - World Water Development Report), que apresentou um panorama preocupante da situação mundial (Garcia; Cruz, 2019). O relatório revelou que 1,1 bilhão de pessoas ainda não tinham acesso à água potável, enquanto 40% da população global não tinha acesso a saneamento básico adequado. Além disso, o relatório previa que, se os padrões de consumo continuassem inalterados, duas em cada três pessoas estariam enfrentando condições de estresse hídrico até 2015 (Barbosa, 2019). Esses dados alarmantes ressaltaram a necessidade urgente de ações e políticas voltadas para a gestão sustentável dos recursos hídricos em todo o mundo (Water, 2020).

Após o ano de 2015, com base nas experiências das cúpulas anteriores, houve uma revisão e reavaliação das metas dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Foi estabelecida uma nova agenda para 2030, conhecida como Objetivos de

Desenvolvimento Sustentável (ODS), que propõe uma ação coordenada entre governos, empresas, academias e sociedade civil. No âmbito dos ODS, a água potável e saneamento foram alocados no ODS 6 (Garcia; Cruz, 2019; Simão Seixas *et al.*, 2020).

Dentre as metas estabelecidas para o ODS 6, destaca-se o apoio e fortalecimento da participação das comunidades locais para melhorar a gestão da água e do saneamento. Além disso, o ODS 16 aborda a meta de garantir a tomada de decisão responsiva, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis, visando promover o desenvolvimento sustentável, proporcionar acesso à justiça e construir instituições eficazes (ONU, 2020; Winckler *et al.*, 2022).

Essas metas refletem a importância de uma abordagem integrada e participativa na gestão dos recursos hídricos, reconhecendo a necessidade de envolver diversos atores e promover a inclusão nas tomadas de decisão relacionadas à água e ao saneamento (Maia, 2022). A implementação dessas metas busca assegurar o acesso universal a serviços de água potável e saneamento adequados, bem como promover práticas sustentáveis de gestão dos recursos hídricos para garantir um futuro mais justo e sustentável para todos (Bianchini; Rocha, 2020).

Ao longo dessas conferências, a compreensão da escassez de água como um desafio global tem se fortalecido, levando à conscientização sobre a necessidade de ações coletivas para proteger e garantir o acesso à água potável para todos. A escassez relativa de recursos hídricos tem sido reconhecida como uma preocupação urgente, uma vez que a demanda por água aumenta devido ao crescimento populacional, à industrialização e às mudanças climáticas (Macopa; Hogueane, 2022).

Por sua vez, tem sido amplamente debatida em âmbito global, ao longo de várias décadas, a relevância da eficácia da governança da gestão de água e dos recursos hídricos, assim como a expansão da governança nas políticas públicas em geral (Vasconcelos; Mota, 2020).

É notável que o princípio do envolvimento participativo na gestão dos recursos hídricos é consistentemente mencionado em todos os documentos de outorga elaborados como um dos pilares fundamentais (Abers; Jorge, 2005; Rosa; Guarda, 2019). Além disso, é possível perceber que a política de recursos hídricos no Brasil está sendo desenvolvida à luz das discussões apresentadas, levando em consideração as particularidades sociais, culturais, ambientais e, principalmente, políticas que estão presentes (De Freitas; Yoshida; Da Silva Junior, 2022).

### **3.1.1 legislação e gestão de recursos hídricos no Brasil**

A preocupação com o meio ambiente no país não é um fenômeno recente. Já nos tempos do Brasil Colônia, foram estabelecidas as Ordenações Portuguesas (Ordenações Manuelinas e Afonsinas) como o primeiro código europeu a tratar das relações do homem com o meio ambiente. Essas ordenações vigoraram até a promulgação do Código Civil em 1916 (Rosa; Guarda, 2019).

Em um momento posterior, inspirado pela Constituição alemã de Weimar, foi promulgada em 1934 a primeira legislação no país para regulamentar o uso da água, conhecida como Código das Águas (Pinheiro, 2017). Em 10 de julho de 1934, o Código de Águas foi promulgado por meio do Decreto nº 10.643, apresentando uma estrutura composta por três livros principais: "Águas em Geral e sua Propriedade", "Aproveitamento das Águas" e "Forças Hidráulicas e Regulamentação da Indústria Hidroelétrica" (Brasil, 1934).

Esse código foi pioneiro em seu tempo e serviu de referência para o desenvolvimento de diversas legislações ao redor do mundo, inclusive em outros países. Uma das suas principais características é a previsão da cobrança pelo uso dos recursos hídricos públicos, estabelecendo o princípio do poluidor-pagador. Isso significa que aqueles que causarem danos ou prejuízos às águas serão responsabilizados criminalmente de acordo com as leis vigentes (Soares; Miranda; Mourão, 2022).

Essa legislação trouxe uma abordagem avançada para a administração dos recursos hídricos, reconhecendo a necessidade de proteção e gestão adequada desses recursos naturais preciosos. Com suas diretrizes, o Código de Águas contribuiu para o estabelecimento de um marco legal que visa equilibrar a utilização dos recursos hídricos com a preservação ambiental, garantindo a sustentabilidade e a gestão responsável desses bens essenciais para a sociedade (Rosa; Guarda, 2019). Ao longo dessa trajetória, fica evidente que os interesses relacionados à utilização dos recursos hídricos já revelavam a complexidade da administração desse importante recurso natural (De Souza; Pertel, 2020).

Um marco significativo foi estabelecido com a definição da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981) (Brasil, 1981), que teve como objetivo garantir a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. Essa política trouxe consigo a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA)

e a consolidação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Gurgel, 2023).

No entanto, foi com a promulgação da Constituição Federal de 1988 que ocorreu um avanço decisivo na formulação da nova política ambiental. O artigo 21, item XIX, previa a instituição de um Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, reconhecendo a importância estratégica da água e sua gestão adequada como um fator essencial para o desenvolvimento sustentável (Brasil, 1988).

Esses marcos legais e institucionais refletem a conscientização cada vez maior sobre a importância da proteção ambiental e da gestão responsável dos recursos naturais, especialmente da água. Eles estabeleceram bases sólidas para a implementação de políticas e programas voltados para a preservação e recuperação dos ecossistemas, promovendo um equilíbrio entre o desenvolvimento socioeconômico e a conservação ambiental (Amore, 2022).

A Lei nº 9.433, promulgada em 8 de janeiro de 1997, ficou conhecida como "Lei das Águas" devido à sua relevância na regulamentação dos recursos hídricos no Brasil (Da Silva Junior *et al.*, 2022). Essa lei estabelece a Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes e princípios para a gestão adequada e sustentável dos recursos hídricos no país (Maia, 2022). Além disso, a Lei das Águas define infrações e penalidades relacionadas ao uso inadequado dos recursos hídricos, visando a proteção e conservação desses recursos essenciais. Com o objetivo de coordenar e promover a implementação da política nacional de recursos hídricos, a lei também cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SINGERH), um conjunto de órgãos e entidades responsáveis pela gestão e fiscalização dos recursos hídricos em nível nacional (Marques, 2022).

A Lei estabeleceu os Comitês de Bacias Hidrográficas como órgãos colegiados essenciais para a implementação de um sistema eficiente de gestão dos recursos hídricos. Esses comitês têm um papel consultivo e deliberativo, promovendo a participação ativa dos diversos setores envolvidos, como representantes do poder público, usuários de água, organizações da sociedade civil e demais interessados (DE Souza; Pertel, 2020). Através do diálogo e da colaboração entre esses atores, busca-se alcançar um equilíbrio na gestão dos recursos hídricos, considerando aspectos ambientais, sociais e econômicos (Luna; Viana, 2019).

Essa abordagem de gestão descentralizada e participativa, baseada nos Comitês de Bacias Hidrográficas, proporciona uma melhor compreensão das necessidades e desafios específicos de cada região, permitindo a tomada de decisões

mais adequadas e sustentáveis em relação ao uso e conservação da água. É um modelo que incentiva a cooperação e a responsabilidade compartilhada, fortalecendo a governança dos recursos hídricos e contribuindo para a construção de um sistema de gestão hídrica eficiente e equitativo (Vasconcelos; Mota, 2020).

De acordo com o estabelecido na legislação da Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), é necessário haver uma articulação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão do uso do solo. Portanto, é essencial que os controles relacionados ao uso e ocupação de uma bacia hidrográfica sejam regulamentados de forma a garantir a proteção dos recursos hídricos presentes nela (Pasqualetto *et al.*, 2022).

Segundo os autores Vasconcelos e Mota (2020) expõem:

“As normas de proteção às florestas e recursos hídricos no Brasil são fundamentadas na Lei nº 4 de 1965, que passou por atualizações com base na Lei nº 7.803 de 1989 e na Medida Provisória nº 2.166-67 de 2001, que são responsáveis pelo atual Código Floresta”

Por sua vez, na concepção de Oliveira e De Oliveira (2022), discorrem que as legislações mencionadas anteriormente possuem o objetivo de promover a conservação e preservação das florestas e dos recursos hídricos, estabelecendo diretrizes e mecanismos para o manejo adequado desses ecossistemas vitais.

O Código Florestal vigente dita em seu texto que:

" As Diretrizes e mecanismos para o manejo adequado desses ecossistemas vitais são estabelecidos pelo código florestal que atua em conjunto com a Política Nacional de Recursos Hídricos. Ambos buscam assegurar a proteção das áreas florestais e a conservação dos recursos hídricos, reconhecendo sua importância para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como a regulação do ciclo hidrológico, a preservação da biodiversidade e a oferta de água de qualidade."

Nas perspectivas dos autores Melo e Mattar (2020) e Trezzi (2023), o estabelecimento dessas leis são instrumentos essenciais para a promoção da sustentabilidade ambiental, contribuindo para a manutenção dos recursos naturais e para a garantia do bem-estar dos presentes e futuras gerações.

Conforme o exposto, a água é um recurso de vital importância não apenas para a sobrevivência humana, mas também para o desenvolvimento socioeconômico e a preservação dos ecossistemas (Pasqualetto *et al.*, 2022).

Por isso, a gestão eficiente e sustentável é um imperativo que deve ocupar um lugar central nas agendas políticas. Durante muitas décadas, esforços têm sido direcionados para promover o uso responsável e a conservação da água, com o

objetivo de garantir o acesso universal aos serviços de abastecimento de água potável e saneamento básico. Essas ações refletem a compreensão de que a água desempenha um papel fundamental no bem-estar da sociedade e na manutenção dos ecossistemas, o que justifica a sua priorização nas políticas públicas.

### **3.1.2 Instrumentos da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**

A gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos é de extrema importância para garantir o acesso à água de qualidade, a preservação dos ecossistemas aquáticos e o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Para alcançar esses objetivos, o país adotou uma série de instrumentos e mecanismos de gestão de recursos hídricos. Esses instrumentos são fundamentais para promover a gestão integrada, participativa e equilibrada dos recursos hídricos em todo o território nacional (Rosa; Guarda, 2019).

Conforme mencionado anteriormente, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no Brasil estabeleceu uma série de instrumentos essenciais para a gestão eficiente dos recursos hídricos (Brasil, 1997). Esses instrumentos são os seguintes: o plano de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos (Costa *et al.*, 2020).

Os Planos de Recursos Hídricos desempenham um papel fundamental na gestão das águas no Brasil, proporcionando diretrizes, metas e programas que norteiam as ações e decisões relacionadas aos recursos hídricos em todo o país. Esses planos são estabelecidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que é o órgão máximo responsável pela implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (De Moura; Da Silva, 2017).

Os Planos de Recursos Hídricos são elaborados de forma participativa, envolvendo diversos atores e setores da sociedade, tais como governos, usuários de água, organizações da sociedade civil e comunidades locais. Essa abordagem participativa visa garantir a representatividade e inclusão de diferentes perspectivas e interesses, bem como promover uma gestão mais integrada e sustentável dos recursos hídricos (Soares; Soares; Barbosa, 2019).

Esses planos têm como objetivo principal assegurar o uso racional e

equilibrado da água, considerando sua disponibilidade, qualidade e demandas múltiplas, como abastecimento humano, irrigação, geração de energia, indústria, turismo, entre outros (Dalcin; Marques, 2019). Além disso, os Planos de Recursos Hídricos buscam a conservação e preservação dos ecossistemas aquáticos, reconhecendo a importância dos serviços ecossistêmicos para o bem-estar humano e a manutenção da biodiversidade (Lopes; Neves, 2017).

No processo de elaboração dos Planos de Recursos Hídricos são considerados aspectos técnicos, socioeconômicos, ambientais e culturais, bem como projeções e cenários futuros de oferta e demanda de água. São identificadas áreas de conflito e vulnerabilidade, levando em conta as peculiaridades regionais e locais (Vasconcelos; Mota, 2020).

A gestão dos recursos hídricos no Brasil é pautada pela elaboração de Planos de Recursos Hídricos em diferentes níveis: nacional, estaduais e de bacias hidrográficas. Esses planos desempenham papéis específicos, mas é essencial que haja uma inter-relação entre eles para garantir uma gestão integrada e eficiente dos recursos hídricos (Quadro 1) (De Moura; Da Silva, 2017).

Quadro 1 – As atribuições e responsáveis pela gestão dos recursos hídricos.

ESCALA	CONTEÚDO	ELABORAÇÃO	APROVAÇÃO
<b>Nacional</b>	Plano nacional - diretrizes e/ou propostas de ações estratégicas	SRHU/MMA (coordena) ANA (apoia)	CNRH
<b>Estadual</b>	Plano Estadual - diretrizes e/ou propostas de ações estratégicas	Órgãos gestores de recursos hídricos	CERH
<b>Bacia Interestadual</b>	Agenda de recursos hídricos da bacia, contendo ações de natureza executiva e operacional	Agência de Bacia ou órgão gestor correspondentes	Comitês de Bacias
<b>Bacia Estadual</b>			

Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básica (2013).

Com base nos diagnósticos e levantamentos realizados, os Planos de Recursos Hídricos estabelecem diretrizes e estratégias para o uso e gestão sustentável dos recursos hídricos, incluindo a definição de metas e programas de ação. Essas metas e programas são orientados para a melhoria da disponibilidade, qualidade e eficiência no uso da água, bem como para a proteção dos ecossistemas aquáticos e a promoção da participação social na gestão dos recursos hídricos (Saito, 2018).

Os Planos de Recursos Hídricos são instrumentos dinâmicos, passíveis de

revisões periódicas para se adequarem às mudanças socioambientais e tecnológicas. A implementação efetiva desses planos requer uma atuação conjunta e coordenada entre os diferentes órgãos gestores de recursos hídricos, usuários de água e demais atores envolvidos (Marques, 2022).

O enquadramento dos corpos de água em classes, conforme estabelecido pela Resolução Conama nº 357, é um importante instrumento utilizado na gestão dos recursos hídricos. Esse processo consiste em categorizar os corpos de água de acordo com os usos preponderantes da água, levando em consideração a qualidade necessária para suportar esses usos (Brasil, 2005).

A Resolução Conama nº 357 estabelece uma classificação para os corpos de água em diferentes classes, como classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Cada classe corresponde a um conjunto de parâmetros de qualidade da água que devem ser atendidos para garantir a adequação aos usos específicos são eles (Brasil, 2005; Machado; Knapik; Bitencourt, 2019):

- **Classe especial:** águas destinadas à preservação dos ecossistemas naturais e à proteção das comunidades aquáticas;
- **Classe 1:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;
- **Classe 2:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, e à aquicultura e à atividade de pesca;
- **Classe 3:** águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário (navegação e pesca), à dessedentação de animais e à aquicultura;

- **Classe 4:** águas que podem ser destinadas à navegação, à harmonia paisagística e aos usos menos exigentes.

Através do enquadramento dos corpos de água em classes, é possível estabelecer medidas de controle e monitoramento adequadas para cada segmento, visando a manutenção ou melhoria da qualidade da água. Isso inclui a implementação de ações para prevenir ou controlar a poluição, promover a recuperação de áreas degradadas e adotar práticas de manejo sustentável dos recursos hídricos (De Moura; da Silva, 2017).

Além disso, o enquadramento em classes também permite identificar áreas que estão em desacordo com os padrões estabelecidos e que requerem ações prioritárias de recuperação e preservação. Essas áreas podem demandar investimentos em infraestrutura, tratamento de efluentes, controle de atividades poluidoras e outras medidas para alcançar os objetivos de qualidade da água (Barbosa, 2019).

É importante ressaltar que o enquadramento dos corpos de água em classes não é um processo estático, mas sim um processo contínuo e sujeito a revisões periódicas. À medida que ocorrem mudanças nas demandas sociais, nos padrões de uso da água, nas atividades econômicas e nos conhecimentos científicos, é necessário revisar e atualizar as metas de qualidade e as categorias de enquadramento, buscando sempre uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos (Ferreira, 2022).

A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos é um importante instrumento de gestão que tem como objetivo regular e autorizar o uso da água para diferentes finalidades, como abastecimento público, irrigação, geração de energia, indústria, entre outros (De Freitas *et al.*, 2021).

A outorga é um processo pelo qual o órgão gestor de recursos hídricos, geralmente o órgão estadual responsável, concede uma autorização formal para que o usuário possa utilizar a água de acordo com determinadas condições estabelecidas. Essas condições podem incluir restrições quanto à quantidade de água utilizada, horários de captação, formas de utilização, entre outros aspectos (Bandeira, 2022). O objetivo principal da outorga é garantir o uso racional e sustentável dos recursos hídricos, evitando conflitos e assegurando a disponibilidade de água para os diversos usos, tanto presentes como futuros. Além disso, a outorga busca promover a proteção dos ecossistemas aquáticos e dos demais usuários, levando em consideração os

aspectos ambientais, sociais e econômicos relacionados ao recurso hídrico (Wolkmer; Pimmel, 2013).

Para solicitar a outorga, o interessado deve apresentar um pedido formal ao órgão competente, fornecendo informações detalhadas sobre o uso pretendido, os volumes de água a serem utilizados, a finalidade da captação, entre outros dados relevantes. Com base nessas informações, o órgão gestor avalia a disponibilidade hídrica da região, considerando aspectos como a quantidade de água disponível, os usos já autorizados, as demandas existentes e a sustentabilidade do recurso (Barbosa, 2019).

A outorga é concedida por um período determinado, podendo variar de acordo com a finalidade do uso e as características locais. Durante o período de validade da outorga, o usuário deve cumprir as condições estabelecidas, realizar as medições e registros necessários, além de pagar as taxas correspondentes (De Moura; Da Silva, 2017).

Destaca-se que a outorga não é um direito de propriedade sobre a água, mas sim uma autorização de uso condicionada às regulamentações e às políticas de gestão dos recursos hídricos. Dessa forma, a outorga contribui para garantir o equilíbrio e a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, promovendo uma gestão adequada e responsável desse recurso tão vital para a sociedade e para o meio ambiente (Brasil, 1997).

