

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO NORTE

LUANA SILVESTRE FERNANDES

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A DISTRIBUIÇÃO  
DAS OUTORGAS EMITIDAS NA BACIA PIRANHAS-AÇU/RN**

NATAL

2024

LUANA SILVESTRE FERNANDES

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A DISTRIBUIÇÃO  
DAS OUTORGAS EMITIDAS NA BACIA PIRANHAS-AÇU/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, na Linha de Saneamento, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Rômulo Magno Oliveira de Freitas

NATAL

2024

Fernandes, Luana Silvestre.

F586u    Uso e ocupação do solo e sua relação com a distribuição das outorgas emitidas na bacia Piranhas-Açu/RN / Luana Silvestre Fernandes. – 2024. 56 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.  
Orientadora: Rômulo Magno Oliveira de Freitas.

1. Gestão territorial. 2. Recursos hídricos – Outorga. 3. Bacia hidrográfica Piranhas-Açu. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Título.

CDU: 504.4:556.18

Catálogo na Publicação elaborada pela Bibliotecária Maria Ilza da Costa – CRB-15/412  
Biblioteca Central Sebastião Fernandes (BCSF) – IFRN

LUANA SILVESTRE FERNANDES

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM A DISTRIBUIÇÃO  
DAS OUTORGAS EMITIDAS NA BACIA PIRANHAS-AÇU/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, na Linha de Saneamento, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Dissertação apresentada e aprovada em 15 / 08/ 2024 pela seguinte Banca Examinadora:

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **ROMULO MAGNO OLIVEIRA DE FREITAS**  
Data: 30/10/2024 09:05:50-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Rômulo Magno Oliveira de Freitas – Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente  
 **DAYANA MELO TORRES**  
Data: 30/10/2024 11:13:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Dayana Melo Torres – Examinadora Interna

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente  
 **NAYANNE SILVA BENFICA**  
Data: 04/11/2024 06:21:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Nayanne Silva Benfica – Examinadora Externa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

Documento assinado digitalmente  
 **JORGE LUIS DE OLIVEIRA PINTO FILHO**  
Data: 04/11/2024 13:22:11-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Jorge Luis de Oliveira Pinto Filho – Examinador Externo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Dedico este trabalho aos meus pais, Ednalda e José, que sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua proteção constante, pelas oportunidades e provisões concedidas, pela sua sabedoria e pelo amor inesgotável que permearam toda a minha jornada no mestrado. Certamente a tua bondade e o teu amor ficarão comigo enquanto eu viver.

Aos meus pais, Ednalda e José, cujo árduo trabalho e dedicação são essenciais para incentivar a realização dos meus sonhos e para me impulsionar a perseverar diante das dificuldades. A todos os amigos e familiares, que sempre serão um alicerce e uma fonte de força. Um agradecimento especial à minha avó Maria do Carmo, cujo amor incondicional serve como constante amparo e acalento ao meu coração.

Ao meu orientador Dr. Rômulo Magno, por todos os ensinamentos valiosos, suporte e por toda a disponibilidade em agregar positivamente na elaboração desta pesquisa. Obrigada pela paciência e pela orientação excelente.

À Hila Fernandes, por estar ao meu lado e contribuir diretamente para realização desse e de tantos outros sonhos. Obrigada por todo amor, toda cumplicidade e principalmente por me tornar alguém genuinamente melhor. Aproveito também para externar minha gratidão a Pretinha, a pet que Deus colocou na minha vida para se tornar uma parte fundamental, sendo uma fonte de amor e aconchego.

Aos colegas e aos amigos que o mestrado me deu, Luana Lee, Christel Angelina e especialmente, Ligia da Paz, que tornaram a jornada acadêmica mais leve e divertida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN), pelo privilégio de imergir em uma formação de excelência, composta por profissionais altamente qualificados.

A todos os outros que direta ou indiretamente colaboraram para concretização desse sonho, meus sinceros agradecimentos!

“A educação é um ato de amor, por isso, um ato de coragem. Não pode temer o debate. A análise da realidade. Não pode fugir à discussão criadora, sob pena de ser uma farsa”

Freire (1967, p. 97).

## RESUMO

O crescente aumento populacional e econômico tem provocado, de forma acentuada, a utilização dos recursos hídricos. A demanda de água para atender os bens de consumo e serviços da população impulsionou um incremento no consumo dos recursos hídricos em todos os setores da sociedade e conseqüente conflitos pelo uso da água. A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos preconizados na Política Nacional de Recursos Hídricos que busca regularizar os usos dos recursos hídricos no país, e que atrelado a estudos de gestão territorial, pode viabilizar o equilíbrio entre a disponibilidade e a demanda. Neste contexto, o objetivo deste estudo é avaliar a interação do uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (BHRPA) com as outorgas de direito de uso de recursos hídricos subterrâneas e superficiais, emitidas no período de 2012 a 2022. Utilizando técnicas de geoprocessamento, o estudo adota uma abordagem metodológica qualiquantitativa e exploratória, empregando pesquisa documental e análise de dados secundários fornecidos pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), órgão responsável pela emissão das outorgas no estado. Através da criação de mapas temáticos utilizando o software QGIS, a pesquisa visou caracterizar as variações espaciais e temporais na bacia do estudo, integrando os dados de uso e ocupação do solo com as outorgas concedidas. Os resultados obtidos apontam que a modalidade preponderante de outorgas emitidas e vazão outorgada é subterrânea. A irrigação e a carcinicultura, representam as principais demandas para essa fonte, com percentuais de 74,42% e 14,13%, e ao passo que, para fontes superficiais os maiores consumidores são irrigação e abastecimento humano, que detém de 45,95% e 42,39%, respectivamente. Os maiores incrementos de área do uso e ocupação do solo ao longo dos anos de 2012 a 2022 foram constatados nas categorias “Pastagem”, “Formação Campestre” e “Cultivo Anual Perene”, com aumentos percentuais de 3,7%, 1,55% e 1,03%, em sua ordem correspondente. As maiores concentrações de outorgas estão distribuídas em áreas classificadas com altas e médias prioridades de ação para restauração ambiental e gestão de conflitos. Portanto, a integração dos dados de uso e ocupação do solo com as outorgas pode ser utilizada como uma ferramenta para adotar estratégias e subsidiar os órgãos competentes, adequando as atividades realizadas na bacia, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