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é um instrumento importante da gestão de águas que tem como objetivo incentivar o uso racional e sustentável da água, ao mesmo tempo em que busca obter recursos financeiros para investir na recuperação e conservação dos recursos hídricos. Sendo aplicada aos usuários que captam água diretamente de corpos d'água, como rios, lagos ou aquíferos, para diversos fins, como abastecimento público, irrigação, indústria e geração de energia (Rosa, 2019).

O objetivo principal da cobrança pelo uso de recursos hídricos é estimular a eficiência no uso da água, bem como a redução do desperdício e a conservação desse recurso tão essencial. Além disso, busca-se arrecadar recursos financeiros que possam ser investidos em ações de preservação, recuperação e planejamento dos recursos hídricos, visando garantir a disponibilidade hídrica presente e futura (Vilarinho *et al.*, 2021).

É exposto por Miranda *et al.*, (2021), que o valor a ser cobrado é estabelecido

com base em critérios definidos pelo órgão gestor, considerando a disponibilidade hídrica da região, a demanda existente, a relevância socioeconômica do uso da água, bem como os custos de operação e manutenção dos sistemas de gestão de recursos hídricos. A cobrança pode ser feita de forma unitária, relacionada à quantidade de água utilizada, ou de forma volumétrica, relacionada ao volume de água captado.

Os recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos são destinados a um fundo específico, conhecido como Fundo de Recursos Hídricos, que é administrado pelo órgão gestor. Esse fundo é utilizado para financiar projetos e ações voltadas para a preservação e recuperação dos recursos hídricos, como ações de saneamento básico, proteção de mananciais, projetos de reuso de água, educação ambiental, entre outros (Soares; Miranda; Mourão, 2022).

A cobrança pelo uso de recursos hídricos promove a conscientização dos usuários sobre a importância da água e incentiva a adoção de práticas sustentáveis em relação ao seu uso. Além disso, os recursos arrecadados contribuem para a implementação de medidas que visam garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para as presentes e futuras gerações. Além disso, a compensação a municípios é um importante instrumento da gestão de recursos hídricos que visa garantir um retorno financeiro aos municípios que abrigam em seus territórios usinas hidrelétricas ou reservatórios destinados à geração de energia elétrica (Lopes; Neves, 2017).

Essa compensação está prevista na Lei nº 9.433, que é uma forma de reconhecer e valorizar o papel dos municípios na produção de energia elétrica, considerando os impactos socioeconômicos e ambientais que essas atividades podem gerar em suas regiões (Brasil, 1997).

Os municípios que possuem usinas hidrelétricas ou reservatórios têm seus recursos hídricos utilizados para a geração de energia elétrica, o que muitas vezes acarreta mudanças nas condições locais, como o deslocamento de comunidades, a perda de áreas produtivas ou a modificação do ambiente natural. A compensação financeira tem o objetivo de mitigar esses impactos e promover o desenvolvimento sustentável nas regiões afetadas (Ferreira *et al.*, 2020).

A forma como essa compensação é estabelecida pode variar de acordo com a legislação de cada país ou região. No Brasil, por exemplo, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamenta a compensação financeira aos municípios por meio da Resolução Normativa nº 398/2010. Essa resolução estabelece critérios e

valores a serem pagos pelos empreendedores de usinas hidrelétricas aos municípios afetados (Santin; Goellner, 2013).

Os recursos provenientes dessa compensação são repassados aos municípios e devem ser aplicados de acordo com as diretrizes estabelecidas em lei. Esses recursos podem ser utilizados para investimentos em infraestrutura, educação, saúde, preservação ambiental, desenvolvimento econômico, entre outros aspectos que promovam o bem-estar das comunidades locais (Vilarinho *et al.*, 2021).

A compensação a municípios é fundamental para garantir que os benefícios decorrentes da exploração dos recursos hídricos sejam distribuídos de forma justa e equitativa, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das regiões afetadas. Além disso, essa compensação representa um reconhecimento da importância dos municípios na geração de energia elétrica, incentivando o diálogo e a cooperação entre os setores energéticos e as autoridades locais (Ferreira *et al.*, 2020).

É importante destacar que a compensação a municípios deve ser realizada de forma transparente e participativa, envolvendo os diversos atores interessados, como os empreendedores das usinas, os municípios afetados e as comunidades locais. Dessa forma, é possível garantir uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, conciliando a produção de energia com o desenvolvimento socioeconômico e ambiental das regiões envolvidas (Marques, 2022).

O sistema de informações sobre recursos hídricos é um instrumento essencial para a gestão adequada dos recursos hídricos, pois visa coletar, tratar, armazenar e disseminar dados e informações sobre a disponibilidade e a demanda de água no país (De Araújo Grangeiro; Ribeiro; De Miranda, 2019). A água é um recurso natural vital para inúmeras atividades humanas, como abastecimento público, irrigação agrícola, geração de energia, indústria, entre outros. Para garantir o uso sustentável e eficiente desse recurso, é necessário ter acesso a informações precisas e atualizadas sobre a sua disponibilidade, qualidade e demanda (Winckler *et al.*, 2022).

O sistema de informações sobre recursos hídricos é responsável por coletar dados e informações provenientes de diversas fontes, como estações meteorológicas, redes de monitoramento de rios e reservatórios, pesquisas científicas, estudos hidrológicos, entre outros. Essas informações são então tratadas e analisadas para fornecer indicadores e dados relevantes para a tomada de decisões relacionadas à gestão dos recursos hídricos (Bianchini; Rocha, 2020).

Esses sistemas são geralmente desenvolvidos e geridos por órgãos

responsáveis pela gestão dos recursos hídricos, como as agências de água ou os órgãos estaduais de recursos hídricos. Eles podem incluir bancos de dados, softwares de análise, sistemas de monitoramento em tempo real, ferramentas de modelagem hidrológica, entre outros recursos tecnológicos (De Souza; Pertel, 2020).

No Brasil, existem diferentes tipos de sistemas de informações sobre recursos hídricos que são utilizados para coletar, armazenar, processar e disseminar dados e informações relacionados aos recursos hídricos. Alguns dos principais sistemas são (Américo-Pinheiro *et al.*, 2019):

- **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH):** É o sistema de informações sobre recursos hídricos de âmbito nacional, coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA). O SNIRH tem como objetivo integrar as informações sobre recursos hídricos provenientes de diferentes fontes e disponibilizá-las de forma acessível aos usuários. Ele abrange dados como vazão dos rios, níveis de reservatórios, qualidade da água, outorgas de direito de uso, entre outros (ANA, 2019).
- **Sistemas Estaduais de Informações sobre Recursos Hídricos:** Cada estado brasileiro possui seu próprio sistema de informações sobre recursos hídricos, gerenciado pelos órgãos estaduais responsáveis pela gestão dos recursos hídricos. Esses sistemas têm como objetivo coletar e disponibilizar informações específicas sobre os recursos hídricos de cada estado, de acordo com suas características e necessidades regionais (Maia; Vasconcellos Sobrinho; Mendes, 2022).
- **Sistemas de Informações Hidrológicas:** São sistemas voltados para o monitoramento e a coleta de dados hidrológicos, como níveis e vazões dos rios, precipitação pluviométrica, entre outros parâmetros. Esses sistemas utilizam estações de monitoramento distribuídas em diversas localidades e permitem o acompanhamento em tempo real das condições hidrológicas em diferentes regiões (Barboza *et al.*, 2022).
- **Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS):** Embora não seja exclusivamente voltado para recursos hídricos, o SNIS é um sistema que reúne informações sobre o setor de saneamento básico, incluindo o abastecimento de água e o tratamento de esgoto. Ele contribui indiretamente

para o conhecimento e a gestão dos recursos hídricos, fornecendo dados sobre a infraestrutura e a prestação de serviços relacionados à água e ao saneamento (Silva *et al.*, 2021).

As informações coletadas e disponibilizadas pelo sistema de informações sobre recursos hídricos são de grande importância para diversos usuários e tomadores de decisão, como gestores públicos, pesquisadores, empresas, organizações não governamentais e a sociedade em geral (Maia; Vasconcellos Sobrinho; Mendes, 2022). Essas informações podem auxiliar na elaboração de planos e políticas de gestão dos recursos hídricos, na identificação de áreas de escassez ou de risco, no planejamento de obras de infraestrutura hídrica, na prevenção de desastres naturais, entre outras aplicações (De Moura; Da Silva, 2017).

Além disso, o sistema de informações sobre recursos hídricos contribui para a transparência e a participação social na gestão dos recursos hídricos, uma vez que disponibiliza dados e informações de forma acessível ao público em geral. Isso permite que a sociedade esteja informada e envolvida nas discussões e decisões relacionadas ao uso e preservação da água, promovendo uma gestão mais democrática e sustentável (Da Silva Junior *et al.*, 2022; Vasconcelos; Mota, 2020).

### **3.1.3 Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos**

O domínio das águas no Brasil, compartilhado entre a União e os Estados, é um princípio fundamental garantido pela Constituição Federal (Brasil, 1988). Além disso, a água é reconhecida como um bem de domínio público, conforme determinado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Esses dois fundamentos estabelecem as bases para a existência do instrumento de outorga (Américo-Pinheiro *et al.*, 2019).

A divisão da dominialidade das águas entre a União e os Estados reflete a compreensão de que a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada de forma compartilhada e cooperativa. A Constituição Federal de 5 de outubro de 1988, estabeleceu que a União tem competência para legislar sobre a matéria, mas também reconhece a participação dos Estados na gestão dos recursos hídricos de suas respectivas jurisdições (Brasil, 1988; Maia; Vasconcellos Sobrinho; Mendes, 2022), conforme o exposto por ANA (2011, p.13):

A outorga é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito

de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato.

Nesse sentido, a outorga tem como principais objetivos assegurar a gestão adequada, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, do uso da água, além de garantir o acesso concreto a esse recurso vital (Silva, 2021). Em essência, a outorga deve ser solicitada por qualquer pessoa ou entidade que esteja utilizando ou planeje utilizar a água de uma determinada fonte hídrica. Isso implica que exista um usuário real ou potencial que esteja interferindo no regime hídrico atual, seja por meio de captação de água, lançamento de efluentes ou outras atividades relacionadas (Silva, 2021).

Destaca-se que a outorga desempenha um papel crucial na prevenção de conflitos entre os usuários de um corpo hídrico, pois esse instrumento trabalha com a disponibilidade de água e a capacidade de suporte desse corpo hídrico, avaliando a viabilidade de incorporação de novos usuários (Da Silva Junior *et al.*, 2022).

Por sua vez, a outorga como um instrumento de comando e controle (CEC), requer a existência de instrumentos de planejamento para funcionar de maneira eficaz e alcançar seus objetivos (Granziera, 2019). Os planos de recursos hídricos devem incluir prioridades para outorgas, metas de uso racional da água e áreas com restrições de uso. O enquadramento é um fator determinante para a concessão da outorga, pois uma vez que a classe de um corpo hídrico é definida, os usos permitidos devem estar em conformidade com a manutenção da qualidade dessa classe. Em caso de busca de classes de qualidade mais elevada, os usos podem ser restringidos (Américo-Pinheiro *et al.*, 2019).

Além disso, a outorga depende dos dados hidrológicos fornecidos pelo sistema de informações para analisar as solicitações dos usuários. Esse sistema também disponibiliza informações sobre as outorgas já autorizadas e a disponibilidade de água, o que é essencial para o processo de outorga (Granziera, 2019).

No Brasil, a outorga de recursos hídricos é conduzida por diferentes entidades, dependendo do domínio do corpo hídrico. Para corpos hídricos de domínio federal, a Agência Nacional de Águas é o ente outorgante responsável. Já para corpos hídricos de domínio estadual, o órgão gestor da política de recursos hídricos do respectivo estado assume essa função (Sales; Oliveira, 2019).

Nos rios de domínio federal, a maior parte das outorgas, cerca de 94%, é concedida para atividades como irrigação, abastecimento urbano e rural, e uso

industrial. Por outro lado, as captações subterrâneas, que são de responsabilidade dos órgãos gestores estaduais, representam aproximadamente 63% do total de outorgas nos estados (Cirilo, 2019). Esses números destacam a relevância dessas atividades na demanda pelo uso dos recursos hídricos tanto em âmbito federal quanto estadual, e ressaltam a importância da regulação e controle por meio do processo de outorga para garantir a utilização sustentável desses recursos (Sales; Oliveira, 2019).

### 3.2 O USO E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARÁ.

O estado do Pará é o segundo maior estado do Brasil com uma área de 1.245.871 km<sup>2</sup>, ficando atrás apenas do estado do Amazonas em dimensões territoriais. Se considerado como um país, essa região ocuparia a 22<sup>a</sup> posição em termos de extensão territorial. Com uma população estimada em 8,1 milhões de habitantes, possui uma densidade demográfica relativamente baixa, ficando bem abaixo da média nacional (IBGE, 2022a).

A capital do estado é o município de Belém, possuindo uma região metropolitana com população de aproximadamente 1.303.389 habitantes. Nas últimas décadas, a população do interior do Estado apresentou um crescimento significativo, dobrando em número. Esse aumento populacional é especialmente impulsionado pela implantação de grandes projetos econômicos nos setores de mineração, extração madeireira e atividades agropecuárias (IBGE, 2022b).

Apesar desse crescimento, a região metropolitana continua sendo a mais populosa, seguida pela porção nordeste do Estado. Essa dinâmica demográfica reflete o impacto direto do desenvolvimento econômico nessas áreas, contribuindo para mudanças no padrão de distribuição populacional ao longo do tempo (Cirilo, 2019).

O Estado possui um clima equatorial, classificado de acordo com a divisão de Köppen-Geiger, com médias anuais de temperatura variando entre 24°C e 26°C. A região abriga uma fauna diversificada, com a predominância da floresta Amazônica, que inclui tanto florestas de terra firme quanto florestas de várzea. Além disso, existem também manguezais, campos e cerrados (PARÁ, 2020).

As áreas protegidas têm um papel significativo no Estado, representando 57% de todo o território. É importante destacar que aproximadamente 27% dos quase 3

milhões de quilômetros quadrados de área de floresta nativa amazônica brasileira estão localizados no Pará. Esses números evidenciam a importância e a extensão da biodiversidade e dos ecossistemas preservados nessa região, contribuindo para a conservação dos recursos naturais e da riqueza ambiental da Amazônia (SEMAS, 2012).

A região norte possui uma hidrografia abundante e vasta, abrangendo aproximadamente 1,3 milhão de quilômetros quadrados, divididos em 20 bacias hidrográficas. A bacia hidrográfica amazônica ocupa pelo menos 85% dessa área, enquanto o restante pertence à bacia hidrográfica do rio Tocantins. Os rios mais importantes incluem o Amazonas, Tapajós, Tocantins, Xingu, Jari e Pará. Esses corpos d'água são caracterizados como sistemas perenes, ou seja, possuem água disponível durante praticamente todo o ano (CIRILO, 2019).

Apesar dessa situação hídrica relativamente favorável, existem alguns problemas ambientais que podem ocorrer devido a comportamentos inadequados (TOZI, 2020). Isso inclui a ocupação irregular de áreas de nascente, atividades humanas desordenadas próximas aos corpos d'água, especialmente em áreas de várzea, despejo de efluentes, principalmente de origem doméstica, contaminação dos rios por metais pesados, principalmente devido à atividade garimpeira, e captações irregulares tanto de água superficial quanto subterrânea (Moura *et al.*, 2023).

No Estado, as principais demandas registradas para o uso dos recursos hídricos são o abastecimento humano, seguido pelo uso industrial, irrigação, pecuária, mineração e pesca/aquicultura (ANA, 2019). A disponibilidade hídrica, tanto superficial quanto subterrânea, começa a enfrentar desafios em algumas áreas do território estadual, especialmente nas regiões onde o crescimento urbano e industrial está avançando (SEMAS, 2012).

Esses desafios ambientais ressaltam a necessidade de uma gestão cuidadosa e sustentável dos recursos hídricos, visando preservar a qualidade e disponibilidade da água nessa região. A conscientização sobre o uso responsável dos corpos d'água e a implementação de práticas de conservação são fundamentais para garantir a proteção desse valioso recurso natural (Tupiassu; FadeL; Gros-Désormeaux, 2019).

### **3.2.1 Gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará**

A gestão dos recursos hídricos no Estado do Pará foi implementada de acordo com os princípios estabelecidos pela legislação nacional em vigor. Esse processo teve início com a publicação da lei ordinária estadual nº 6.381 de 25 de julho de 2001, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos (Pará, 2001). Essa lei estadual segue uma estrutura semelhante à legislação nacional, conhecida como Lei das Águas, com algumas complementações específicas para se adequar à realidade regional do estado (Cirilo; De Almeida, 2019).

A Política Estadual de Recursos Hídricos do Pará tem como objetivo principal promover a gestão sustentável dos recursos hídricos, garantindo a disponibilidade e a qualidade da água, bem como a sua distribuição equitativa e o uso racional. Ela estabelece diretrizes para a proteção dos corpos d'água, o planejamento e a gestão integrada dos recursos hídricos, a participação da sociedade civil e a articulação entre os diferentes órgãos e entidades responsáveis pela gestão hídrica no estado (SEMAS, 2012).

Por sua vez, antes da criação da atual política estadual, outras leis do mesmo âmbito foram sancionadas para se tratar dos recursos hídricos conforme exposto no quadro 2:

Quadro 2 – Marcos legais no contexto de gestão dos recursos hídricos.

<b>Legislação Estadual</b>	<b>Matéria</b>
Lei nº 5.457 de 11/05/1988	Estabeleceu a criação Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente
Lei nº 5.630 de 20/12/1990	Estabeleceu as normas que visam a preservação de áreas dos corpos hídricos principalmente as nascentes, inclusive os "olhos d'água".
Lei nº 5.793 de 04/01/1994	Estabeleceu tratativas voltadas às políticas Minerárias e Hídricas do estado do Pará, fornecendo diretrizes e instrumentos.
Lei nº 5.807 de 24/01/1994	Criou o Conselho Consultivo da Política Minerária e Hídrica do Estado do PA
Lei nº 5.887 de 09/05/1995	Dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e dá outras providências
<b>Legislação Estadual</b>	<b>Matéria</b>
Lei nº 6.105 de 14/01/1998	Dispõem sobre a conservação e proteção dos depósitos de águas subterrâneas no Estado do Pará e dá outras providências
Lei nº 6.381 de 25/07/2001	Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Fonte: Adaptado de Cirilo (2019).