**Palavras chaves:** Gestão territorial; Recursos Hídricos; Bacia Hidrográfica; Áreas de conflitos.

## ABSTRACT

The growing population and economic growth has led to a significant increase in the use of water resources. The demand for water to meet the needs of the population's consumer goods and services has led to an increase in the consumption of water resources in all sectors of society and, consequently, conflicts over the use of water. The granting of the right to use water resources is one of the instruments recommended in the National Water Resources Policy that seeks to regulate the use of water resources in the country and, when combined with studies on territorial management, can enable a balance between availability and demand. In this context, the objective of this study is to evaluate the interaction between land use and occupation of the Piranhas-Açu River Basin (BHRPA) and the grants for the right to use groundwater and surface water resources, issued between 2012 and 2022. Using geoprocessing techniques, the study adopts a qualitative, quantitative and exploratory methodological approach, employing documentary research and analysis of secondary data provided by the Water Management Institute of Rio Grande do Norte (IGARN), the agency responsible for issuing grants in the state. Through the creation of thematic maps using QGIS software, the research aimed to characterize the spatial and temporal variations in the study basin, integrating land use and occupation data with the granted grants. The results obtained indicate that the predominant modality of issued grants and granted flow is groundwater. Irrigation and shrimp farming represent the main demands for this source, with percentages of 74.42% and 14.13%, while for surface sources the largest consumers are irrigation and human supply, which hold 45.95% and 42.39%, respectively. The largest increases in land use and occupation area over the years 2012 to 2022 were observed in the categories "Pasture", "Range Formation" and "Annual Perennial Crops", with percentage increases of 3.7%, 1.55% and 1.03%, in their corresponding order. The largest concentrations of grants are distributed in areas classified as high and medium priorities for action for environmental restoration and conflict management. Therefore, the integration of land use and occupation data with grants can be used as a tool to adopt strategies and subsidize the competent agencies, adapting the activities carried out in the basin, with a view to sustainable development.

**Keywords:** Territorial Management; Water Resources; River Basin; Conflict Areas.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1 OBJETIVOS .....	11
1.1.1. <b>Objetivo Geral</b> .....	12
1.1.2. <b>Objetivos específicos</b> .....	12
1.2. JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
2.1. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	13
2.2. OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	15
2.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	18
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	20
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	20
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.3. OBTENÇÃO DOS DADOS .....	25
3.4. PROCESSAMENTO DOS DADOS .....	27
3.5. PRODUTO TÉCNICO TECNOLÓGICO .....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	30
4.1. ANÁLISE DAS OUTORGAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS .....	30
4.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO .....	35
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	45
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano se intensificou na segunda metade do século XX, à medida que a população se concentrou em áreas limitadas, resultando em uma grande competição pelos mesmos recursos naturais, como solo e água, e levando à destruição de parte da biodiversidade natural (Tucci, 2008).

A falta de sustentabilidade na expansão urbana tem levado à perda de mananciais, à redução da disponibilidade de água potável, ao aumento das inundações, à deterioração da qualidade da água nos rios e à diminuição da qualidade de vida. Entre as principais causas estão a contaminação de mananciais por esgoto e resíduos sólidos, a disposição inadequada desses efluentes nas cidades, a impermeabilização do solo e canalização que causam inundações, além da erosão e ocupação de áreas de risco, como encostas e margens de rios, que agravam os deslizamentos e alagamentos em períodos de chuvas (Tucci, 2012).

Nas últimas décadas, o crescente interesse por estudos sobre os impactos ambientais resultantes das atividades humanas tem impulsionado diversas pesquisas voltadas para o desenvolvimento e avaliação do nível de degradação ou impacto ambiental em bacias hidrográficas. Essas pesquisas incluem, entre outras abordagens, simulações das transformações decorrentes das mudanças no uso da água e do solo, considerando a distribuição espacial dentro da bacia em análise (Santos; Srinivasan e Silva, 2005).

Neste contexto, para o diagnóstico e compreensão da degradação ambiental causada, tem sido comum utilizar a bacia hidrográfica como referência, que conforme a Lei Federal nº 9.443 de janeiro de 1997, a bacia é a unidade adotada para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos, utilizada para propiciar o uso racional, a gestão dos recursos e à cobrança pelo uso. A bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área delimitada geograficamente pelo relevo, cuja área de drenagem contribui em vazão para um corpo hídrico (BRASIL, 1997).

Embora desempenhe um papel crucial na estabilidade ambiental, no desenvolvimento social e econômico, a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu que é considerada a maior bacia do estado do Rio Grande do Norte, tem sofrido degradação significativa nas últimas décadas. Isso se deve principalmente à intensa remoção de vegetação para permitir a expansão das atividades agrícolas e exploração de lenha (Sousa et al., 2014).

A bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu está totalmente inserida no clima semiárido nordestino, que é caracterizado principalmente pelo déficit hídrico, decorrente das elevadas

temperaturas durante todo o ano, e, atrelado a isso, o sistema pluviométrico apresenta grande variabilidade e irregularidade, no tempo e no espaço, resultando em elevados índices de evapotranspiração e em um balanço hídrico negativo, tornando imprescindível a devida gestão dos recursos hídricos (ANA, 2018).

Além das características intrínsecas as regiões semiáridas, o crescente aumento na demanda por recursos hídricos pode, como consequência, intensificar os potenciais conflitos entre usuários, tornando necessário o desenvolvimento de propostas para medidas de regulação e controle, como os instrumentos de gestão de recursos hídricos que buscam alcançar um equilíbrio entre a demanda e a oferta (Jaques e Coelho, 2018).

Diante dessa perspectiva, com o intuito de promover melhorias para gestão dos recursos hídricos no Brasil, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), por meio da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que estabelece instrumentos para esta gestão, entre elas, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos. No âmbito estadual, em 1996, o estado do Rio Grande do Norte, por meio da Lei Nº 6.908, estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos, que dispõe como um dos seus princípios a outorga do direito de uso da água, sendo esta, um instrumento indispensável para o gerenciamento dos recursos hídricos.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos, é um instrumento que regulariza e assegura ao usuário o direito de uso da água, tanto as fontes superficiais como subterrâneas. É emitida de acordo com a dominialidade do corpo d'água e do órgão gestor competente, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos (ANA, 2019). Para as fontes hídricas de dominialidade estadual, a outorga do direito de uso da água é emitida pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), enquanto para as fontes hídricas de dominialidade federal compete à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Sendo assim, a adoção de uma gestão integrada do uso do solo com o gerenciamento de recursos hídricos é fundamental para a conservação dos recursos naturais e para a definição de normas eficazes que favoreçam a produção dentro do sistema ambiental. Essa abordagem visa ajustar as práticas de uso do solo e dos recursos hídricos às vocações naturais do ambiente, garantindo a sustentabilidade dos recursos. O planejamento ambiental, portanto, deve enfrentar tanto os problemas atuais quanto os potenciais, promovendo soluções que potencializam a conservação das bacias hidrográficas (Braz et al., 2017).

O emprego das técnicas de Geoprocessamento constitui-se em instrumento de significativo potencial para o estabelecimento de planos integrados de gerenciamento do solo e da água nas bacias hidrográficas. O geoprocessamento, aliado a ferramentas de sensoriamento

remoto em Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) têm se revelado ferramentas essenciais para os estudos, monitoramentos e gestão de bacias hidrográficas, proporcionando resultados eficazes. Os SIGs permitem o desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de delimitação automática, análise de uso e ocupação do solo, bem como a espacialização da precipitação em uma bacia hidrográfica (Sobrinho et al., 2010).

A utilização de SIGs em estudos realizados nas bacias hidrográficas é benéfica para facilitar programas de planejamento ambiental e promover uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, devido a sua abordagem abrangente e à capacidade de gerar resultados precisos de forma rápida (Castro et al., 2015). Como resultado, diversos estudos já foram conduzidos com essa abordagem em diferentes localidades do estado do Rio Grande do Norte. Por exemplo, a microbacia do Rio Cobra, localizada no Seridó Oriental/RN, foi objeto de estudo por Silva et al. (2017), o reservatório Santana no município de Rafael Fernandes/RN foi analisado por Bezerra Júnior e Guedes (2016), e a bacia do Rio Doce no estado do RN foi investigada por Faustino, Ramos e Silva (2014).

Embora existam muitos estudos que utilizam SIGs em bacias hidrográficas no semiárido brasileiro, ainda há lacunas de pesquisas que adotam essas técnicas e investiguem a bacia do Rio Piranhas-Açu, no contexto do Rio Grande do Norte. Em especial, há poucos estudos que integram variáveis ambientais relacionadas ao uso e ocupação do solo com outorgas de direito de uso dos recursos hídricos.

Tendo em vista essa realidade, a pesquisa se propõe a suprir essa lacuna de conhecimentos de integração do uso e ocupação do solo com as outorgas de direito de uso dos recursos hídricos na bacia Piranhas-Açu/RN, de forma que, os resultados alcançados estejam em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), com destaque para ODS 15 que visa assegurar a conservação, recuperação e uso sustentável de ecossistemas terrestres e de água doce interiores e seus serviços, além da ODS 6 que almeja implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis.

## 1.1 OBJETIVOS

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Avaliar a relação entre o uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu e a concessão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos, emitidas pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN).

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Realizar um levantamento das outorgas de direito de uso dos recursos hídricos concedidas na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu/RN durante os anos de 2012 a 2022;
- Quantificar as principais demandas de uso das águas na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu/RN ao longo dos anos de 2012 a 2022, analisando suas variações temporais e espaciais;
- Identificar áreas de potenciais conflitos de uso da água na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu/RN relacionada com as autorizações concedidas entre 2012 e 2022;
- Elaborar mapas temáticos para o período de 2012 e 2022 que demonstrem a interação dos dados de uso e ocupação do solo com as outorgas emitidas na Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu/RN, destacando as áreas de gestão de conflitos identificadas.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

Conforme mencionado por Chuerubim e Pavanin (2013), às bacias hidrográficas podem ser consideradas como unidades de planejamento, permitindo a coordenação de ações conjuntas entre instituições acadêmicas, de pesquisa e governamentais, resultando em benefícios diretos para a população local e o meio ambiente. Leal (2012) destaca a importância dos estudos em nível de bacias hidrográficas na harmonização do uso e ocupação do solo nessas regiões com a disponibilidade de recursos hídricos, visando alcançar a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

É possível reduzir os efeitos prejudiciais ao meio ambiente gerados nas bacias hidrográficas por meio da análise da cobertura do solo e do controle de como o solo é utilizado ao longo do tempo e do espaço, levando em consideração as mudanças da paisagem (Coelho et al. 2014).

De acordo com Vaeza et al. (2010), o uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento se tornou essencial no monitoramento da dinâmica de uso e ocupação do

solo. Essas ferramentas se mostram úteis ao proporcionar uma frequência mais alta de atualização de dados, agilidade no processamento das informações e, além disso, apresentam uma viabilidade econômica.

A elaboração de mapas por meio de técnicas de geoprocessamento desempenha um papel fundamental na representação visual da realidade e na disseminação dos resultados obtidos, o que pode ser extremamente útil para resolver diversos problemas (Criado e Piroli, 2012). De acordo com Pessoa et al. (2013), os mapas de uso do solo são valiosos recursos para os órgãos públicos de fiscalização, permitindo a identificação de áreas em conflito com as regulamentações de uso do solo.

Por outro lado, as outorgas de uso dos recursos hídricos são mecanismos de gestão que visam regular e controlar a utilização da água em determinadas áreas. Essas outorgas são concedidas pelo órgão gestor, levando em consideração critérios técnicos e legais, como a disponibilidade hídrica e os usos prioritários (BRASIL, 1997).

Nesse contexto, é importante investigar se a distribuição das outorgas de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Piranhas-Açu está relacionada ao padrão de uso e ocupação do solo na região. Compreender essa relação pode fornecer insights valiosos para aprimorar o gerenciamento do solo e a gestão quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos, garantindo uma distribuição mais equitativa e eficiente das outorgas, além de promover a sustentabilidade ambiental.

Portanto, a pesquisa proposta visa contribuir com essa lacuna de conhecimento, fornecendo informações relevantes para subsidiar o órgão competente na tomada de decisões relacionadas à interação do uso e ocupação do solo com a distribuição das outorgas de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Piranhas-Açu, favorecendo o alcance de uma melhor gestão dos recursos naturais e a promoção do desenvolvimento sustentável na região.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

Segundo Campos e Vieira (1993), o gerenciamento de recursos hídricos é descrito como um conjunto de ações que englobam, no mínimo, o planejamento dos recursos hídricos, a concessão e fiscalização de autorizações de uso, a coordenação dos diversos agentes setoriais

envolvidos ou afetados pelo setor, e o monitoramento tanto da quantidade quanto da qualidade da água.