A publicação da Política Estadual de Recursos Hídricos no Pará marcou um avanço significativo na criação de dispositivos legais voltados para o planejamento e gestão dos recursos hídricos no estado. A partir desse marco legal, foram

estabelecidas diretrizes e instrumentos que visam garantir uma abordagem integrada e sustentável na gestão dos recursos hídricos, promovendo a proteção dos corpos d'água, a disponibilidade hídrica e a qualidade da água (Cirilo, 2019).

Um dos principais avanços decorrentes da Política Estadual foi a criação de mecanismos para o planejamento dos recursos hídricos no Pará. Foram desenvolvidos instrumentos como os Planos de Recursos Hídricos, que estabelecem metas, diretrizes e ações para o uso racional e sustentável da água em diferentes bacias hidrográficas. Esses planos contribuem para uma gestão mais eficiente e equilibrada dos recursos hídricos, considerando as demandas e características específicas de cada região (Silva, 2014).

### **3.2.2 Os instrumentos de gestão de recursos hídricos no Pará**

Apesar da instituição da Política de Recursos Hídricos no Pará, ela só passou pelo processo de implantação cerca de seis anos depois com a promulgação da Lei nº 7.026 de 30 de julho de 2007, com a criação da Diretoria de Recursos Hídricos na Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA/PA), sendo apontado na literatura que o sistema vigente ainda se encontra em fase de construção e precisa ser melhor desenvolvido na região (SEMAS, 2012).

Por sua vez o decreto nº 2.070, de 20 de fevereiro de 2006 (atualmente revogado Decreto nº 276, de 02 de dezembro de 2011), estabeleceu as regulamentações para o funcionamento do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PA) no Pará, e a posse dos membros ocorreu em 26 de março de 2007 (Costa *et al.*, 2020).

A atuação do CERH, juntamente com as Câmaras Técnicas, representa um marco no processo de gestão dos recursos hídricos no estado. A dedicação dos membros do conselho e o cumprimento da agenda de reuniões permitiram que, no período de 3 anos (2007 a 2010), os principais instrumentos da política de recursos hídricos fossem regulamentados, fornecendo uma base legal sólida para as ações de regulação e controle no estado (Silva, 2014).

Essa conquista foi fundamental para fortalecer a governança hídrica no Pará, promovendo a participação e o engajamento de diferentes atores na tomada de decisões relacionadas aos recursos hídricos. A existência do CERH e das Câmaras

Técnicas contribuiu para a efetiva implementação da política de recursos hídricos no estado, garantindo uma abordagem mais integrada, participativa e sustentável na gestão das águas (Tozi, 2020).

Durante muitos anos, o Pará vem enfrentando o desafio do desmatamento e da ocupação desordenada do território, sem levar em consideração a preservação dos recursos naturais. A questão hídrica sempre foi negligenciada nesse contexto, com a crença de que a água nunca se esgotaria (Tupiassu; Fadel; Gros-Désormeaux, 2019).

Esse despertar para a interconexão entre o desmatamento e a escassez de água está levando a uma mudança de mentalidade e uma maior conscientização sobre a importância de preservar e gerir de forma sustentável os recursos hídricos no Estado do Pará (Silva, 2014). A busca por soluções sustentáveis e a implementação de políticas efetivas de conservação e uso responsável dos recursos hídricos tornaram-se imperativas para garantir a disponibilidade de água no presente e para as gerações futuras (Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

Destaca-se que a Política Estadual do Pará de recursos hídricos vigente dedica especial atenção em suas diretrizes de ação para melhorar o transporte aquaviário, estabelecer uma rede hidrometeorológica, implementar um sistema integrado de monitoramento e promover a troca de informações com instituições de diferentes níveis. Além disso, são realizadas campanhas educativas permanentes para promover o uso racional dos recursos hídricos, tratamento preventivo de efluentes e programas conjuntos com os municípios para a gestão e conservação dos recursos hídricos (Cirilo; De Almeida, 2019).

No Pará, existem sete instrumentos de gestão de recursos hídricos. Além dos cinco instrumentos previstos na legislação nacional, como outorga, enquadramento, cobrança pelo uso da água, sistema de informações e planejamento, não foi vetado o instrumento da Compensação aos Municípios e foi criado o instrumento de Capacitação, Educação Ambiental e Desenvolvimento Tecnológico (SEMAS, 2012). Esses instrumentos visam garantir uma gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos, promovendo o equilíbrio entre os diferentes usos e a conservação desse importante patrimônio para as presentes e futuras gerações (figura 1).

Figura 1 – Os instrumentos utilizados no processo de gestão de recursos hídricos.



Fonte: Autora (2024).

Por sua vez, o instrumento da Compensação aos Municípios é mencionado no artigo 29 da política estadual (º 6.381, de 25 de julho de 2001), que prevê a possibilidade de estabelecer mecanismos compensatórios aos municípios, conforme determinado por uma lei específica que ainda não foi criada. Por outro lado, o instrumento da Capacitação, Educação Ambiental e Desenvolvimento é descrito nos artigos 33 a 37 da política, tendo como objetivo principal criar condições para o conhecimento técnico e científico sobre a gestão de recursos hídricos. Isso é alcançado através da implementação de programas de educação ambiental, capacitação e desenvolvimento tecnológico (Cirilo, 2019; Pará, 2001; SEMAS, 2012).

Ressalta-se que a nível regional, existem dois planos de recursos hídricos desenvolvidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) que abrange partes do Estado do Pará: o Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins-Araguaia (PERH/PATA) e o Plano de Recursos Hídricos dos Afluentes da Margem Direita do Rio Amazonas (PRHMDA). Essas bacias hidrográficas são compartilhadas entre vários estados, e a atuação da ANA é predominante nessas áreas. No entanto, ambos os planos ainda não têm um órgão colegiado responsável por sua gestão em pleno funcionamento (ANA, 2019).

### 3.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área delimitada pela

topografia, onde as águas de chuva são coletadas e escoam para um curso d'água principal ou para um sistema interconectado de cursos d'água (Tucci, 1997; Teodoro *et al.*, 2007). Esse conceito implica na presença de nascentes, divisores de água, cursos d'água principais, afluentes, entre outros elementos. Em toda bacia hidrográfica, existe uma hierarquia na rede de drenagem, onde a água flui dos pontos mais altos para os mais baixos (Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

As bacias hidrográficas brasileiras são extensas áreas geográficas delimitadas pela divisão natural das águas, onde ocorre a drenagem de rios e seus afluentes para um mesmo ponto de saída, como o mar ou um grande lago. O Brasil é um país privilegiado nesse aspecto, pois possui uma das maiores redes hidrográficas do mundo, com uma abundância de rios, lagos e aquíferos (Silva; Assumpção; Kligerman, 2020).

Conforme exposto por Porto (2008), existem diversas bacias hidrográficas no território brasileiro, cada uma com suas características específicas e importância para o equilíbrio ambiental e socioeconômico do país. Algumas das principais bacias hidrográficas são:

**Bacia Amazônica:** É a maior bacia hidrográfica do Brasil e do mundo, abrangendo principalmente a região Norte do país. É conhecida pela sua riqueza em biodiversidade, com rios como o Amazonas, o maior rio em volume de água do mundo, e seus afluentes, como o Rio Negro e o Rio Madeira.

**Bacia do São Francisco:** Localizada na região Nordeste do Brasil, essa bacia é uma das mais importantes do país, sendo responsável pelo abastecimento de água para diversas cidades e atividades econômicas. O Rio São Francisco é o principal rio da região, atravessando cinco estados e apresentando um importante potencial hidrelétrico.

**Bacia do Paraná:** Situada na região Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, essa bacia é formada pelos rios Paraná, Paraguai e seus afluentes. É uma das principais vias de transporte fluvial do país e também possui uma relevante produção de energia hidrelétrica.

**Bacia do Tocantins-Araguaia:** Localizada na região Norte e Centro-Oeste do Brasil, essa bacia é formada pelos rios Tocantins e Araguaia, que possuem grande importância para o abastecimento de água, navegação, geração de energia e atividades agropecuárias.

**Bacia do Atlântico Nordeste Oriental:** Essa bacia está localizada na região

Nordeste do Brasil e é caracterizada por pequenos rios que deságuam diretamente no Oceano Atlântico. Possui grande relevância para a pesca, turismo e ecossistemas costeiros.

**Bacia Nordeste Ocidental:** Encontra-se entre as regiões Norte e Nordeste do território brasileiro, é formada pelas bacias hidrográficas dos rios Itapecuru, Mearim, Munim, Gurupi, Pericumã e Turiaçu, e região do Litoral do Maranhão e do Litoral do Pará.

**Bacia Atlântico Leste:** Banha os estados da Bahia, Minas Gerais, Sergipe, e Espírito Santo.

**Bacia Atlântico Sul:** Localizada na região Sul do Brasil, atinge os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina, suas águas utilizadas para consumo humano, atividades industriais e agropecuárias.

**Bacia do Uruguai:** Situada entre Brasil, Uruguai e Argentina. Seus principais usos são: abastecimento humano, atividades de agropecuária, além de servir de transporte.

**Bacia do Paraguai:** As principais atividades desenvolvidas nesta bacia são: agropecuária, pesca e turismo. Está situada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

**Bacia do Parnaíba:** A finalidade de suas águas são consumo humano e irrigação. Faz parte do estado do Piauí, além de partes do Ceará e Maranhão.

**Bacia Atlântico Sudeste:** É responsável pelo abastecimento humano além de ser bastante utilizada nas atividades industriais dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo.

A gestão adequada dessas bacias é fundamental para a conservação dos recursos hídricos, garantindo o abastecimento de água, a preservação da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável das regiões que dependem desses recursos (Da silva *et al.*, 2021). O Estado do Pará possui uma das bacias hidrográficas mais extensas e importantes do Brasil, a Bacia Amazônica. A Bacia Amazônica abrange grande parte do território paraense, sendo responsável por uma vasta rede de rios e recursos hídricos. A Bacia Amazônica é caracterizada pela presença dos rios Amazonas e seus principais afluentes, como o Rio Tapajós, o Rio Xingu, o Rio Tocantins e o Rio Jari, entre outros. Esses rios desempenham um papel crucial na dinâmica ambiental, socioeconômica e cultural do Estado (Cirilo, 2019).

O Rio Amazonas é o principal curso d'água da região e um dos mais extensos

do mundo. Sua bacia hidrográfica abrange não apenas o Pará, mas também outros estados brasileiros e países da América do Sul. O Rio Tapajós, por sua vez, tem uma importância significativa para o Estado, sendo um dos principais afluentes do Rio Amazonas (Moura *et al.*, 2023).

Esses rios e seus afluentes proporcionam uma ampla variedade de recursos hídricos, como água doce, pesca, transporte fluvial e possibilidades de geração de energia hidrelétrica. Além disso, a diversidade de ecossistemas presentes na Bacia Amazônica do Pará contribui para a preservação da biodiversidade e a sustentabilidade da região (Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

A Agência nacional de Águas (ANA) apresentou, desde 2006, uma metodologia de construção de uma base hidrográfica de acordo com o sistema de codificação de bacias hidrográficas proposta por Pfafstetter (Brasil, 2006) e passou a utilizá-la como suporte à gestão no âmbito dos recursos hídricos.

A Codificação de Bacias de Otto Pfafstetter (Otto-codificação), também conhecida como Sistema de Codificação de Bacias de Otto Pfafstetter, é um método de codificação alfanumérica utilizado para identificar e nomear bacias hidrográficas em todo o mundo. Foi desenvolvido pelo geógrafo suíço Otto Pfafstetter na década de 1960 (Pfafstetter, 1979). O objetivo da Otto-codificação é fornecer um sistema padronizado e consistente para a identificação das bacias hidrográficas, facilitando a comunicação e o compartilhamento de informações relacionadas à gestão dos recursos hídricos. Esse sistema de codificação é amplamente utilizado por agências governamentais, instituições de pesquisa e organizações envolvidas na análise e monitoramento dos recursos hídricos (Silva *et al.*, 2008).

A Otto-codificação atribui um código único a cada bacia hidrográfica com base em sua localização geográfica e características específicas. O código é composto por uma sequência de letras e números que representam diferentes níveis de divisão das bacias hidrográficas, desde as grandes bacias até as sub-bacias menores. A estrutura do código segue um formato hierárquico, onde cada elemento do código indica uma subdivisão da bacia (Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

O sistema de codificação de Otto Pfafstetter é baseado em princípios geográficos, levando em consideração fatores como a localização geográfica, a direção do fluxo de água e a hierarquia das drenagens. Dessa forma, é possível identificar e nomear de forma única cada bacia hidrográfica, permitindo a integração e comparação de informações em nível regional e global (De Mendoza Borges; De

Mendoza Morais, 2022).

A Otto-codificação é amplamente utilizada em estudos hidrológicos, análises de recursos hídricos, planejamento de bacias hidrográficas e monitoramento ambiental. Ela fornece uma base sólida para a compreensão e gestão dos recursos hídricos, possibilitando a análise comparativa entre diferentes bacias e facilitando o intercâmbio de dados entre especialistas e pesquisadores em todo o mundo (Silva *et al.*, 2008; Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

Ao adotar a Otto-codificação, os especialistas podem se referir de forma precisa e unificada às bacias hidrográficas, promovendo a troca de conhecimento e a colaboração em projetos relacionados à gestão sustentável da água. Isso é essencial para o planejamento de recursos hídricos, a prevenção de desastres naturais, a conservação da água e a tomada de decisões baseadas em evidências científicas (De Mendoza Borges; De Mendoza Morais, 2022).

Ao utilizar a Otto-codificação em Sistemas de Informações Geográfica (SIG), os gestores podem visualizar e analisar dados geográficos relacionados às bacias hidrográficas de forma eficiente. Essa codificação padronizada facilita a identificação e nomeação das bacias, permitindo uma análise espacial mais fácil e uma compreensão das relações entre as diferentes unidades de gestão (Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

Em suma, essa abordagem integrada e espacialmente explícita proporciona uma visão clara das características físicas das bacias hidrográficas, como nascentes, rios principais, afluentes e divisores de água. Essas informações são essenciais para compreender a dinâmica hidrológica, identificar áreas vulneráveis e adotar medidas preventivas para proteger a qualidade e quantidade dos recursos hídricos (Da'Silva *et al.*, 2015).

### 3.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O balanço hídrico é uma ferramenta importante na gestão dos recursos hídricos, pois permite avaliar a quantidade de água disponível em uma determinada região e como ela é distribuída ao longo do tempo. Esse conceito está intrinsecamente relacionado à temática das bacias hidrográficas e da gestão sustentável da água (Cassettari; De Queiroz, 2020).

Em linhas gerais, o balanço hídrico pode ser entendido como o resultado da quantidade de água que entra e sai de um sistema durante um período específico de tempo (ANA, 2014). A bacia hidrográfica é amplamente reconhecida como o espaço mais adequado para a elaboração do balanço hídrico, uma vez que nela estão claramente definidos os pontos de entrada, saída, área e trechos de drenagem.

De acordo com da Silva *et al.*, (2022) ao realizar um balanço hídrico, é possível quantificar as entradas e saídas de água em uma bacia hidrográfica, levando em consideração fatores como precipitação, evaporação, infiltração, escoamento superficial e subsuperficial, além das demandas de uso humano, industrial, agrícola e ambiental.

Com base nessas informações, os gestores podem tomar decisões mais embasadas em relação ao manejo dos recursos hídricos. O balanço hídrico fornece subsídios para o planejamento de obras de infraestrutura, como barragens e sistemas de captação e distribuição de água, bem como para o estabelecimento de políticas de uso e conservação da água (Guandique; Morais, 2015).

A análise do balanço hídrico também permite identificar possíveis déficits ou excedentes de água em uma determinada região, auxiliando na prevenção de crises hídricas e na adoção de medidas de adaptação, como o uso eficiente da água, o reúso de efluentes e a implementação de práticas de conservação do solo e da vegetação (Cirilo, 2019).

O balanço hídrico das bacias brasileiras desempenha um papel de extrema importância no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos do país. Com sua imensa diversidade de biomas, climas e usos da água, o Brasil depende fortemente do adequado planejamento e monitoramento dos recursos hídricos em cada região (Guandique; Morais, 2015).

Uma bacia hidrográfica é uma unidade de gestão dos recursos hídricos, composta por uma área definida topograficamente, drenada por um sistema conectado de cursos d'água. O balanço hídrico dessa bacia, por sua vez, é um conjunto de informações e dados que descreve a relação entre a entrada e a saída de água em determinado período (De Mendoza Borges; De Mendoza Morais, 2022).

Essa análise do balanço hídrico permite compreender a disponibilidade de água em uma determinada bacia, considerando tanto as precipitações quanto as retiradas de água para diferentes usos. Por meio do balanço hídrico, é possível avaliar se a demanda por água está em equilíbrio com a disponibilidade, identificar períodos

de escassez ou excesso hídrico, e tomar medidas preventivas para evitar crises (CAssettari; De Queiroz, 2020).

A análise do balanço hídrico auxilia na definição de outorgas de direito de uso da água, estabelecimento de metas de conservação e uso sustentável, e no gerenciamento de infraestruturas hídricas, como barragens, canais e estações de tratamento. Além disso, contribui para o planejamento do uso da terra, considerando a demanda por água dos diferentes setores e evitando conflitos de uso (Américo-Pinheiro *et al.*, 2019).

Outro aspecto importante é a conservação dos ecossistemas aquáticos. Com base no balanço hídrico, é possível identificar a disponibilidade de água necessária para a manutenção dos rios, lagos e áreas úmidas, essenciais para a preservação da biodiversidade e qualidade da água. Isso é fundamental para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas e sua capacidade de enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas (Maia; Vasconcellos Sobrinho; Mendes, 2022).

Portanto, o balanço hídrico das bacias brasileiras desempenha um papel fundamental na gestão dos recursos hídricos do país. Por meio da análise desse balanço, é possível tomar decisões informadas e estratégicas, promovendo a sustentabilidade do uso da água, prevenindo crises hídricas e conservando os ecossistemas aquáticos (Matsushita; Granado, 2017).

A realização de um balanço hídrico, em contextos científicos e de gestão de recursos hídricos, envolve a aplicação de diversas técnicas e métodos para quantificar e analisar o ciclo da água em uma determinada área geográfica. Essas técnicas são fundamentais para compreender a disponibilidade e a distribuição da água, bem como para tomar decisões informadas sobre o uso sustentável desse recurso vital (ANA, 2019).

Algumas das principais técnicas envolvem o monitoramento preciso da precipitação, medição da vazão dos cursos d'água, estimativa da evapotranspiração, avaliação dos níveis de água em poços, uso de modelagem hidrológica para simulações computacionais, sensoriamento remoto por meio de satélites para análise de mudanças na cobertura vegetal e uso da terra, além do emprego de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para integrar e analisar dados geoespaciais relacionados à água (Romanholi; De Queiroz, 2018; Silva, 2021).