A gestão dos recursos hídricos almeja abordar estratégias e resolver problemas relacionados à escassez de água, buscando um uso adequado e otimizado dos recursos em benefício da sociedade. Um requisito essencial para a gestão dos recursos hídricos é o incentivo para o desenvolvimento e implementação de políticas públicas, que possibilitem o alcance de um gerenciamento eficaz dos recursos. Através das políticas desenvolvidas, é possível planejar a utilização e controle dos recursos de modo a gerenciar as variáveis que afetam o plano estabelecido (Setti et al., 2001).

Um relevante marco para a gestão dos recursos hídricos no Brasil foi a publicação da Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. A lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil, dispendo como objetivos: assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade hídrica necessária, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos, sejam de origem natural ou provenientes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997). Enquanto no âmbito estadual, no ano anterior, em 1996, foi publicada no Rio Grande do Norte a Lei nº 6.908, de 01 de julho de 1996, com objetivos semelhantes aos que constam na Lei federal nº 9.433. Ambas as leis abordam instrumentos de gestão que viabilizam e disciplinam o uso racional da água.

A bacia hidrográfica é considerada uma unidade territorial para a implementação de políticas públicas, como a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) no Brasil (1997), devido à sua delimitação geográfica clara. Essa delimitação permite analisar e avaliar as interações socioeconômicas e ambientais, bem como os impactos e alterações que ocorrem dentro dessa área. Dessa forma, a bacia hidrográfica é vista como uma unidade sistêmica ideal para o planejamento do manejo integrado dos recursos naturais, como destacado por Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos a partir do território da bacia visa alcançar objetivos como a gestão sistemática e adequada dos recursos hídricos, levando em consideração as diversas características físicas, biológicas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diferentes regiões do Brasil. Isso implica em uma gestão ambiental integrada e na articulação das ações entre os diferentes setores usuários, nos níveis regional, estadual e nacional de planejamento (Carvalho, 2020).

É essencial destacar que a integração da gestão descentralizada ocorre tanto verticalmente, entre os níveis federal, estadual, municipal e local, quanto horizontalmente, abrangendo os diversos usos da água, a ocupação do solo, os diferentes segmentos da sociedade

e a interação entre o setor de recursos hídricos e o meio ambiente. A descentralização é alcançada com a implementação da política por meio do Comitê de Bacia Hidrográfica, e a participação ocorre na formação e funcionamento interno desse comitê. Isso significa que as decisões são tomadas na instância mais próxima dos interessados (Morais, Fadul e Cerqueira, 2018).

O surgimento do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (CBH-PPA) resulta do interesse expresso pelos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, culminando em sua criação por meio de um Decreto Presidencial datado de 29 de novembro de 2006. Esse processo foi seguido por uma série de portarias, resoluções, deliberações, editais e uma abrangente mobilização democrática, envolvendo a articulação e participação social em toda a bacia hidrográfica. O ápice desse percurso foi a eleição e posse dos 40 membros que constituem o Comitê, incluindo sua diretoria, no ano de 2009.

É válido ressaltar que o Comitê está inserido no Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, vinculado ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Além disso, ele é regido pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, e pelo seu Regimento Interno.

Para operacionalizar e alcançar as metas e os objetivos propostos na Lei nº 9.433/97, esta estabelece instrumentos destinados a efetivar a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Esses instrumentos compreendem os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso preponderante, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso desses recursos e a implementação de um sistema de informações sobre os recursos hídricos.

## 2.2. OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A outorga tem como finalidade assegurar, através de um ato administrativo do governo, que o volume ou as vazões de água concedidas sejam reservados exclusivamente para o uso do solicitante e não sejam alocados a terceiros. Isso proporciona segurança ao investimento que será realizado, garantindo uma proteção legal e hídrica ao empreendedor. Além disso, permite que a administração pública tenha a capacidade de gerenciar a forma como o recurso hídrico público é utilizado, tendo conhecimento dos usuários envolvidos e aplicando critérios de prioridade de uso. Isso também possibilita a articulação com outros instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, conforme descrito pela ANA (ANA, 2019).

Stinghen e Mannich (2019) definem a outorga do direito de uso dos recursos hídricos como uma ferramenta indispensável para o devido controle qualitativo e quantitativo do recurso. Mendonça e Santos (2006), consideram que a outorga de direito de uso dos recursos hídricos no âmbito da gestão, é uma ferramenta fundamental, dispondo de deliberação técnica e normativa, na qual é estabelecida por meio de legislação acerca da utilização dos recursos hídricos, sendo primordial no planejamento e gerenciamento do uso dos recursos.

O Decreto Estadual nº 13.283/97 do Rio Grande do Norte estabelece as diretrizes para a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e o licenciamento de obras relacionadas ao abastecimento de água. O decreto enfatiza alguns princípios gerais, tais como: priorizar o aproveitamento dos recursos hídricos para suprir as necessidades humanas de abastecimento; garantir o acesso à água como um direito universal para as necessidades básicas da vida; estabelecer critérios sociais, econômicos e ambientais para a distribuição da água no território do Rio Grande do Norte; e garantir que o uso da água esteja alinhado com as políticas de desenvolvimento urbano e rural, tanto a nível federal quanto estadual.

A outorga deve assegurar ao usuário o direito de uso do recurso hídrico, condicionando-o à disponibilidade do recurso a ser explorado. Dessa forma, o processo administrativo ao qual a autorização está submetida deve ser capaz de registrar as condições de intervenção no recurso hídrico e as características do usuário solicitante. Assim, a outorga funciona não apenas como um instrumento de gestão, mas também como uma ferramenta de informação, já que permite a criação de um banco de dados com informações sobre a localização e o perfil do uso da água (Silva et al., 2021)

De acordo com a análise realizada por Rodrigues et al. (2011), a outorga, apesar de ser um mecanismo regulatório, oferece a oportunidade de utilizar outros instrumentos, como o econômico, através da cobrança, inclusive com base no volume de água concedido. Além disso, a outorga é fundamental para prevenir conflitos entre os usos presentes e futuros da água, garantindo seu controle tanto em quantidade quanto em qualidade (Ribeiro et al., 2014).

É essencial caracterizar os diferentes usos dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, pois isso pode fornecer orientações para o manejo adequado da água. De acordo com Jaques (2017), seu estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, localizada no município de Pinheiros/ES, revelou uma disparidade significativa entre os usos consuntivos e não consuntivos, com 94% do consumo hídrico correspondendo a usos que consomem água e apenas 6% destinados a usos que não a consomem. O autor constatou que, em algumas situações analisadas no processo de outorga, a demanda por água supera a oferta, o que poderia comprometer o equilíbrio hídrico na bacia em estudo. Além disso, o autor ressalta

a importância de espacializar essas informações, ou seja, identificar onde ocorrem os usos outorgados, como uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisões na análise das autorizações e concessões de futuras outorgas, considerando os aspectos quantitativos e qualitativos dos usos de água.

Conforme explanado por Stinghen e Mannich (2019), o estabelecimento da relação entre as demandas com as atividades atreladas aos usos em uma bacia, e a disponibilidade dos recursos para supri-las, são cruciais para o desenvolvimento de um diagnóstico eficaz dos recursos hídricos, que fornecerá o suporte necessário à gestão da água. Deste modo, para o processo de emissão de outorgas é vital o conhecimento da disponibilidade hídrica ao longo da bacia hidrográfica, bem como a compreensão da sua distribuição espacial e temporal (Américo-Pinheiro et al., 2019).

Figueredo (2021) desenvolveu um diagnóstico de outorgas e vazões na unidade hidrográfica do Alto Ivaí – Paraná. Os resultados do estudo mostraram-se como uma importante ferramenta para auxiliar no levantamento de dados acerca da utilização dos recursos hídricos, sendo capaz de identificar os maiores consumidores de água dentro de um limite geográfico estabelecido. Enquanto Silva et al. (2019) realizou uma análise temporal e quantitativa da outorga de poços na bacia do rio Paraíba. Os resultados obtidos na pesquisa apontaram que 56% das outorgas emitidas entre 2008 e 2019 foram para o abastecimento humano e revelou que de uma maneira geral durante o período mais crítico da crise hídrica houve uma redução na emissão das outorgas, isso foi justificado por diferentes fatores, como por exemplo, procedimentos burocráticos e morosos, bem como limitação de corpo técnico para executar essas demandas.

No trabalho conduzido por Dantas (2021), o objetivo foi analisar temporal e espacialmente as outorgas na bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu, emitidas pelos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba durante o período de 2018 a 2020. Os resultados da pesquisa indicaram que, em ambas as unidades federativas, a principal fonte de captação foi de águas subterrâneas, destacando-se a irrigação e a carcinicultura como os principais usos. A autora enfatizou a importância de realizar esses estudos com maior periodicidade, reforçando que o conhecimento das variáveis temporal e espacial pode facilitar o controle e a gestão dos recursos hídricos.

Enquanto a pesquisa desenvolvida por Dictoro e Hanai (2017) abordou a recuperação da visão simbólica da água no contexto ocidental, destacando sua importância além do viés utilitário centrada no seu uso como recurso hídrico. A investigação, realizada em três bacias hidrográficas, incluindo a Piancó-Piranhas-Açu, revelou a relevância da incorporação de

elementos simbólicos e culturais na conservação da água, sinalizando a necessidade de fortalecer a gestão e implementação dos mecanismos estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Os resultados apontam que entre os instrumentos considerados mais efetivos para a preservação e gestão da água, destacam-se o plano de recursos hídricos, a outorga de direito de uso e a cobrança pelo uso da água.

A outorga de direito de uso dos recursos hídricos em uma bacia é um procedimento fundamental para o gerenciamento e planejamento eficazes, considerado uma forma de comando. Ele desempenha um papel essencial na garantia da sustentabilidade hídrica da região, sendo uma ferramenta de gestão que permite diagnosticar e compreender quais usos estão sendo efetivamente praticados na bacia. É de extrema importância ampliar a regularização dos usos que podem estar com outorgas vencidas ou mesmo sem emissão, a fim de garantir a conformidade legal. Essas ações possibilitam uma análise mais precisa e revelam os pontos que ainda podem ser outorgados, bem como os potenciais conflitos existentes na unidade territorial (Medeiros, 2021).

### 2.3. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal de uma determinada região é fundamental para a compreensão da dinâmica espaço-temporal e suas respectivas mudanças. Os dados obtidos a partir do levantamento dos usos da terra possibilitam sua aplicação em diferentes finalidades e interesses. Aos planejadores e órgãos competentes, por exemplo, estes dados são de extrema relevância pois fornecem subsídios ao reconhecimento das condições do quadro natural e da ocupação territorial da área de estudo, viabilizando a adoção de ações e estratégias para utilização racional dos recursos naturais. Além disso, constituem-se também em uma importante fonte de dados para os estudos de impacto ambiental nas bacias hidrográficas, contribuindo na identificação de áreas erodidas, assim como também em indicadores de biodiversidade (Pereira e Pinto, 2007).

De acordo com Pissarra, Politano & Ferraudo (2004), a bacia hidrográfica é considerada o meio mais eficiente para o controle dos recursos hídricos que fazem parte dela. É reconhecida como a unidade de planejamento e regulamentação do uso e ocupação do solo, e é um sistema natural delimitado geograficamente, onde os fenômenos e interações podem ser integrados. A qualidade da água e do solo depende do uso e das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, tornando-a uma unidade geográfica na qual os recursos naturais são integrados (Abdala, 2012).

Valle Júnior et al. (2010) constataram que a ocorrência de diferentes tipos de erosão nas bacias hidrográficas representa uma preocupação significativa atualmente. Esses processos erosivos têm impactos negativos na produção agrícola, uma vez que resultam na degradação do solo e na redução da disponibilidade de água, levando ao assoreamento dos reservatórios.

Silva et al. (2018) verificaram que a atividade econômica na região Nordeste é conduzida de forma agressiva, utilizando práticas como desmatamento e queimadas, que resultam em um processo de degradação prejudicial ao solo, à biodiversidade e aos recursos hídricos. Os pesquisadores também reconhecem que o processo de degradação varia de acordo com as características regionais. Na caatinga, por exemplo, a substituição da vegetação nativa por culturas de ciclo curto, diante da alta evapotranspiração e atrelada às baixas precipitações, contribui para a aceleração dos processos erosivos e pode até levar a um eventual estado de desertificação.

De acordo com a pesquisa realizada por Freire e Castro (2014) em uma bacia hidrográfica no estado do Espírito Santo, foi observada uma forte correlação positiva de 0,87 entre o Índice de Degradação da Água (associado à baixa concentração de oxigênio dissolvido e alta concentração de nitratos) e o Índice de Atividade Humana do Solo (associado à exposição do solo e ao uso de pastagens).