Adicionalmente, a coleta de dados de qualidade da água, que inclui parâmetros como pH, turbidez, sólidos dissolvidos e poluentes, desempenha um papel crucial na

avaliação da saúde dos corpos d'água. Além disso, a avaliação de recursos hídricos subterrâneos por meio de testes de bombeamento e análises geofísicas é essencial em regiões que dependem significativamente de aquíferos para suprimento de água (Santana; Blanco; Pessoa, 2020).

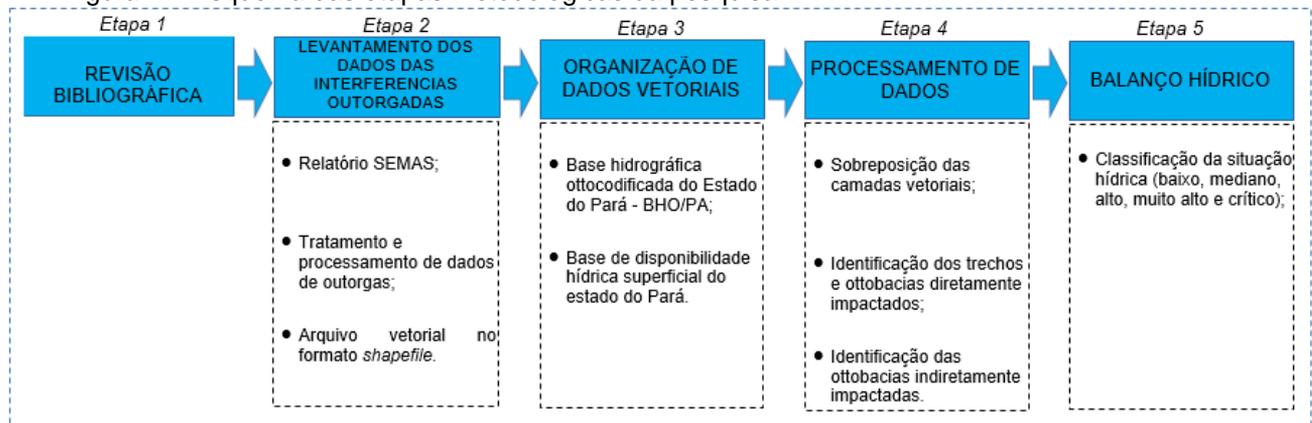
Em suma, a aplicação conjunta dessas técnicas oferece uma visão abrangente do ciclo da água em uma área específica, permitindo uma gestão eficaz e sustentável dos recursos hídricos. Essa abordagem é crucial para garantir o abastecimento de água potável, a preservação dos ecossistemas aquáticos e o desenvolvimento socioeconômico compatível com a disponibilidade hídrica local.



## 4 METODOLOGIA

O diagnóstico da disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Capim (BHRC) foi realizado em 5 grandes etapas, a saber: 1) revisão bibliográfica; 2) levantamento dos dados das interferências hídricas outorgadas na bacia; 3) organização dos dados vetoriais de ottobacias, de trechos de drenagem e de disponibilidade hídrica superficial, provenientes da Base Hidrográfica Ottocodificada do Estado do Pará (BHO/PA); 4) processamento dos dados e 5) realização do balanço hídrico quantitativo conforme esquema da Figura 2.

Figura 2 – Esquema das etapas metodológicas da pesquisa.



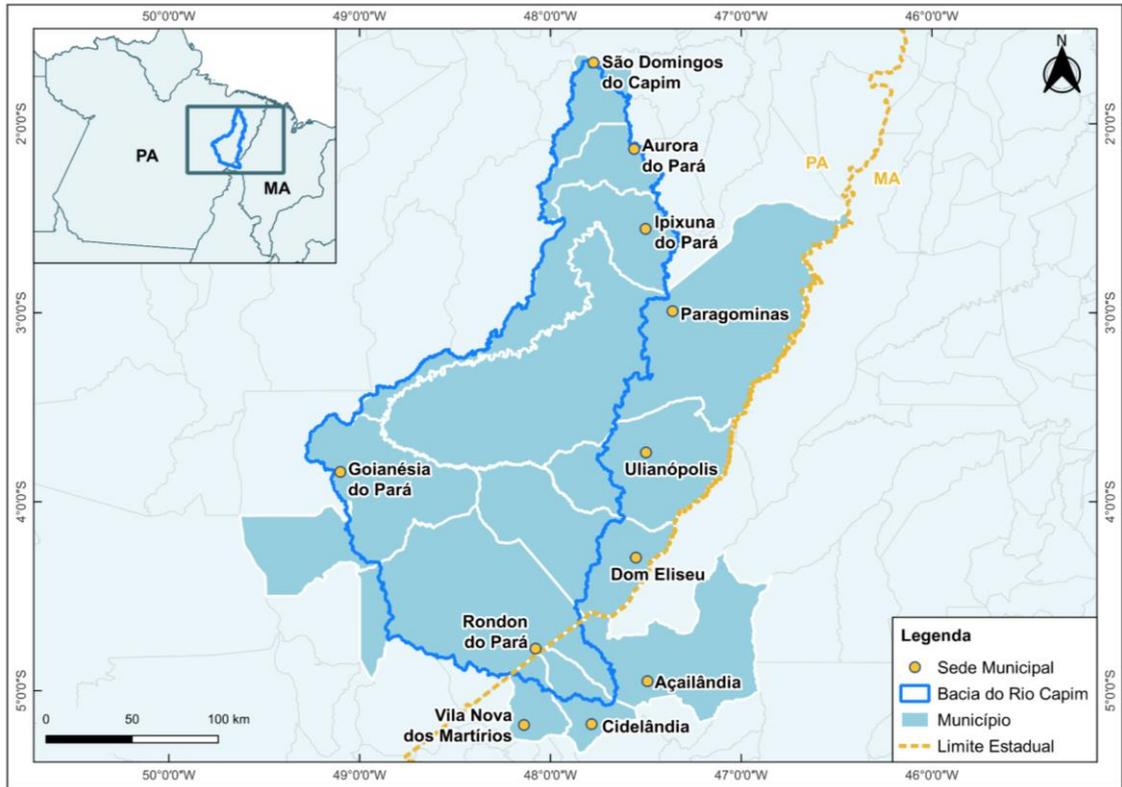
Fonte: Autora (2024).

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo objeto deste trabalho é a Bacia Hidrográfica do Rio Capim (BHRC), situada no nordeste do estado do Pará (Figura 3), inserida na Região Hidrográfica da Costa Atlântica - Nordeste (Figura 4), segundo a resolução nº 04/2008 do Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Pará (Pará, 2008). Sua área total corresponde a aproximadamente 36.660 km<sup>2</sup>, dos quais 96% pertencem ao estado do Pará e 4% ao estado do Maranhão.

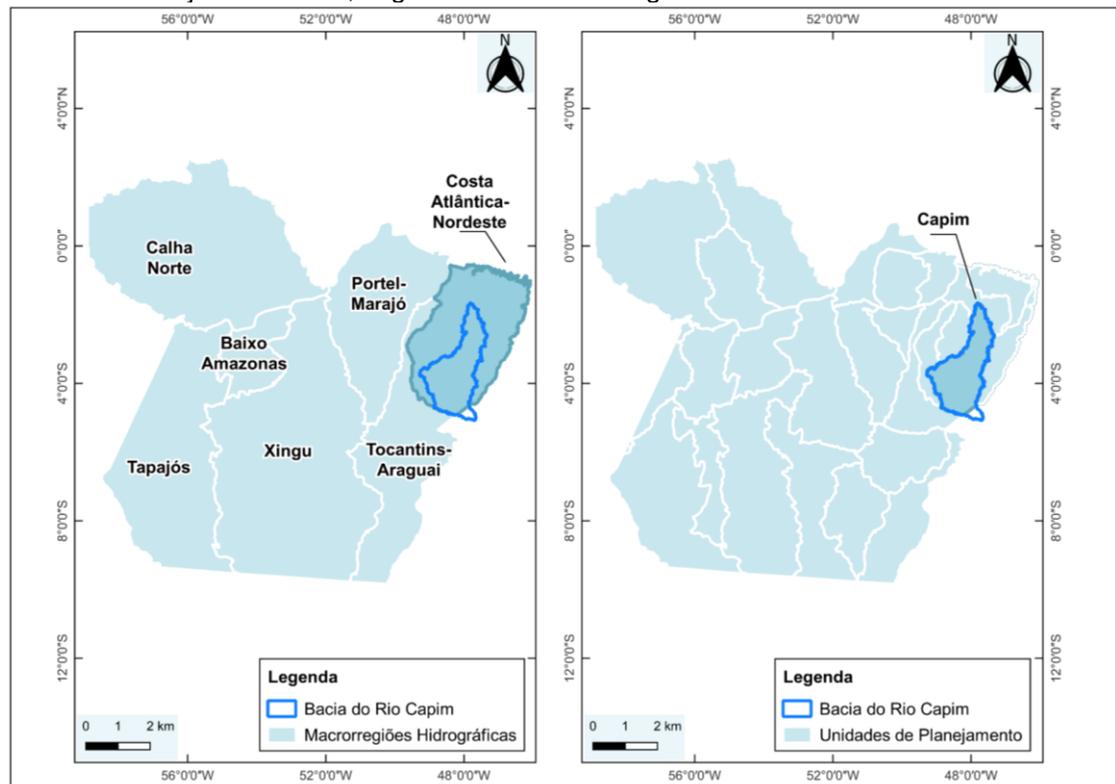
No Pará, a BHRC abrange oito municípios: São Domingos do Capim, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Rondon do Pará e partes de Paragominas, Goianésia do Pará, Ulianópolis e Dom Eliseu. Desses municípios, somente Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Goianésia do Pará e Rondon do Pará têm suas sedes municipais inseridas no território da BHRC. Já no estado do Maranhão, estão localizados apenas os municípios de Açailândia, Cidelândia e Vila Nova dos Martírios, (Figura 3).

Figura 3 – Localização da bacia hidrográfica do rio Capim



Fonte: Autora (2024).

Figura 4 – Localização da BHRC, segundo a divisão hidrográfica estadual.



Fonte: Autora (2024).

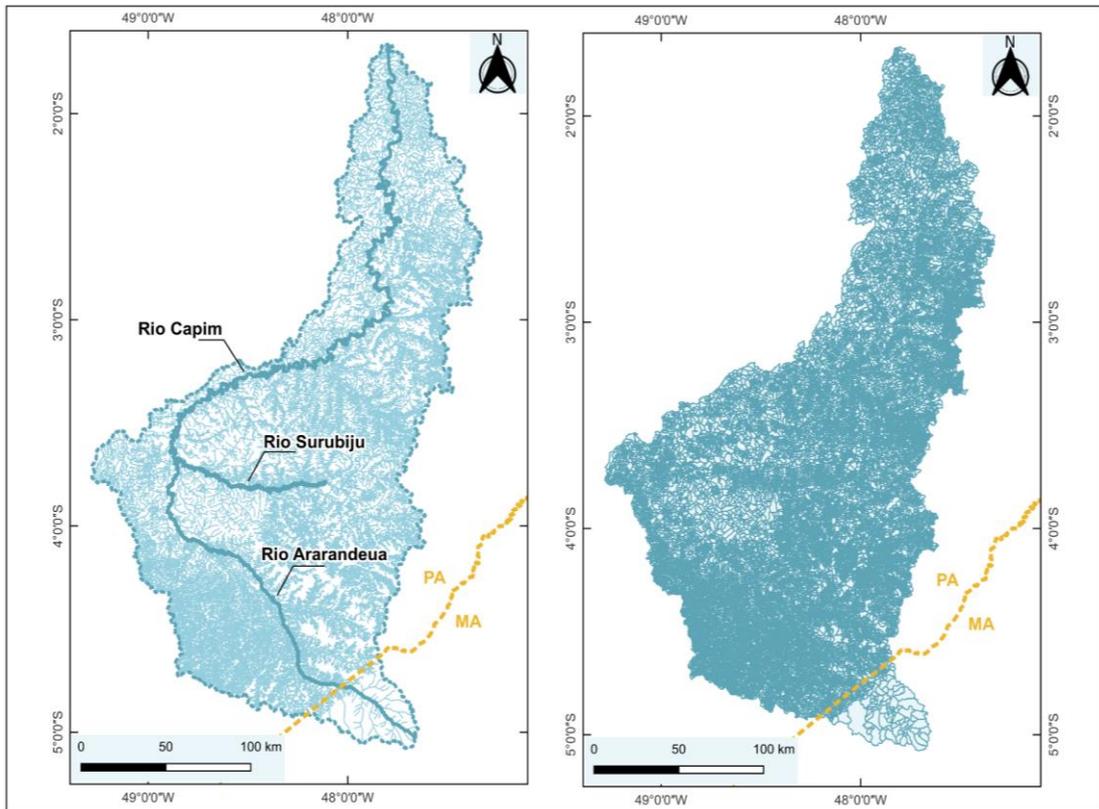
Com relação aos usos múltiplos da água, essa bacia destaca-se por sua importância em termos de recursos hídricos (alto número expressivo de outorgas) e econômicos ligados às atividades da extração vegetal, indústria, pecuária, extração de minerais, como ferro, bauxita, manganês, calcário, ouro e estanho, comércio e uma variada produção agropecuária e agrícola (algodão, pimenta do reino e grãos), além do abastecimento público (Pará, 2020).

Ressalta-se que, neste estudo, a fim de desenvolver uma abordagem mais representativa do ponto de vista hidrológico, a porção da BHRC localizada no Maranhão também foi considerada para a realização do balanço hídrico.

O corpo hídrico principal da BHRC é o rio Capim, formado pela confluência dos rios Surubiju e Ararandeuá, nas proximidades da Serra dos Coroados, entre os municípios de Paragominas e Ipixuna do Pará (Paca et al. 2011; Figura 5). A extensão total do rio Capim é da ordem de 600 km, considerando desde a sua nascente até a sua foz, no rio Guamá. Em seu alto curso, de planície, as larguras do rio variam entre 90 e 350 m, predominando 200 m. Já no baixo curso, as larguras variam de 150 a 1100 m, com largura média de 300 m (Gomes et al. 2009). Ao longo do seu curso, o rio Capim recebe contribuição dos rios Água Boa, Cauaxí, Potiritá, Candiru-Açu e Candiru-mirim, pela margem direita, até desembocar no rio Guamá. O rio Capim atravessa os estados do Maranhão e Pará, sendo assim, é classificado como de dominialidade federal pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2013). (Figura 5).

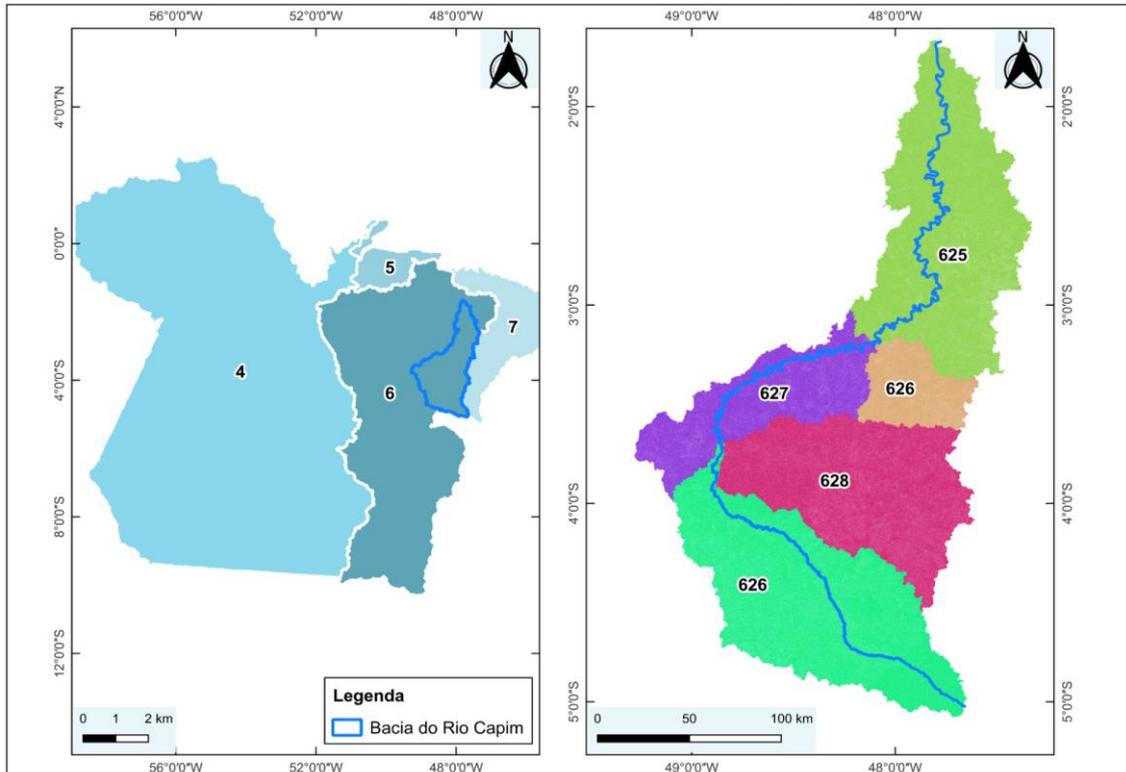
De acordo com a ottocodificação, o rio Capim junto com o rio Guamá formam o curso d'água de código 62, pertencendo, portanto, à bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia (código 6). Por esse motivo, os trechos de drenagem e ottobacias da BHRC também iniciam com código 62, especificamente, com os códigos 625, 626, 627, 628 e 629 (Figura 6).

Figura 5 – Trechos de drenagem (esquerda) e ottobacias/sub-bacias (direita) da BHRC.



Fonte: Autora (2024).

Figura 6 – Trechos de drenagem (esquerda) e ottobacias/sub-bacias (direita) da BHRC.



Fonte: Autora (2024).

## 4.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O estudo foi conduzido com base em um levantamento teórico-conceitual em legislações sobre a gestão de recursos hídricos. A pesquisa utilizou uma coleção de artigos extraídos de bibliotecas eletrônicas científicas online, como Scielo, Scopus e Google Acadêmico, entre outras. Além disso, foram consultadas dissertações, teses, livros e dados de instituições públicas oficiais, a fim de fundamentar todo o estudo.

## 4.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS DAS INTERFERÊNCIAS HÍDRICAS OUTORGADAS

O levantamento de dados das interferências hídricas outorgadas na BHRC foi realizado a partir do relatório de outorgas, dispensas e autorizações da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), no formato de planilha tabular (.xls), disponibilizado no Portal do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos - Portal SEIRH (<http://sistemas.semas.pa.gov.br/portal-seirh/#/secoes/1>).

Os dados da planilha foram consistidos para eliminação de erros, especialmente os relacionados à vazão outorgada, finalidade de uso da água e localização geográfica.