Em outro estudo conduzido por Pereira (2016) na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, também foi encontrada uma alta correlação entre as concentrações de nutrientes na água e a ocupação humana nas áreas próximas à bacia. Isso ressalta a importância de investigar o uso e ocupação do solo para compreender a qualidade dos corpos hídricos.

Conforme Aiello, Adamo e Canora (2015), a utilização de modelos que buscam estimar a perda do solo no ambiente por meio de SIG é uma relevante ferramenta no planejamento ambiental, pois a espacialização dos fenômenos aponta as áreas críticas para a tomada de decisão e possibilita o alcance de uma gestão ambiental adequada das bacias hidrográficas. Os autores do estudo reforçam que o uso de imagens de satélites de média resolução espacial apresenta-se eficiente e apropriado para estimativas de perdas de solos pela erosão e apontam que a avaliação da distribuição espacial da erosão constitui uma importante ferramenta no planejamento ambiental.

Gouveia (2020) realizou um estudo na bacia hidrográfica do rio Uberabinha - MG, objetivando analisar a influência do uso do solo no recurso hídrico da bacia. Utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, os resultados alcançados apontaram que o uso do solo influenciou na contaminação da água da bacia hidrográfica, especialmente, no percurso que envolve a malha urbana da cidade.

A pesquisa desenvolvida por Barão et al. (2021) teve o objetivo de quantificar as áreas com conflito de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente (APPs) em microbacias hidrográficas do município de Senador Amaral (MG), com auxílio de técnicas de geoprocessamento. Os resultados indicaram que a atividade predominante nas áreas em desacordo com a legislação é a pastagem, reforçando a necessidade de implementação de ações educacionais direcionadas à população e da criação de um planejamento estratégico para a gestão dos recursos naturais municipais e além da recuperação ecológica das APPs.

Silva et al. (2020) conduziram uma pesquisa que analisou a dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi – RN. Através da aplicação de geotecnologias e criação de mapas temáticos para os anos de 2009 e 2016, os resultados destacam uma preocupante degradação ambiental. Esse estudo quantitativo manifesta a necessidade iminente de adotar uma política de planejamento ambiental e territorial, focada na conservação dos usos múltiplos das águas, em resposta aos impactos provenientes de processos naturais e antrópicos observados ao longo dos últimos anos.

Em um estudo elaborado para avaliar a qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, com ênfase para as sub-bacias do Rio do Peixe, Piancó e Alto Piranhas, foi revelada uma impactante pressão antrópica, notadamente ligada às atividades agropecuárias. A retirada da vegetação natural para essas práticas emerge como uma ameaça evidente, destacando a necessidade crítica de monitoramento dos parâmetros de qualidade da água, para compreender as variações sazonais e temporais induzidas por ações humanas e/ou naturais. A relevância desse cenário torna-se ainda mais clara diante das alterações na qualidade da água durante eventos chuvosos. O solo exposto, devido às atividades agropecuárias, torna-se altamente suscetível ao deflúvio superficial, resultando no arraste de diversos materiais para o curso d'água, o que tende a provocar poluição dos corpos hídricos (Sousa et al., 2014).

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

A metodologia adotada para alcançar os objetivos desta pesquisa, de acordo com Gil (2017), pode ser classificada como aplicada, exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa e quantitativa, uma vez que objetiva a construção de um conhecimento com aplicações práticas e direcionadas para auxiliar na resolução de problemas específicos, a exemplo da orientação dos conflitos de uso que surgem nas bacias hidrográficas.

A pesquisa é caracterizada como exploratória pois tem como objetivo elucidar e explicar o uso e ocupação do solo com relação aos padrões das outorgas concedidas na bacia, por meio da análise de dados e informações. A natureza descritiva deste estudo decorre das observações realizadas com intuito de identificar a existência de relações entre as variáveis ambientais, utilizando uma metodologia sólida e bem definida, como as técnicas de geoprocessamento (Gil, 2017).

No que diz respeito a abordagem, de acordo com o estudo de Schneider, Fujii e Corazza (2017), ao combinar abordagens de pesquisa qualitativa e quantitativa, é possível realizar um estudo mais preciso e robusto utilizando métodos quantitativos, ao mesmo tempo em que se realiza uma análise aprofundada por meio de métodos qualitativos.

### 3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situada na região semiárida do nordeste brasileiro, a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu (BHRPA) é considerada a maior bacia do estado do Rio Grande do Norte, apresentando uma área de drenagem de 17.498,50 km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 32,8% do território estadual (ANA, 2019). A bacia comporta um total de 20 reservatórios, incluindo barragens e açudes, os quais serão apresentados em um quadro resumo (quadro 1).

Quadro 1 – Características técnicas dos reservatórios situados na bacia Piranhas-Açu

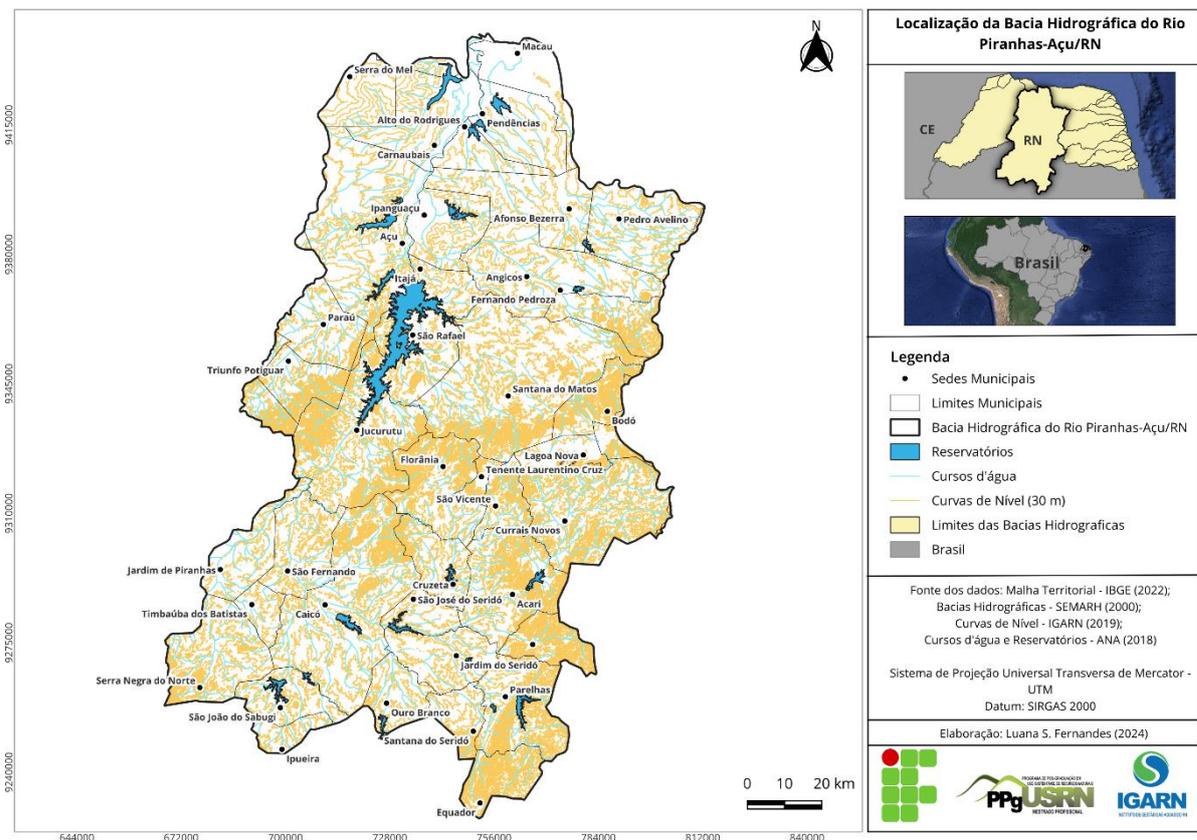
RESERVATÓRIO	MUNICÍPIO	CAPACIDADE (hm <sup>3</sup> )	COORDENADAS	RIO BARRADO
ENG. ARMANDO R. GONÇALVES	ASSÚ	2.373,07	9.373,211 N 733,825 E	-
BOQUEIRÃO DE PARELHAS	PARELHAS	84,79	9.259,611 N 761,823 E	RIO SERIDÓ
ITANS	CAICÓ	81,75	9.282,341 N 713,799 E	RIO BARRA NOVA
MENDUBIM	ASSÚ	77,60	9.376,215 N 729,038 E	RIO PARAÚ
SABUGI	SÃO JOÃO DO SABUGI	61,85	9.265,194 N 699,909 E	RIO SABUGI
PASSAGEM DAS TRAÍRAS	SÃO JOSÉ DO SERIDÓ	49,70	9.279,059 N 726,974 E	RIO SERIDÓ
MARECHAL DUTRA	ACARI	44,42	9.297,103 N 767,078 E	RIO ACAUÃ
ESGUICHO	OURO BRANCO	27,94	9.251,785 N 725,965 E	-
CARNAÚBA	SÃO JOÃO DO SABUGI	25,71	9.266,204 N 704,702 E	RIACHO QUIXERÉ
CRUZETA	CRUZETA	23,55	9.291,070 N 743,312 E	RIACHO SÃO JOSÉ

BOQUEIRÃO DE ANGICOS	AFONSO BEZERRA	16,02	9.382,557 N 779,116 E	RIO CABUGI
PATAXÓ	IPANGUAÇU	15,02	9.378,906 N 740,495 E	RIO PATAXÓ
RIO DA PEDRA	SANTANA DO MATOS	13,60	9.338,103 N E 755,413 E	RIO DA PEDRA
DOURADO	CURRAIS NOVOS	10,32	9.308,020 N E 775,091 E	RIO CURRAIS NOVOS
CALDEIRÃO DE PARELHAS	PARELHAS	9,32	9.258,379 N 755,611 E	RIACHO DOS QUINTOS
BELDROEGA	PARAÚ	8,06	9.363,049 N 714,090 E	RIO PARAÚ
ZANGARELHAS	JARDIM DO SERIDÓ	7,92	9.274,399 N 748,373 E	RIO DA COBRA
ALECRIM	SANTANA DO MATOS	7,00	9.339,624 N 759,485 E	RIACHO OLHO D'ÁGUA DO PADRE
CURRAIS NOVOS	CURRAIS NOVOS	3,81	9.305,540 N 773,230 E	-
MUNDO NOVO	CAICÓ	3,60	9.291,620 N 714,023 E	-

Fonte: adaptado da SERIDH (1998) e ANA (2023).

Na Figura 1 é possível observar a localização da bacia quanto ao nível nacional, estadual e regional, assim como cursos d'água, reservatórios e curvas de nível. Ao todo, a bacia engloba 47 municípios no estado do Rio Grande do Norte (ANA, 2018).

Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu/RN



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Além dos principais reservatórios, ao longo dos anos, foi construído um conjunto de açudes para atender às diversas demandas de uso da água. Na bacia do rio Piranhas-Açu, estão presentes atividades econômicas de grande importância, como a agropecuária, com destaque para a fruticultura irrigada, a mineração, a produção de petróleo, e a aquicultura, principalmente a produção de camarão. Essa economia regional está diretamente ligada a centros urbanos relevantes, como Caicó, Assú e Macau, no estado do Rio Grande do Norte (ANA, 2018).

Apesar da disponibilidade significativa de água superficial na bacia do rio Piranhas-Açu, através dos reservatórios construídos ao longo dos últimos 50 anos, com ênfase na barragem Armando Ribeiro Gonçalves, o crescimento das demandas de água por parte do setor produtivo não acompanhou de maneira proporcional às projeções iniciais feitas durante a construção dessas estruturas. Esse cenário mudará com a iminente entrada em operação do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF), que aumentará substancialmente a disponibilidade de água superficial na bacia, graças às aduções diretas para as barragens Oiticica (em fase de construção) e Armando Ribeiro Gonçalves (SEMARH, 2022).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), popularmente conhecido como transposição do São Francisco, é

considerado uma das maiores empreitadas de infraestrutura hídrica do Brasil. Essa iniciativa visa aumentar a segurança hídrica nos estados de Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, regiões frequentemente afetadas pela estiagem (BRASIL, 2019a).

Ainda com relação às características da bacia, em toda a sua extensão há uma predominância do tipo BSw'h', da classificação climática de Köppen, caracterizado por um clima muito quente e semiárido, o que significa que as chuvas são concentradas em poucos meses do ano, com a estação chuvosa muitas vezes se atrasando para o outono. Além disso, a bacia apresenta um padrão de forte variabilidade interanual, inferindo que há uma alternância entre anos com chuvas acima da média, anos com chuvas dentro da média e anos consecutivos com chuvas abaixo da média. Essa variabilidade resulta em períodos prolongados de seca e baixa disponibilidade de água na região (SERIDH, 1998).