Para o cômputo da disponibilidade hídrica, foram consideradas apenas as interferências de captação superficial (de usos consuntivos), isto é, aquelas que retiram e consomem determinado volume de água diretamente do curso d'água. Além disso, somente as interferências válidas (vigentes) até dezembro de 2023 foram incluídas para os cálculos do balanço hídrico.

A planilha foi, posteriormente, convertida em arquivo vetorial no formato *shapefile* (.shp) para ser então trabalhada em ambiente georreferenciado do QGIS.

## 4.4 ORGANIZAÇÃO DE DADOS VETORIAIS

- **Base Hidrográfica Ottocodificada do Estado do Pará - BHO/PA**

Para realizar disponibilidade hídrica da BHRC, foi utilizada a Base Hidrográfica Ottocodificada do Estado do Pará - BHO/PA, elaborada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), em 2019 e que está disponível para

acesso público no Portal SEIRH (<http://sistemas.semas.pa.gov.br/portal-seirh/#/secoes/4>).

A BHO/PA foi construída na escala de 1:25.000, seguindo o método de codificação de Pfafstetter (1989). Nela, os trechos de drenagem e bacias são representados de forma hierárquica e topologicamente consistente. Além disso, cada trecho e bacia recebe um código identificador único (ottocódigo), pelo qual se realizam as correlações e o armazenamento dos dados e informações.

A BHO/PA é constituída por 5 subprodutos: trechos de drenagem, áreas de drenagem (ottobacias/sub-bacias), cursos d'água, pontos de drenagem e linha de costa.

Para a realização da disponibilidade da BHRC, foram utilizados os subprodutos trechos de drenagem, que representam os corpos hídricos no formato de linha, e as áreas de drenagem, também denominadas de ottobacias, no formato de polígono.

A extração da BHRC, dos trechos de drenagem e das suas ottobacias foi realizada com base no ottocódigo.

Como mencionado anteriormente, o rio Capim e a sua respectiva bacia são tributários da bacia do Tocantins-Araguaia, de código 6, ao nível 1 da ottocodificação. O rio Capim, junto com o rio Guamá, formam o curso d'água 62. Assim, suas sub-bacias/ottobacias possuem código que inicia com 62.

Dessa forma, foram extraídos os trechos de drenagem e as ottobacias que iniciavam com o código 62, mais especificamente, com os códigos 625, 626, 627, 628 e 629.

- **Base de Disponibilidade Hídrica Superficial do Estado do Pará**

Outro produto vetorial primordial utilizado para realização deste trabalho, foi a Base de Disponibilidade Hídrica Superficial do Estado do Pará, também produzida pela SEMAS em 2019 e utilizada em seus processos de gestão.

Essa base utiliza a BHO/PA como referência e nela os trechos de drenagem possuem as vazões características Q<sub>imp</sub> (vazão média de longo período), Q<sub>50</sub>, Q<sub>85</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub> (vazões de permanência) determinadas.

As vazões características da Base de Disponibilidade Hídrica Superficial foram regionalizadas a partir da aplicação do Modelo Hidrológico de Grandes Bacias da América do Sul - MGB-SA, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - IPH/UFRGS (Siqueira *et al.*, 2018).

Para o balanço hídrico da BHRC, foi utilizada a vazão mínima correspondente

a 95% de permanência (Q95), que é a vazão de referência para a emissão de outorgas, adotada pela SEMAS.

A Base de Disponibilidade Hídrica Superficial também está disponível para acesso público e *download* no Portal SEIRH (<http://sistemas.semas.pa.gov.br/portal-seirh/#/secoes/5>) .

#### 4.5 PROCESSAMENTO DE DADOS

O processamento de dados para a realização da disponibilidade hídrica da BHRC foi subdividido em 3 etapas, que serão descritas a seguir:

- I. **Sobreposição das camadas vetoriais:** Foi realizada a sobreposição espacial, no software QGIS, entre as camadas das áreas de drenagem (ottobacias), dos trechos de drenagem, de disponibilidade hídrica superficial e dos pontos de interferência hídrica outorgados (relatório de outorgas, dispensas e autorizações);
- II. **Identificação dos trechos e ottobacias diretamente impactados:** após a sobreposição espacial das camadas, executada na etapa anterior, foram identificados os trechos de drenagem e as ottobacias diretamente impactados pelos pontos de interferência hídrica outorgados. No próprio QGIS, o valor da vazão outorgada do ponto de interferência hídrica foi transferido diretamente ao trecho e à ottobacia correspondente.
- III. **Identificação das ottobacias indiretamente impactadas:** Para os trechos de drenagem e as ottobacias indiretamente impactadas, isto é, as bacias localizadas a jusante daquela diretamente impactada, foram utilizados os atributos “nó de origem” e “nó de destino” presentes na camada de trecho de drenagem.

Nessa camada, cada trecho de drenagem (segmento de linha/reta) possui um código identificador único para o seu ponto de origem (nó de origem) e outro para o seu ponto de destino (nó destino). Nessa configuração, os trechos de drenagem se

interligam através desses nós, de montante para jusante, formando uma rede hidrologicamente consistente. Assim, foi possível identificar todas as ottobacias impactadas a jusante do ponto de interferência hídrica.

#### 4.6 AVALIAÇÃO DO COMPROMETIMENTO HÍDRICO

O comprometimento hídrico na bacia do rio Capim foi avaliado por meio do indicador Water Exploitation Index (WEI). O WEI avalia a razão entre a demanda (retirada de água para os diversos usos consuntivos) e a oferta de água (disponibilidade hídrica), e é expresso em termos de percentuais de comprometimento (ANA, 2021), conforme demonstrado na equação 1.

$$BH = \left( \frac{\sum \text{Demandas de usos consuntivos}}{\text{Disponibilidade Hídrica}} \right) * 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Para ANA (2021), o balanço hídrico se apresenta como uma ferramenta primordial para a gestão, pois ele é capaz de identificar pressões e potenciais conflitos que podem incidir sobre os recursos hídricos. Além disso, o balanço hídrico é fundamental para orientar a gestão e o planejamento nas bacias hidrográficas, visando garantir a segurança hídrica (ANA, 2021).

No balanço hídrico deste estudo, a demanda foi calculada a partir do somatório das vazões de retirada para os diversos usos consuntivos outorgados pela SEMAS e ANA, enquanto a oferta de água foi estimada a partir da disponibilidade hídrica, expressa pela vazão de garantia Q95. Desse modo, o balanço hídrico foi realizado para todos os trechos de drenagem e ottobacias que constituem a BHRC aplicando-se a equação 1.

Com o resultado obtido pela equação, os percentuais de comprometimento foram classificados em 5 níveis (Figura 7) (ANA, 2021):

Figura 7 – Faixas de classificação da situação hídrica

Situação hídrica		Descrição
< 5%	Baixo	Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária;
5% - 30%	Mediano	Podendo ocorrer necessidade de gerenciamento dos recursos hídricos para solução de problemas locais de abastecimento
30% - 70%	Alto	A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
70% - 100%	Muito alto	Exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
> 100%	Crítico	A atividades de gerenciamento e de investimentos e realocação de demandas são necessárias de forma urgente.

Fonte: Adaptado, Ana (2024).

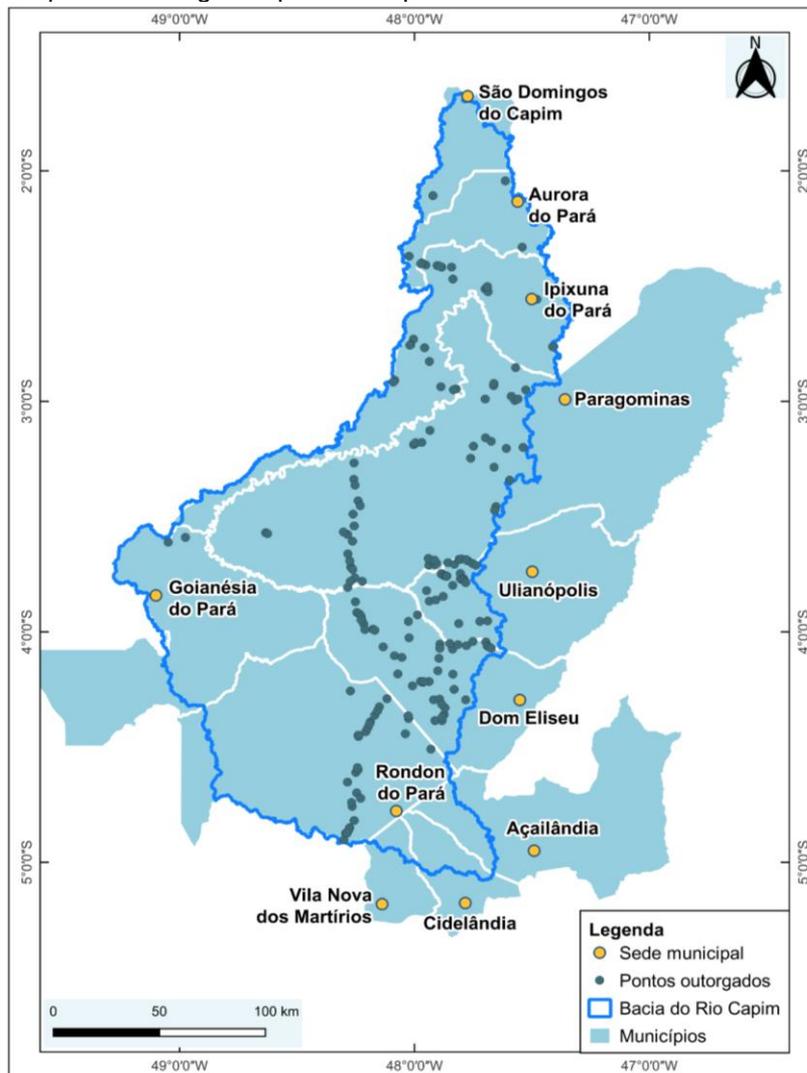
## 5 RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIM

Após análise dos dados de usuários outorgados na BHRC, foram identificados 64 títulos autorizativos vigentes para captação de água superficial na circunscrição da BHRC, distribuídos em 190 pontos de interferência hídrica. Desse total, 63 foram emitidas pela SEMAS/PA, e 1 título de outorga foi emitido pela ANA, conforme apresentado na Tabela 1.

Na Figura 8, tem-se uma visão geral das interferências hídricas de captação de água superficial concedidas pela SEMAS e ANA na BHRC.

Figura 8 – Mapa de pontos outorgados por município na BHRC.



Fonte: Adaptado de SEMAS (2024).

Quanto à modalidade do título emitido, 12 são declarações de dispensa de outorga (usos insignificantes), 51 outorgas de direito de uso e 1 outorga preventiva.

Tabela 1– Descrição dos usuários outorgados para captação superficial na BHRC.

ID	Município	Título	Tipo de empreendimento	Finalidade	Vazão m³/dia
1	Dom Eliseu	3070	Órgãos ou agentes públicos	Sondagem no solo	1.8
2	Paragominas	3207	Pecuária	Dessedentação de animais	0.6
3	Ipixuna do Pará	3288	Pecuária	Dessedentação de animais	8
4	Ipixuna do Pará	3697	Agricultor	Irrigação	1950
5	Paragominas	3702	Agricultor	Irrigação	3080
6	Paragominas	3888	Agroindústria	Irrigação	3925.6
7	Dom Eliseu	4231	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
8	Dom Eliseu	4486	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
9	Rondon do Pará	4734	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
10	Paragominas	4844	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
11	Paragominas	5221	Agricultor	Irrigação	4800
12	Ipixuna do Pará	5425	mineradora	Umectação de vias	1000
13	Dom Eliseu	5678	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
14	Paragominas	5687	Agricultor	Irrigação	1289.19
15	Paragominas	5702	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
16	Rondon do Pará	5750	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
17	Dom Eliseu	5808	Industria de celulose e papel	Irrigação	15.85
18	Dom Eliseu	5823	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
19	Ulianópolis	6521	Aquicultor	Irrigação	3816
20	Paragominas	1255	Aquicultor	Irrigação	8269.43
21	São Domingos do Capim	2677	Pecuária	Dessedentação de animais	40
22	Paragominas	2730	Aquicultor	Irrigação	62.94
23	Rondon do Pará	2775	Pecuária	Dessedentação de animais	9.6
24	Paragominas	3009	Industria de celulose e papel	Irrigação	37.37
25	Dom Eliseu	3196	Industria de celulose e papel	Irrigação	9
26	Dom Eliseu	3233	Agricultor	Abastecimento humano	3
27	Dom Eliseu	3248	Pecuária	Dessedentação de animais	16.4
28	Ipixuna do Pará	3286	Mineradora	Umectação de vias	69.66
29	Dom Eliseu	3330	Pecuária	Dessedentação de animais	50
30	Paragominas	3930	mineradora	Industrial	19200
31	Aurora do Pará	4093	Pecuária	Dessedentação de animais	233.44
32	Aurora do Pará	4243	Agricultor	Irrigação	297.3
33	Ipixuna do Pará	4310	mineradora	Umectação de vias	925
34	Dom Eliseu	4589	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
35	Dom Eliseu	4593	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
36	Ulianópolis	5183	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
37	Paragominas	5246	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
38	Ipixuna do Pará	5258	Agricultor	Irrigação	10000

Fonte: Adaptado de SEMAS (2024).

Tabela 1 – Descrição dos usuários outorgados para captação superficial na BHRC.

(continua)

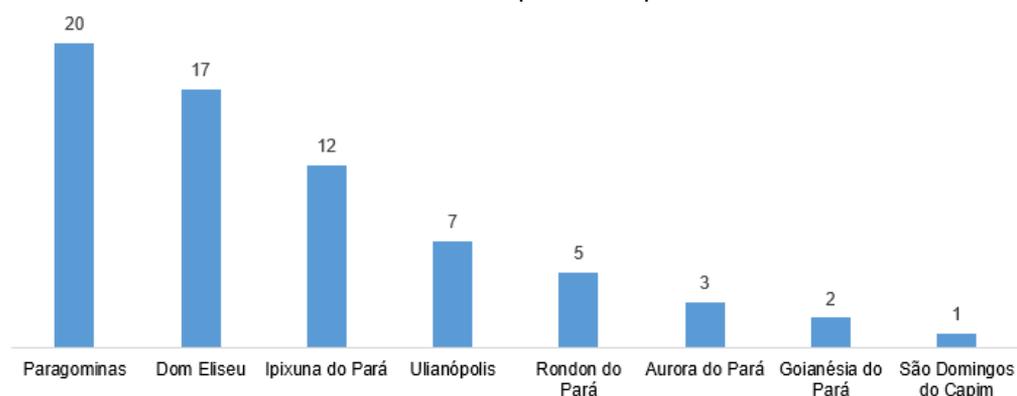
ID	Município	Título	Tipo de empreendimento	Finalidade	Vazão m³/dia
39	Paragominas	5323	Aquicultor / piscicultor	Aquicultura	110
40	Rondon do Pará	5361	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
41	Ipixuna do Pará	5442	mineradora	Umectação de vias	220
42	Ipixuna do Pará	5462	Pecuária	Dessedentação de animais	120
43	Ipixuna do Pará	5524	Agropecuária	Irrigação	4187.49
44	Ipixuna do Pará	5594	Construção civil	Umectação de vias	360
45	Dom Eliseu	5707	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
46	Ulianópolis	5759	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
47	Dom Eliseu	5823	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
48	Ipixuna do Pará	5866	Mineradora	Umectação de vias	1420
49	Rondon do Pará	5868	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
50	Paragominas	6044	Aquicultor / piscicultor	Aquicultura	821
51	Ulianópolis	6081	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
52	Dom Eliseu	6186	Industria de celulose e papel	Irrigação	600
53	Goianésia do Pará	6190	Agricultor	Irrigação	8157.4
54	Paragominas	6359	Industria de celulose e papel	Irrigação	332.25
55	Dom Eliseu	6460	Industria de celulose e papel	Irrigação	1200
56	Aurora do Pará	6522	Pecuária	Dessedentação de animais	181.32
57	Paragominas	6628	Agricultor	Irrigação	2477.6
58	Ulianópolis	6718	Aquicultor / piscicultor	Aquicultura	1756.3
59	Paragominas	6884	Agroindústria	Industrial	5177.57
60	Ipixuna do Pará	6895	Agricultor	Irrigação	72
61	Paragominas	6908	Mineradora	Extração mineral	57600
62	Goianésia do Pará	6980	Agricultor	Irrigação	3520.71
63	Paragominas	7068	Aquicultor / piscicultor	Aquicultura	930
64	Ipixuna do Pará	2501	Mineradora	Industrial	984,375

Fonte: Adaptado de SEMAS (2024).

Como pode ser observado na Figura 9, constatou-se que em alguns municípios, o número de outorgas concedidas é consideravelmente maior que em outros. Por exemplo, Paragominas (29,5%), Dom Eliseu (25%) e Ipixuna do Pará (17,5%), juntos totalizam 49 títulos de outorgas, o que representa 72% do total emitido.

Cabe destacar ainda o baixo número de outorgas localizadas nos municípios de São Domingos do Capim (1), Goianésia do Pará (2) e Aurora do Pará (3), que somam apenas 6 títulos emitidos. Ulianópolis e Rondon do Pará também possuem poucos títulos emitidos, 7 e 6, respectivamente.

Figura 9 – Totais de títulos autorizativos emitidos por município na BHRC.



Fonte: Autora, 2024.

A vazão total outorgada na BHRC é de 383.583,99 m<sup>3</sup>/dia ( $\approx$  4,45 m<sup>3</sup>/s). Essa vazão apresenta-se também de forma desproporcional entre os municípios, como demonstrado na Tabela 2. A predominância dos títulos outorgados para estes municípios não significa que as vazões totais mais elevadas derivam também dos mesmos, com exceção de Paragominas que apresenta um valor de vazão outorgada de 231.971,65 m<sup>3</sup>/dia (60,5%) e Ulianópolis 90.604,29 m<sup>3</sup>/dia (23,6%). Ambos os municípios totalizam 84,1% da água outorgada na BHRC.

Em seguida estão Ipixuna do Pará (26.487,96 m<sup>3</sup>/dia, 6,9%), Dom Eliseu (17.073 m<sup>3</sup>/dia, 4,5%) e Goianésia do Pará (11.678,11 m<sup>3</sup>/dia, 3,0%), com valores inferiores, mas ainda significativos. Rondon do Pará, Aurora do Pará e São Domingos do Capim são os municípios com os menores valores de vazão outorgados, correspondendo a 1,5% do total (Tabela 2).

Tabela 2 – Vazão outorgada por município na BHRC.

Município	Vazão Outorgada (m <sup>3</sup> /dia)	Vazão Outorgada (m <sup>3</sup> /s)	%
Paragominas	231.971,65	2,68	60,5
Ulianópolis	90.604,29	1,05	23,6
Ipixuna do Pará	26.487,96	0,31	6,9
Dom Eliseu	17.073,77	0,20	4,5
Goianésia do Pará	11.678,11	0,14	3,0
Rondon do Pará	5.016,15	0,06	1,3
Aurora do Pará	712,06	0,01	0,2
São Domingos do Capim	40,00	0,0005	0,01
<b>Total</b>	<b>383.583,99</b>	<b>4,44</b>	

Fonte: Autora, 2024.

Paragominas não tem sua sede localizada na delimitação da bacia em estudo, porém, abrange a maior parte de seu território administrativo. Este município se destaca como uma área de expansão econômica significativa no estado do Pará, desenvolvendo atividades voltadas para a agropecuária, seguida pela exploração de recursos vegetais e da mineração. É essencial compreender diferentes formas de uso e ocupação da terra para identificar regiões com vulnerabilidade ambiental, causadas principalmente por ações humanas, a fim de minimizar os impactos negativos no equilíbrio ambiental.

Tabela 3 – Vazão outorgada por finalidade de uso da água outorgada na BHRC.

<b>Finalidades de Uso</b>	<b>Vazão Outorgada (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>Vazão Outorgada (m<sup>3</sup>/s)</b>
Irrigação	274.798,13	3,18
Extração Mineral	57.600,00	0,67
Industrial	38.195,73	0,44
Umectação de vias	8.568,47	0,10
Aquicultura	3.617,30	0,04
Dessedentação de animais	693,36	0,01
Sondagem de solo	90,00	0,001
Abastecimento humano	3,00	0,00003
<b>Total</b>	<b>383.583,99</b>	<b>4,44</b>

Fonte: Autora, 2024.

Na Tabela 3 e Figura 10 pode-se observar que o uso da água superficial outorgada na BHRC é bastante diverso, tendo como destaque 8 finalidades principais: irrigação, abastecimento humano, sondagem de solo, dessedentação animal, umectação de vias, industrial, aquicultura e extração mineral.

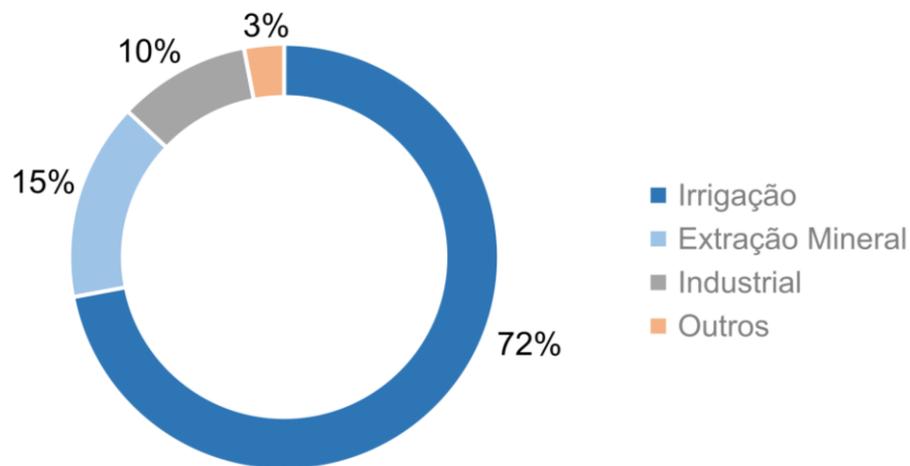
Apesar dessa diversidade, a irrigação é o uso preponderante na BHRC, correspondendo a 72% do volume total captado, ou cerca de 274.783,13 m<sup>3</sup>/dia ( $\approx$  3,18 m<sup>3</sup>/s). Destacam-se ainda, os usos para extração mineral, 57.600 m<sup>3</sup>/dia ( $\approx$  0,67 m<sup>3</sup>/s) e para a indústria, 38.195,73 ( $\approx$  0,44 m<sup>3</sup>/s), que totalizam 25%. Os demais usos somam 12.990,13 m<sup>3</sup>/dia ( $\approx$  0,15 m<sup>3</sup>/s), correspondendo a 3% dos usos outorgados (Tabela 3 e Figura 10).

Nessa perspectiva, a ANA (2021) diz que a agricultura irrigada é o setor que mais consome água no Brasil, correspondendo aproximadamente 50% da captação de água bruta tanto em mananciais superficiais quanto subterrâneos (ANA, 2021).

Vale destacar que, conforme explanado por Stinghen e Mannich (2019), a relação entre as demandas das atividades associadas aos usos da água em uma bacia, e a disponibilidade hídrica para supri-las, são essenciais para o desenvolvimento de um diagnóstico eficaz de recursos hídricos que servirá de suporte à gestão da água.

No município de Paragominas, segundo o IBGE (2017) nos últimos dez anos, houve aumento tanto na produção de grãos quanto o reflorestamento, tornando-se, em 2007, o maior produtor paraense de milho, o quarto maior de soja, o quinto maior de arroz, e o terceiro maior produtor de madeira em tora proveniente de florestas plantadas.

Figura 10 – Percentuais da vazão outorgada por finalidade de uso na BHRC



Fonte: Autora, 2024.

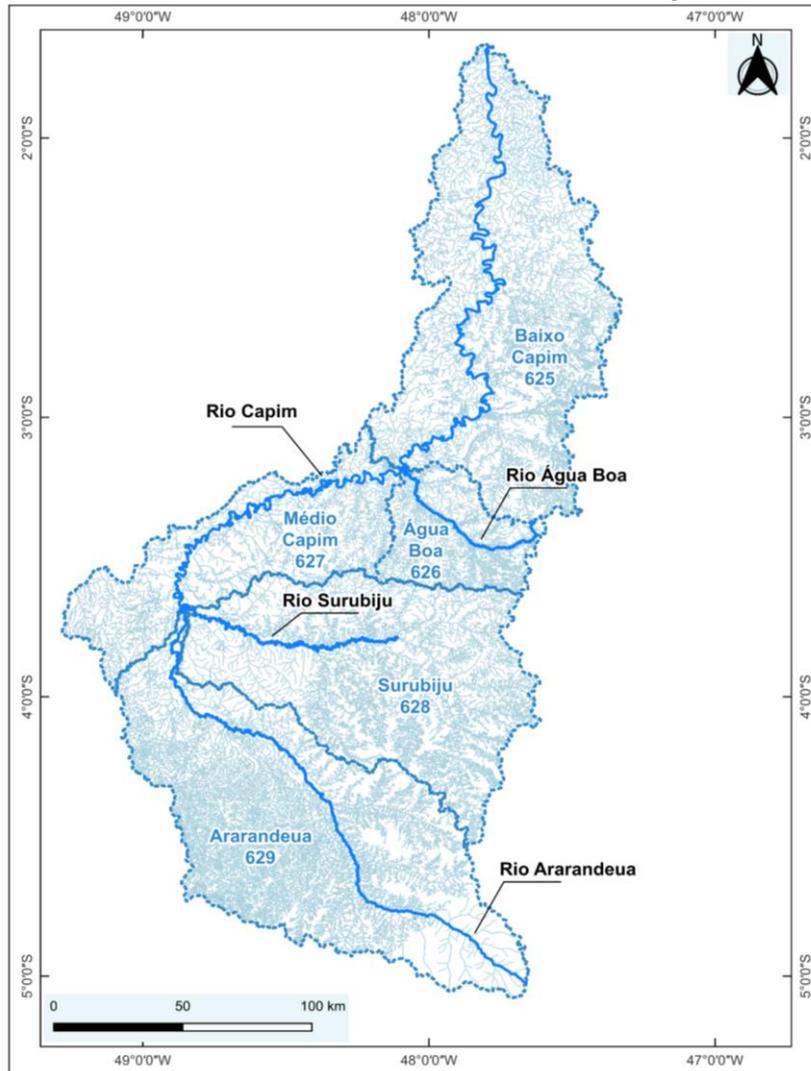
De acordo com a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (2021), a maior parte das bacias hidrográficas suscetível quantitativamente tem na agricultura irrigada o uso consuntivo mais expressivo. Essa situação pode levar a conflitos, seja dentro do próprio setor agrícola ou com outros setores que competem pelo uso da água.

## 5.2 DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

A análise da disponibilidade hídrica superficial foi realizada para os 70.867 trechos de drenagem e otobacias que constituem a BHRC, segundo a Base Hidrográfica Ottocodificada do Estado do Pará (SEMAS, 2019), na escala de 1.25:000. Para alguns resultados, a análise é apresentada considerando a subdivisão

das ottobacias no nível 3 da ottocodificação (Figura 11), que ressalta as 4 principais sub-bacias do rio Capim, de jusante para montante: Baixo Capim (625), rio Água Boa (626), Médio Capim (627), rio Surubiju (628) e rio Ararandeua (629).

Figura 11– Mapa da subdivisão das ottobacias no nível 3 da ottocodificação da BHRC.



Fonte: Autora, 2024.

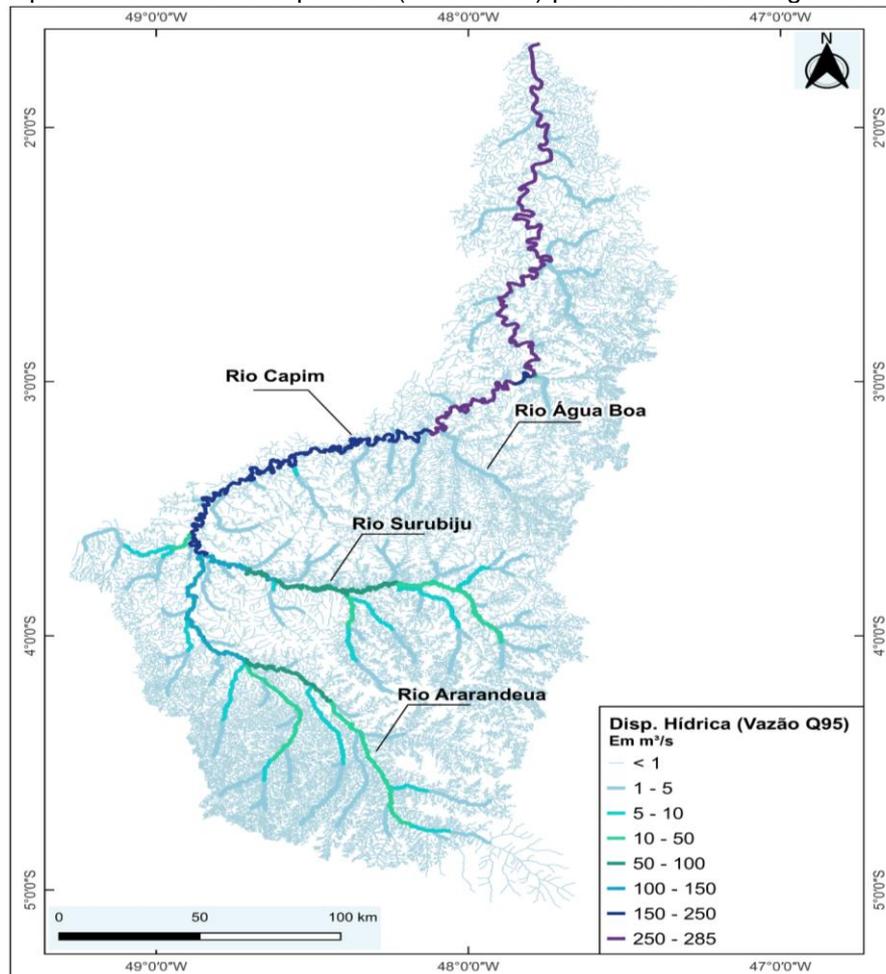
Quanto à disponibilidade hídrica superficial, extraída da Base de Disponibilidade Hídrica Superficial (SEMAS, 2019), constatou-se que cerca de 96% (67.874) dos trechos de drenagem da BHRC possuem vazão Q95 inferior a 1 m<sup>3</sup>/s, 3% (1.835), vazão que varia de 1 a 5 m<sup>3</sup> e 1% (1.158), de 5 a 284 m<sup>3</sup>/s (Tabela 4 e Figura 12).

Tabela 4 – Quantitativo de trechos de drenagem da BHRC, distribuídos por intervalos de vazão Q95.

Vazão Q95 (m <sup>3</sup> /s)	Quantidade de trechos de drenagem	%
< 1	67.874	96,0
1 - 5	1.835	3,0
5 - 10	339	0,5
10 - 50	267	0,4
50 - 100	127	0,2
100 - 150	88	0,1
150 - 250	126	0,2
250 - 285	211	0,3
<b>Total</b>	<b>70.867</b>	

Fonte: SEMAS, 2019.

Figura 12 – Disponibilidade hídrica superficial (vazão Q95) por trecho de drenagem da BHRC.

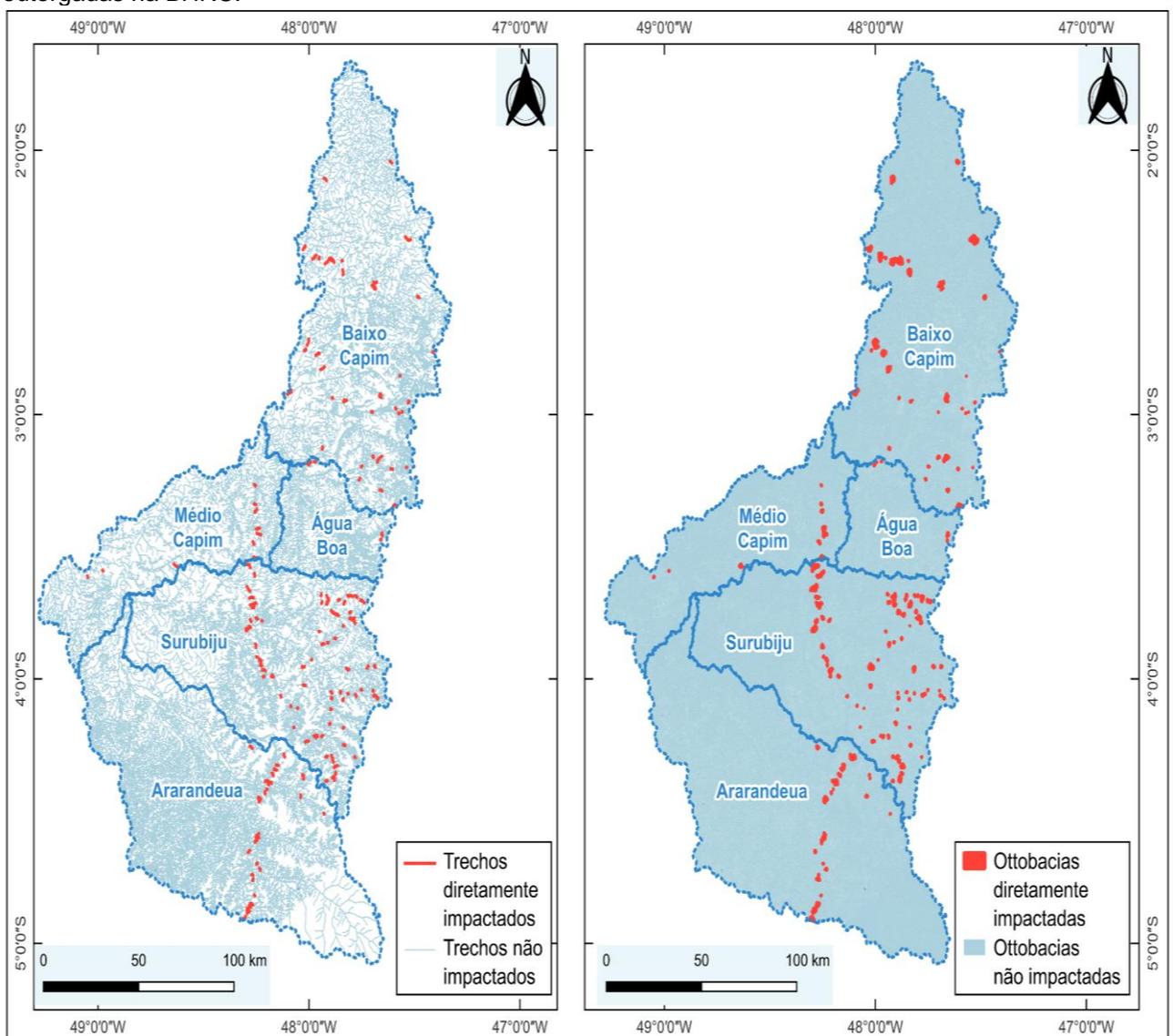


Fonte: Autora, 2024.

Os rios Capim (284,5 m<sup>3</sup>/s), Ararandeuá (132,5 m<sup>3</sup>/s) e Surubiju (111,0 m<sup>3</sup>/s) são os que possuem os mais expressivos valores de vazão Q95 da BHRC e, portanto, a melhor situação em relação à disponibilidade hídrica.

Do universo de 70.867 trechos e ottobacias que constituem à BHRC, foi identificado que 180 são impactados diretamente pelas retiradas de água outorgadas (Tabela 5 e Figura 11) e 3.001 são impactados indiretamente a jusante, totalizando 3.181 ottobacias impactadas em toda bacia do Capim (Tabela 5 e Figura 13).

Figura 13 – Trechos (esquerda) e ottobacias (direita) diretamente impactados pelas retiradas de água outorgadas na BHRC.



Fonte: Autora, 2024.

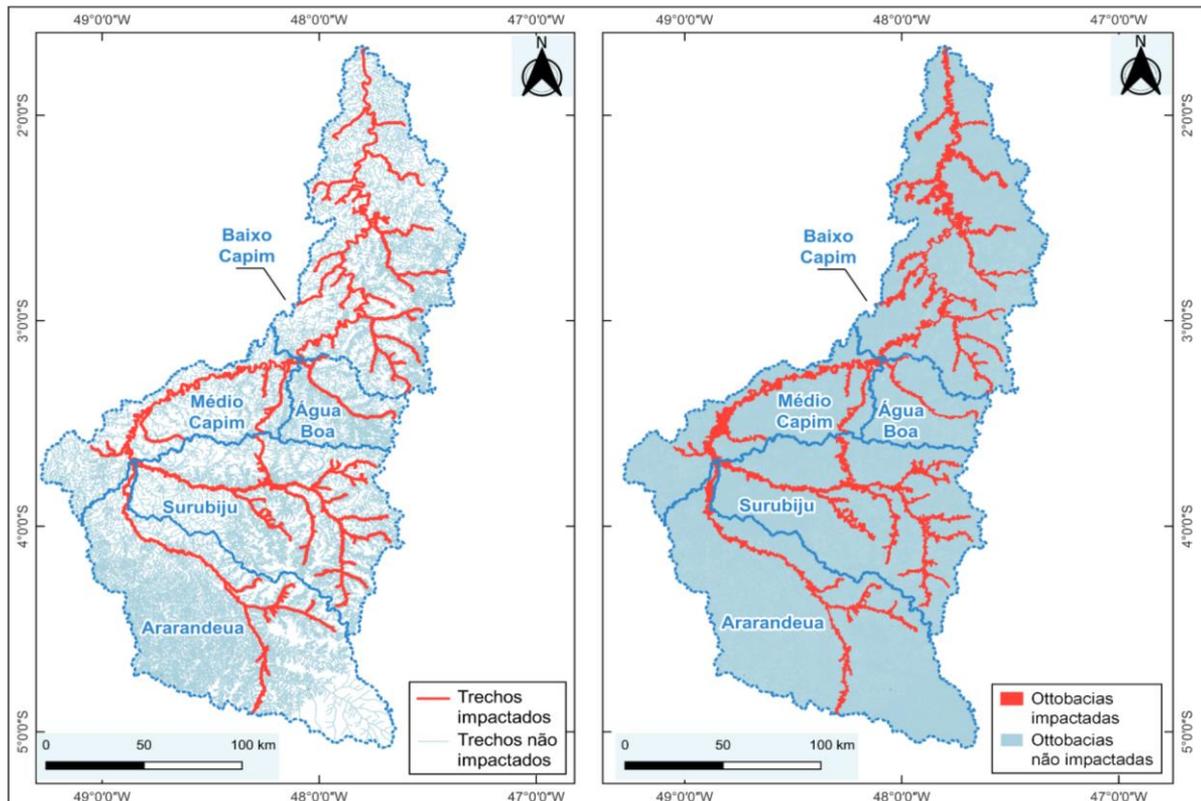
Tabela 5 – Quantitativo de trechos de drenagem da BHRC, distribuídos por intervalos de vazão Q95.

Sub-bacia	Trechos/ ottobacias diretamente impactados	Trechos/ ottobacias indiretamente impactados	Totais de trechos e ottobacias impactados	%
Baixo Capim (625)	45	1.035	1.080	34,0
Água Boa (626)	6	194	200	6,3
Médio Capim (627)	11	360	371	11,7
Surubiju (628)	89	859	948	29,7
Ararandeuá (629)	29	553	582	18,3
<b>Total</b>	<b>180</b>	<b>3.001</b>	<b>3.181</b>	

Fonte: Autora, 2024.

Quando se considera o total de trechos de drenagem e ottobacias impactados (direta e indiretamente), o Baixo Capim apresenta o maior quantitativo, com 1.080 (34%), seguido do Surubiju, 948 (29,7%) e Ararandeuá, 582 (18,3%). Médio Capim e Água apresentam o menor quantitativo de trechos e ottobacias impactados, com 371 (11,7%) e 200 (6,3%), respectivamente.

Figura 14 – Trechos (esquerda) e ottobacias (direita) impactados pelas retiradas de água outorgadas na BHRC.



Fonte: Autora, 2024.

Em relação às vazões retiradas, os trechos de drenagem e ottobacias do rio Surubiju também são os mais impactados (Tabela 6), com o total de 206.355,73 m<sup>3</sup>/dia, isto é, 53,8% do valor total retirado da BHRC. Nos trechos e ottobacias do Baixo Capim, as vazões de retirada totalizam 120.681,21 m<sup>3</sup>/dia (31,5%), no rio Água Boa, 30.240,19 m<sup>3</sup>/dia (7,9%), Médio Capim, 21.290,71 m<sup>3</sup>/dia (5,6%) e Ararandeuá, 5.016,15 m<sup>3</sup>/dia (1,3%).

Tabela 6 – Total de vazões retiradas (usos outorgados) por sub-bacia da BHRC.

<b>Sub-bacia</b>	<b>Vazão retirada (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>%</b>
Baixo Capim (625)	120.681,21	31,5
Água Boa (626)	30.240,19	7,9
Médio Capim (627)	21.290,71	5,6
Surubiju (628)	206.355,73	53,8
Ararandeuá (629)	5.016,15	1,3
<b>Total</b>	<b>383.583,99</b>	

Fonte: Autora, 2024.

Quando avaliada a situação hídrica, isto, a relação entre as vazões retiradas (usos outorgados) e a disponibilidade hídrica expressa pela vazão Q95, identificou-se que a maior parte dos trechos/ottobacias da BHRC, cerca de 98% (69.881), apresenta comprometimento hídrico baixo, inferior a 5% de sua disponibilidade hídrica (Tabela 7, Figuras 16 e 17), o que confere uma situação hídrica considerada excelente.

Trechos de drenagem e ottobacias com comprometimento mediano (5 a 30% da disponibilidade) totalizaram 664 e comprometimento alto (30 a 70% da disponibilidade hídrica) somaram 161 (Tabela 7, Figuras 15 e 16).

Os níveis de comprometimento muito alto (70 a 100% da disponibilidade hídrica) e crítico (> 100% da disponibilidade hídrica) foram identificados em 20 e 141 trechos/ottobacias, respectivamente (Tabela 7, Figuras 15 e 16).

Cabe destacar que os trechos de drenagem e ottobacias com situação crítica (comprometimento >100%) estão concentrados nas sub-bacias do Baixo Capim (67), Água Boa (40) e Surubiju (23; Tabela 8).

Por outro lado, os trechos de drenagem e ottobacias do Rio Ararandeuá são os que apresentaram os melhores níveis de comprometimento hídrico, com apenas 43 classificados no nível mediano (5 a 30%; Tabela 8).

Tabela 7 – Níveis de comprometimento hídrico dos trechos de drenagem e ottobacias da BHRC.

Níveis de Comprometimento (retiradas/vazão Q95)	Quantitativos de trechos e ottobacias
Baixo (> 5%)	69.881
Mediano (5 - 30%)	664
Alto (30 - 70%)	161
Muito Alto (70 a 100%)	20
Crítico (> 100%)	141
<b>Total</b>	<b>70.867</b>

Fonte: Autora, 2024.

Tabela 8 – Níveis de comprometimento hídrico dos trechos de drenagem e ottobacias da BHRC.

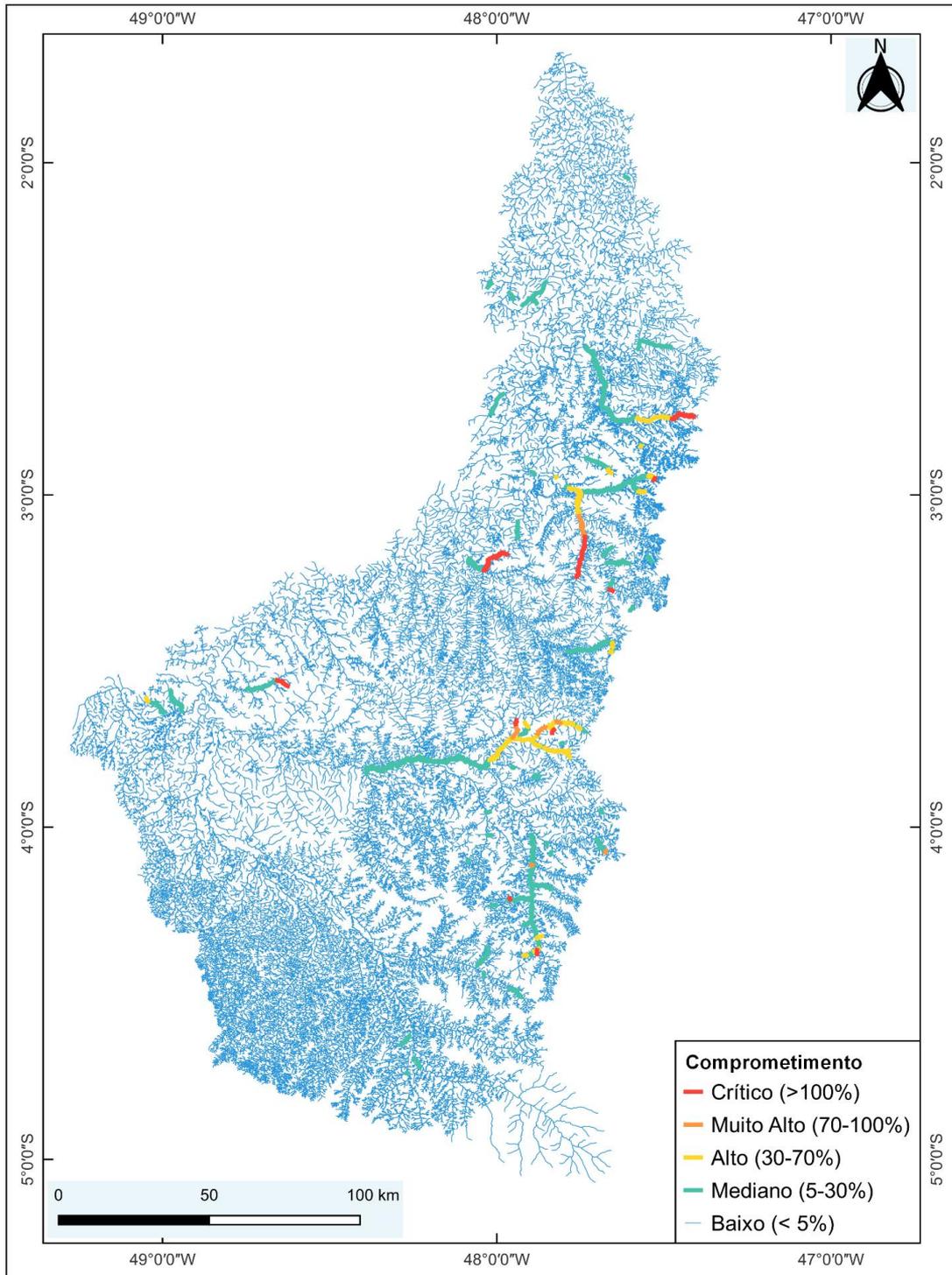
Sub-bacia	Níveis de Comprometimento (retiradas/vazão Q95)				
	Baixo (>5 %)	Mediano (5 - 30%)	Alto (30 - 70%)	Muito Alto (70 - 100%)	Crítico (>100%)
Baixo Capim (625)	18.283	282	63	7	67
Água Boa (626)	4.999	65	4	0	40
Médio Capim (627)	6.598	50	2	0	11
Surubiju (628)	14.977	224	92	13	23
Ararandeuá (629)	25.024	43	0	0	0
<b>Total</b>	<b>69.881</b>	<b>664</b>	<b>161</b>	<b>20</b>	<b>141</b>

Fonte: Autora, 2024.

Cabe destacar que dos 141 trechos de drenagem/ottobacias classificados em nível crítico, 123 apresentaram valores muito elevados de comprometimento hídrico, acima de 150% da capacidade da bacia. Em alguns casos, observou-se, por meio de imagens de satélite, a presença de barramentos nas proximidades desses pontos, o que pode ter contribuído para o aumento pontual da disponibilidade hídrica e do valor outorgado para o usuário/empreendimento.

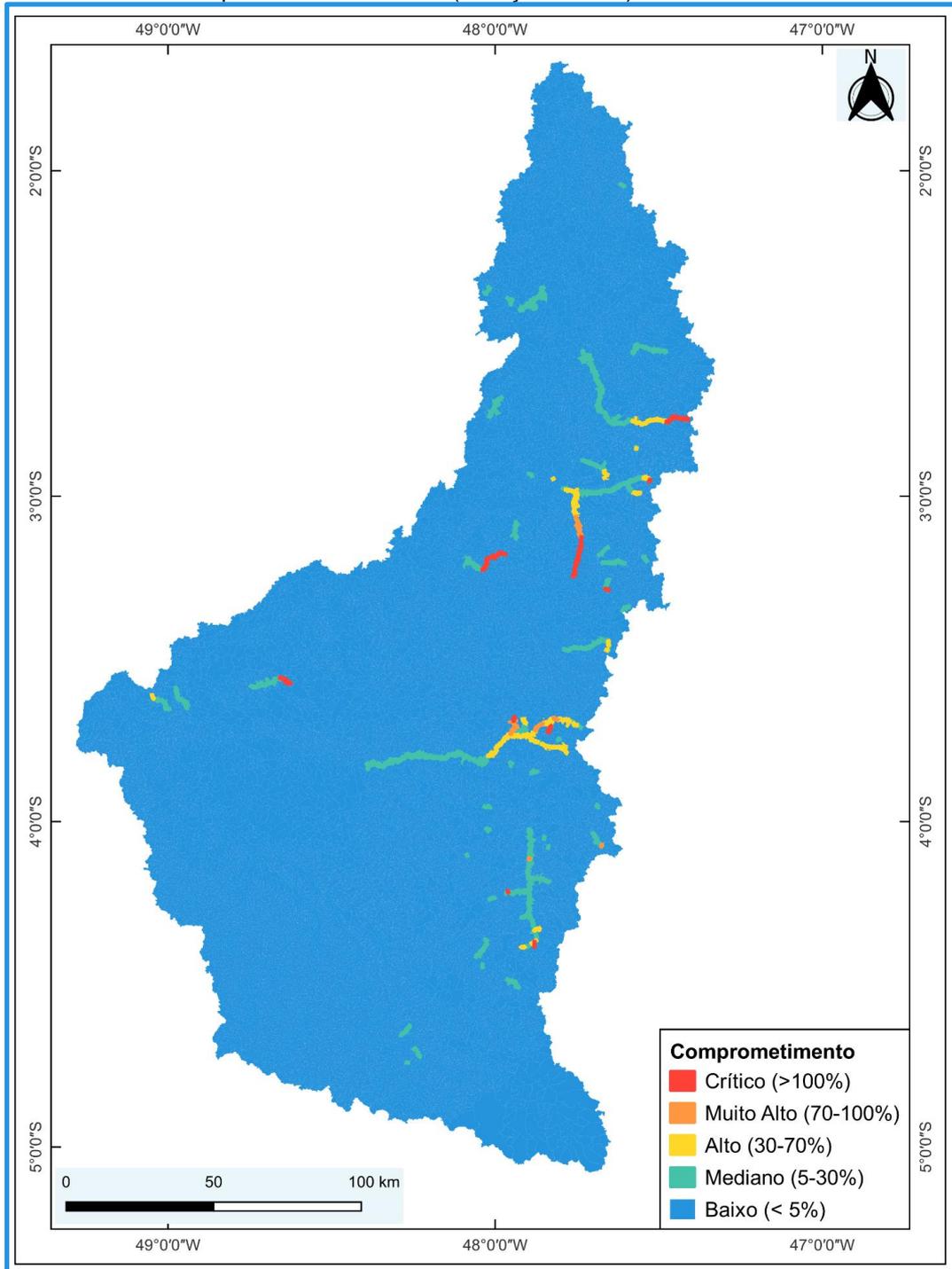
Apesar do quadro de comprometimento hídrico elevado e crítico pontualmente, os usos outorgados na BHRC (383.583,99 m<sup>3</sup>/dia ou ≈ 4,4 m<sup>3</sup>/s) retiram apenas 1,73% da disponibilidade hídrica total da bacia (vazão Q95 de 256,81 m<sup>3</sup>/s no exutório), conferindo-lhe um baixo nível de comprometimento hídrico (< 5% da disponibilidade hídrica).

Figura 15 – Níveis de comprometimento hídrico (situação hídrica) dos trechos de drenagem da BHRC.



Fonte: Autora, 2024.

Figura 16 – Níveis de comprometimento hídrico (situação hídrica) das otobacias da BHRC.



Fonte: Autora, 2024.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é fundamental para a existência da vida e deve ser fornecida em quantidade e qualidade adequadas para atender às necessidades econômicas da população e promover o desenvolvimento sustentável. Por isso, é crucial realizar um planejamento eficaz da gestão dos recursos hídricos, que se torna um dos grandes desafios diante do aumento da população e do crescimento econômico. Além disso, as mudanças climáticas globais representam uma ameaça adicional, intensificando os períodos de enchentes e de secas nos rios.

Este estudo, ao apresentar um panorama da disponibilidade hídrica na BHRC, oferece informações essenciais para a gestão de recursos hídricos no Pará. A análise das outorgas de água destacou disparidades significativas entre os municípios, com um número concentrado de permissões em áreas específicas como Paragominas, Dom Eliseu e Ipixuna do Pará.

A predominância da irrigação como principal uso de água na bacia ressalta sua importância econômica, enquanto os usos para extração mineral e industrial também demonstram impactos significativos.

Quanto à disponibilidade hídrica, foi possível observar que, a maioria dos trechos da BHRC possui uma boa disponibilidade hídrica, com comprometimento baixo. No entanto, há trechos com comprometimento hídrico alto e crítico, especialmente onde o uso outorgado se aproxima ou excede a disponibilidade hídrica local.

A análise dos trechos impactados diretamente pelas retiradas de água mostra áreas críticas, especialmente nos afluentes do rio Surubiju e nas sub-bacias do Baixo Capim, Água Boa e Surubiju. Essas áreas podem requerer medidas específicas para mitigar impactos ambientais.

É importante salientar que este estudo foi baseado apenas nos dados provenientes do cadastro de outorgas da SEMAS e da ANA, e que, portanto, o número de usuários cadastrados não reflete necessariamente a realidade de usuários presentes da BHRC. Por isso, é fundamental implementar ações e intensificar a fiscalização sobre os usuários de recursos hídricos não outorgados na bacia hidrográfica, visando promover a regularização por meio da outorga e aprimorar o monitoramento na bacia.

Ressalta-se que informações hidrológicas sólidas e detalhadas são fundamentais para subsidiar a gestão dos recursos hídricos, de modo a evitar conflitos e garantir que os interesses econômicos sejam atendidos sem comprometer, agora ou no futuro, o uso prioritário da água previsto em leis específicas (Lei Federal nº 9.433/1997 e Lei Estadual nº 6.381/2001).



## REFERÊNCIAS

- ABERS, Rebecca; JORGE, Karina Dino. Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados?. **Ambiente & sociedade**, v. 8, p. 99–124, 2005.
- ANA. Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos: versão 1.11, Superintendência de Gestão da Informação, Brasília: ANA, SGI, 2006.
- ÁGUAS-ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE. **Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)**. Ministério do Meio Ambiente, 2019.
- ANA, 2021. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Atlas Irrigação: Uso da água na agricultura irrigada. 2ª edição, Brasília/DF. Disponível: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso: 15 abr. 2024
- ALMEIDA, Bianca Letícia de. Os ecos de primavera silenciosa de Rachel Carson: cultura, ciência e meio-ambiente no Brasil (1962-1979). 2022.
- AMÉRICO-PINHEIRO, Juliana Heloisa Pinê *et al.* A gestão das águas no Brasil: uma abordagem sobre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 7, n. 53, 2019.
- AMORE, Andreza Albuquerque. Observatório do meio ambiente do Poder Judiciário: uma política de efetivação da democratização da informação ambiental e educação ambiental. **Conteúdo Jurídico**, 2022.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos Recursos Hídricos**. 2019. ed. Brasília, 2019. ISSN 1879-3177.v. 1 Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>.
- BANDEIRA, Romeu Tavares. A (in) efetividade da outorga de direito de uso dos recursos hídricos: um estudo no sistema hídrico Engenheiro Avidos, São Gonçalo e rio Piranhas, sertão Paraibano. 2022.
- BARBOSA, Flávia Darre. Comitês de Bacias Hidrográficas, representação e participação: desafios e possibilidades à gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil, 2019.
- BARBOZA, Eliezio Nascimento *et al.* Caracterização hidrológica de uma microbacia por sistema de informações geográficas (sig) objetivando identificar parâmetros pluviométricos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, p. e39411225490–e39411225490, 2022.
- BIANCHINI, Guilherme Correa; ROCHA, Manoel Ilson Cordeiro. A participação democrática na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista de Iniciação Científica e Extensão da Faculdade de Direito de Franca**, v. 5, n. 1, 2020.

BRASIL, Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: [s. n.], 1988. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm).

BRASIL, Congresso Nacional. **LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**. 1981. Disponível em: [http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw\\_Identificacao/lei 6.938-1981?OpenDocument](http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/lei%206.938-1981?OpenDocument).

BRASIL, Casa Civil. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Brasília/DF: [s. n.], 1997. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 18 jun. 2023.

BRASIL. Resolução Conama Nº 357, De 17 De Março De 2005\* (Retificada). **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, n. 204, p. 36, 2005.

CAMPOS, Valéria Nagy de Oliveira; FRACALANZA, Ana Paula. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente & sociedade**, v. 13, p. 365–382, 2010.

CARSON, Rachel. **Silent Spring**. 1. ed. Editora Gaia, 1962.

CARVALHO, Kleverton Melo De. The global water security: an approach for multilevel governance on hydric resources. **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, v. 13, n. 1, p. 57–78, 2019.

CASSETTARI, Gabriel Américo; DE QUEIROZ, Tadeu Miranda. Balanço hídrico e classificação climática na bacia do rio Jauquara, região de transição entre o cerrado e Amazônia brasileira. **Revista brasileira de climatologia**, v. 26, 2020.

CIRILO, Brenda Batista. Elemento de benção, região de maldição: uma análise da gestão de recursos hídricos no Estado do Pará. 2019.

CIRILO, Brenda Batista; DE ALMEIDA, Oriana Trindade. O PAPEL DO ESTADO COMO GESTOR DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS NO PARÁ: O MODELO RENT SEEKING. **Revista Espaço e Geografia**, v. 22, n. 1, p. 119–150, 2019.

CÓDIGO, D E ÁGUAS. Ministério de Minas e Energia. **Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica–DNAEE, Brasília, DF**, 1934.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20, DE 18 DE JUNHO DE 1986**. Brasília: [s. n.], 1986. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res\\_conama\\_20\\_1986\\_revvd\\_classificacaoaguas\\_altrd\\_res\\_conama\\_274\\_2000\\_revvd\\_357\\_2005.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/1986/res_conama_20_1986_revvd_classificacaoaguas_altrd_res_conama_274_2000_revvd_357_2005.pdf).

COSTA, David de Andrade *et al.* Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos-o Enquadramento-como ferramenta para reabilitação de rios. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 35–50, 2020.

COSTA, Francisco Emerson Vale *et al.* GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO

ESTADO DO PARÁ-BRASIL: UMA ANÁLISE DE QUINZE ANOS DE PROMULGAÇÃO DA LEI Nº 6.381/2001 (2001 – 2016). **Ciência Geográfica - Bauru**, v. 24, n. 24, p. 712–728, 2020. Disponível em: [https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIV\\_2/agb\\_xxiv\\_2\\_web/agb\\_xxiv\\_2-16.pdf](https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIV_2/agb_xxiv_2_web/agb_xxiv_2-16.pdf).

COSTA, Francisco Émerson Vale; SOMBRA, Daniel; BORDALO, Carlos Alexandre Leão. Usos da água e conflitos socioambientais na bacia hidrográfica do rio Caeté (Amazônia paraense): tipologia de usos e usos competitivos. **Universidade e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 57–90, 2019.

DA SILVA, Cicero Ramos Pereira *et al.* Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, 2015.

DA SILVA, Alíbia Deysi Guedes *et al.* Balanço hídrico climatológico e classificação climática do estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 798–816, 2022.

DA SILVA, Fabio Leandro *et al.* Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1626–1653, 2021.

DALCIN, Ana Paula; MARQUES, Guilherme Fernandes. Proposta de integração de instrumentos de gestão dos recursos hídricos. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (23.: Foz do Iguaçu, 2019). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRH, 2019**, 2019.

DE ARAÚJO GRANGEIRO, Ester Luiz; RIBEIRO, Marcia Maria Rios; DE MIRANDA, Livia Izabel Bezerra. Análise da governança dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Paraíba. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 5, p. 314–330, 2019.

DE FREITAS, Carlos Eduardo Dias *et al.* O instrumento de outorga e os limites ambientais: uma investigação sob a perspectiva da Economia Ecológica. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 34, p. 155–178, 2021.

DE FREITAS, Vladimir Passos; YOSHIDA, Consuelo Yatsuda Moromizato; DA SILVA JUNIOR, Genésio Alves. AS MEDIDAS LEGAIS PROTETIVAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS E SEUS REFLEXOS NA PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Revista Eletrônica Direito e Política**, v. 17, n. 3, p. 57–92, 2022.

DE MENDOZA BORGES, Pedro Hurtado; DE MENDOZA MORAIS, Pedro Hurtado. Curva-chave para uma bacia hidrográfica ottocodificada. **Brazilian Applied Science Review**, v. 6, n. 1, p. 181–195, 2022.

DE MOURA, Micaella Raíssa Falcão; DA SILVA, Simone Rosa. Lei das águas e a gestão dos recursos hídricos no Brasil: contribuições para o debate. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 3, 2017.

DE OLIVEIRA, Cláudia Elaine Costa; DE OLIVEIRA, Costa. A LEI DA ÁGUA: CÓDIGO FLORESTAL–LEI 12.651/2012. **Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia-REIVA**, v. 5, n. 02, p. 6, 2022.

DE SOUZA, Jamille Silva Rodrigues *et al.* Programa Municípios Verdes: políticas públicas para mitigação de degradação ambiental no município de Paragominas (PA). **Natural Resources**, v. 8, n. 2, p. 52–59, 2018.

DE SOUZA, Frank Pavan; PERTEL, Monica. Complexidades para a aplicação dos aspectos normativos para a gestão de recursos hídricos no Brasil. **Exatas & Engenharias**, v. 10, n. 27, p. 70–82, 2020.

DINIZ, João Alberto Oliveira *et al.* **Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público**. CPRM, 2021.

DO PARÁ, O GOVERNADOR DO ESTADO. Secretaria de Estado de Meio ambiente e Sustentabilidade. **Conselho de Recursos Hídricos aprova Plano Estadual de Capacitação**. Disponível: < <https://www.semas.pa.gov.br/2020/02/20/con-selho-de-recursos-hidricos-aprova-planoestadual-de-capacitacao/>>. Acesso, v. 5, 2020.

FERREIRA, FERNANDA NEVES *et al.* Instrumentos econômicos e a exploração dos recursos hídricos paraenses: taxa, compensação e cobrança pelo uso. **Interfaces Científicas-Humanas e Sociais**, v. 8, n. 3, p. 333–350, 2020.

FERREIRA, Laiana Carla. O DIREITO HUMANO À ÁGUA, SANEAMENTO BÁSICO E O CUMPRIMENTO DO ODS 6 NO CONTEXTO BRASILEIRO. *In:* , 2022. **Congresso Internacional de Direitos Humanos de Coimbra**. 2022.

GARCIA, Denise Schmitt Siqueira; CRUZ, Paulo Márcio. Crise global da água: construção de categorias éticas para água a partir da verificação das problemáticas geradoras da crise. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 24, n. 3, p. 60–76, 2019.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de Águas à Luz da Governança**. 2019.

GUANDIQUE, Manuel Enrique Gamero; MORAIS, L C. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 434–447, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Belém do Pará 2022**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama>. Acesso em: 2 jul. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2022 - Estado do Pará**. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 7 jul. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel do Saneamento**. 2018. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/site/index>.

JUNIOR, Paulo Braz *et al.* Gestão, comércio e conflitos pelo uso da água. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 4, n. 2, 2022.

JÚNIOR, Francisco Jácome Gurgel. A Educação Ambiental em Volta Redonda instrumentalizada pelas Secretarias Municipais de Educação e Meio Ambiente. **Cadernos UniFOA**, 2023.

KNISS, Claudia Terezinha *et al.* 50 anos de Estocolmo'72 e 30 Anos da Rio'92: Reflexões sobre o Brasil Contemporâneo e os Desafios para um Futuro Sustentável. **Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC) revista de la Solcha**, v. 12, n. 3, p. 406–437, 2022.

LOPES, Mário Marcos; NEVES, Fernando Frachone. A gestão de recursos hídricos no Brasil: um panorama geral dos estados. **FACEF Pesquisa-Desenvolvimento e Gestão**, v. 20, n. 3, 2017.

LUNA, Roger Augusto; VIANA, Fernando Luiz Emerenciano. O papel da política nacional dos resíduos sólidos na logística reversa em empresas farmacêuticas. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 40–56, 2019.

MACHADO, Enéas Souza; KNAPIK, Heloise Garcia; BITENCOURT, Camila de Carvalho Almeida de. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, p. 261–269, 2019.

MACOPA, Jorge Pedro; HOGUANE, Ernesto. A ÉTICA DA TERRA: UM NOVO ETHOS PARA A VALORIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 7, n. 3, p. 103–116, 2022.

MAESTRI, Mário. **Mar Del Plata**. Clube de Autores, 2015.

MAIA, Leonardo Castro. Tratamento de conflitos no Sistema Nacional de Recursos Hídricos. 2022.

MAIA, Paulo Cesar Chagas; VASCONCELLOS SOBRINHO, Mário; MENDES, Ronaldo Lopes Rodrigues. Governança da água na Amazônia paraense: uma análise no uso da outorga de direito de uso dos recursos hídricos. **P2P & INOVAÇÃO**, 2022.

MARQUES, Guilherme Fernandes. Os serviços de gestão de recursos hídricos. **Rega: revista de gestión del agua de America Latina. Porto Alegre. Vol. 19 (jan./dec. 2022), [Artigo] e1, 18 p.**, 2022.

MATSUSHITA, Thiago Lopes; GRANADO, Daniel Willian. A crise hídrica no Brasil e seus impactos no desenvolvimento econômico e ambiental. **Revista Thesis Juris**, v. 6, n. 1, p. 167–185, 2017.

MIRANDA, Clarisse Carvalho *et al.* Análise da cobrança pelo uso de recursos hídricos em águas de domínio da União: Estudo de caso da bacia hidrográfica do rio Doce (MG). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e5610413785–e5610413785, 2021.

MOURA, Lucinewton Silva *et al.* PRESERVAÇÃO DE NASCENTES NA CIDADE DE

SATARÉM-PA NA REGIÃO AMAZÔNICA: ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DO URUMARÍ. **Revista Tamoios**, v. 19, n. 1, 2023.

ONU, United Nations Department of Economic and Social Affairs. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>.

PARÁ, Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **LEI ORDINÁRIA Nº 6.381, DE 25 DE JULHO DE 2001 (VIGENTE)**. Belém, Pará: SEMAS, 2001. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/2001/07/25/9760/>.

PARÁ. Governo do estado. **Sumário Executivo do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Pará**. Belém Pará: SEMAS, 2021. Disponível em: [https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/01/Produto\\_Final\\_Sumario\\_Executivo\\_do\\_PERH-PA.pdf](https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2023/01/Produto_Final_Sumario_Executivo_do_PERH-PA.pdf)

PASQUALETTO, Antonio *et al.* Water Resources Availability and Demand in Brazil/Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil. **Informe Gepec**, v. 26, n. 1, p. 46–61, 2022.

PEIXOTO, Filipe da Silva; SOARES, Jamilson Azevedo; RIBEIRO, Victor Sales. Conflitos pela água no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, p. e59410, 2022.

PFAFSTETTER, Otto. Discussion of “Amazon Basin Hydrometeorology”. **Journal of the Hydraulics Division**, v. 105, n. 4, p. 434–435, 1979.

PINHEIRO, Maria Claudia Bucchianeri. A Constituição de Weimar e os direitos fundamentais sociais. **Brasília. a**, v. 43, 2017.

PORTO, Monica F A; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 43–60, 2008.

RAIOL, Lucas Lima *et al.* Caracterização Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Caripi, Zona Costeira Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 05, p. 2354–2370, 2022.

RAMOS, Caroline Assunção. Avaliação dos critérios vigentes de outorga de recursos hídricos subterrâneos: caso do sistema aquífero Urucuia, oeste da Bahia. 2021.

ROMANHOLI, Mateus Pedrucci; DE QUEIROZ, A P. Base hidrográfica ortocodificada na escala 1: 25.000: Exemplo da bacia do Córrego Itapiranga (SP). **Revista Caminhos de Geografia**, v. 19, p. 46–60, 2018.

ROSA, Deyvid Wavel Barreto. Aprimoramento da cobrança pelo uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais: perspectivas dos integrantes do sistema estadual de gestão de recursos hídricos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 16, n. 2019, 2019.

ROSA, Alexsandra Matilde Resende; GUARDA, Vera Lúcia de Miranda. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. 2019.

SAITO, Carlos Hiroo. Segurança hídrica e direito humano à água. **Ética, direito socioambiental e democracia. 1ed. Caxias do Sul: Educus**, p. 94–108, 2018.

SALES, Aklla Guimarães; OLIVEIRA, Raul Miguel Freitas de. Outorga do direito de uso dos recursos hídricos no Brasil sob a perspectiva do monopólio estatal das águas. **Direito, Economia e Desenvolvimento Econômico Sustentável**, 2019.

SANTANA, Laila Rover; BLANCO, Claudio José Cavalcante; PESSOA, Francisco Carlos Lira. OTTOCODIFICAÇÃO DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NA AMAZÔNIA. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 22, n. 1, p. 15, 2020. Disponível em: <https://bu.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/8480>.

SANTIN, Janaína Rigo; GOELLNER, Emanuelle. A gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. **Sequência (Florianópolis)**, p. 199–221, 2013.

SEMAS, Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Pará**. Belém: [s. n.], 2012. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/SISTEMA-DE-GERENCIAMENTO-DE-RECURSOS-HÍDRICOS-PA.pdf>.

SILVA, Alan José Saraiva da. Reflexões e desafios à gestão participativa das águas no Pará: a experiência do CERH no período de 2007 a 2013. 2014.

SILVA, Letícia Picanço da *et al.* Relação entre abastecimento de água e indicadores epidemiológicos na região metropolitana de Belém. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e343101019010, 2021.

SILVA, Natanael dos Santos *et al.* Sistema de otto-codificação modificado para endereçamento de redes hidrográficas. **Revista Árvore**, v. 32, p. 891–897, 2008.

SILVA, Gisele Oliveira Mota da. Sistema de suporte à decisão para outorga de direito de uso de recursos hídricos superficiais. 2021.

SILVA, Maurício Pinto da; ASSUMPÇÃO, Rafaela Facchetti; KLIGERMAN, Débora Cynamon. Bacias hidrográficas transfronteiriças: saneamento e saúde ambiental sem fronteiras. **Saúde em Debate**, v. 44, p. 251–262, 2020.

SIMÃO SEIXAS, Cristiana *et al.* Governança ambiental no Brasil: rumo aos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) **Cadernos de Gestão Pública e Cidadania**, v. 25, n. 81, 2020.

SOARES, Letyssia Maynarth de Oliveira; MIRANDA, George Emmanuel Cavalcanti de; MOURÃO, José da Silva. Uma análise empírica do modelo de gestão praticado em Unidade de Conservação de Uso Sustentável. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 451–461, 2022.

SOARES, Jane Arimércia Siqueira; SOARES, Renata Maria Brasileiro Sobral; BARBOSA, Erivaldo Moreira. Análise da evolução do arcabouço legislativo no trato dos recursos hídricos no Brasil até a Lei 9.433/97. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 2, p. 50–59, 2019.

SOUZA, Alana Tamires Fernandes de. **Rachel Carson e a primavera silenciosa:**

**análise histórico-epistemológica para um saber sobre ciências.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2021.

TEODORO, Valter Luiz Iost *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137–156, 2007.

TOZI, Shirley Capela. Conflitos Socioambientais em torno dos recursos hídricos na cidade de Belém, no Estado do Pará (Brasil). **Água y territorio= Water and Landscape**, n. 15, p. 73–78, 2020.

TREZZI, Israel Carlos. Aplicação das evoluções do código florestal brasileiro em uma pequena propriedade rural na Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea, Brasil. 2023.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, RS. vol. 2, n. 2 (jul./dez. 1997), p. 5-12, 1997.**

TUPIASSU, Lise; FADEL, Luiz Paulo de Sousa Leão; GROS-DÉSORMEAUX, Jean-Raphaël. ICMS Ecológico e desmatamento nos municípios prioritários do estado do Pará. **Revista Direito GV**, v. 15, 2019.

VARGAS, Éverton Vieira. Água e relações internacionais. **Revista brasileira de política internacional**, v. 43, p. 178–182, 2000.

VASCONCELOS, Francisca Dalila Menezes; MOTA, Francisco Suetônio. Gestão ambiental, legislação e os recursos hídricos na cidade de Fortaleza (CE), Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, v. 55, n. 3, p. 313–330, 2020. Disponível em: [http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes\\_RBCIAMB/article/view/579](http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/579).

VILARINHO, Cíntia Maria Ribeiro *et al.* Eficácia da cobrança pelo uso de recursos hídricos condicionada ao Índice de qualidade da Água: estudo de Caso, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, 2021.

WATER, U N. Water and climate change. **The United Nations World Water Development Report; UNESCO: Paris, France, 2020.**

WINCKLER, L T *et al.* Tecnologias aplicadas à melhoria de recursos hídricos em propriedades rurais. 2022.

WOLKMER, Maria de Fátima S; PIMMEL, Nicole Freiberger. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência (Florianópolis)**, p. 165–198, 2013.

ZECA, Bruna Gorgen. O Brasil na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano: Amazônia, ocupação territorial e o meio ambiente no cenário internacional. **Conjuntura Austral**, v. 13, n. 62, p. 36–47, 2022.