Em geral, a precipitação média anual varia entre 500 mm e 600 mm, com uma tendência de aumento da quantidade de chuvas conforme nos aproximamos da foz do rio. No entanto, na bacia do rio Seridó, ocorre o oposto, com uma diminuição na quantidade de chuvas à medida que nos deslocamos do curso inferior para o curso superior, chegando a pouco mais de 400 mm nas nascentes dos rios Acauã e Seridó. Existem áreas específicas na região de Jucurutu e no rio Espinharas que recebem mais de 700 mm de chuva (SERIDH, 1998).

Ainda de acordo com a Secretaria de Recursos Hídricos - SERIDH, (1998), a porção centro-sul da bacia é caracterizada pela presença da Depressão Sertaneja, uma unidade geomorfológica que se caracteriza por apresentar principalmente formas de relevo tabulares amplas e pouco profundas. Em menor proporção, também são encontrados relevos convexos e formas mais pontiagudas.

Na parte sudeste da bacia, encontra-se o Planalto da Borborema, que é composto por uma combinação de formas de relevo aguçadas, convexas e tabulares. Esse planalto é marcado por topos amplos, que são notáveis ocorrências de áreas com sedimentos terciários, formando superfícies tabulares resultantes de processos erosivos. No setor norte da bacia, é possível observar a presença da Superfície Cárstica e dos Tabuleiros Costeiros. Essas áreas são caracterizadas por apresentarem relevos tabulares amplos e pouco erodidos, além de uma superfície pediplanada. Na região próxima à foz do rio Açu, encontramos uma ampla planície flúvio-marinha, conhecida como Faixa Litorânea (SERIDH, 1998).

Com relação às características geológicas da bacia, nas regiões central-sul e sudeste da bacia, as rochas predominantes são cristalinas pré-cambrianas, associadas aos complexos Caicó, São Vicente e Seridó, com ocorrência de intrusões de rochas plutônicas e filonianas. Destaca-se também a presença de duas grandes áreas compostas por arenitos caulíníficos,

arenitos ferruginosos e lateritas, relacionadas à Formação Serra do Martins, que são formações terciárias que cobrem terrenos do embasamento pré-cambriano (SERIDH, 1998).

Na porção norte, que é menos extensa em área do que a bacia Apodi-Mossoró, encontram-se calcários da Formação Jandaíra e arenitos da Formação Açú e do Grupo Barreiras. A planície flúvio-marinha, que abrange o conhecido Vale do Açú, é composta por sedimentos quaternários (SERIDH, 1998).

A análise das classes de uso do solo revela a distribuição e proporção de diferentes tipos de áreas na região. Na BHRPA foram identificadas oito classes distintas, conforme consta na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes de Uso do Solo

Classes de Uso do Solo	Área	
	km <sup>2</sup>	%
Caatinga Arbórea	725,4	4,2
Caatinga Herbácea-Arbustiva	10.132,40	57,9
Caatinga Antropizada	3.856,10	22
Salinas/Áreas Salinizadas	258,3	1,5
Dunas/Areias	6,1	-
Agricultura	1.493,10	8,5
Áreas urbanas	35,3	0,2
Lagoas/Açudes	991,8	5,7
<b>Total</b>	<b>17.498,50</b>	<b>100</b>

Fonte: SERIDH (1998), com referência ao Relatório HE-1358-R03-0397

Em resumo, as classes de uso e cobertura do solo na região analisada são compostas predominantemente pela Caatinga Herbácea-Arbustiva, seguida pela Caatinga Antropizada. A agricultura e as lagoas/açudes têm uma presença menor, enquanto a Caatinga Arbórea, áreas salinizadas e urbanas ocupam áreas mais reduzidas.

### 3.3. OBTENÇÃO DOS DADOS

Os dados referentes às concessões das Outorgas de Direito de Uso dos Recursos Hídricos foram obtidos junto ao órgão responsável pela concessão no Estado do Rio Grande do Norte, que é o Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN). O

instituto forneceu os dados solicitados por meio de um ofício elaborado pela autora, protocolado no nº10110008.000253/2023-32, pelo Sistema Estadual de Informação (SEI) do RN. Os dados foram disponibilizados em planilhas eletrônicas no formato Excel, contendo as informações necessárias e suficientes para o desenvolvimento do trabalho.

No estado do Rio Grande do Norte, a responsabilidade pela implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos superficiais é compartilhada entre o governo estadual e federal, o estado é representado pelo IGARN, e a união é representada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Isso ocorre devido à presença de corpos d'água que estão sob jurisdição tanto estadual quanto federal. Contudo, esta pesquisa se concentrou apenas nas regularizações superficiais emitidas pelo IGARN, que dizem respeito aos corpos d'água de competência estadual. E com relação às águas subterrâneas, a gestão dos aquíferos é de competência do IGARN.

Para calcular a precipitação média anual da bacia Piranhas-Açu/RN, foi determinada a precipitação média anual de cada estação utilizando o método de Thiessen, por meio do programa de geoprocessamento QGIS. O método de Thiessen calcula uma média ponderada das precipitações registradas pelos pluviômetros, onde o peso atribuído é proporcional à área de influência de cada estação na bacia. Ele considera a distribuição espacial não uniforme das estações, sem levar em conta o relevo da bacia (Tucci, 1997).

As séries históricas foram coletadas de oito estações pluviométricas (536035, 536036, 536044, 536047, 636045, 637010, 637039 e 637049), os dados foram obtidos por meio do site HydroWeb, mantido pelo Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e administrado pela ANA (SNIRH, 2020).

O conjunto de dados de precipitação nesta pesquisa abrange uma série de 10 anos, de 01 de janeiro de 2012 a 31 de dezembro de 2022. Embora tenham sido identificados 108 estações pluviométricas na bacia, apenas 8 estações continham dados referentes ao recorte temporal estabelecido, por este motivo, as demais estações foram retiradas da análise.

Para elaboração dos mapas foi utilizado como base o repositório de mapas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e para delimitação das bacias do RN os arquivos vetoriais foram fornecidos pela SEMARH/RN. Com relação aos dados de uso e ocupação do solo e áreas de gestão de conflitos da bacia Piranhas-Açu, estes foram provenientes do Projeto de Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Piranhas-Açu/RN (MZPAS), desenvolvido pela Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos (COBRAPE), de acordo com a base de dados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil (MAPBIOMAS), e disponibilizado pela SEMARH/RN.

Cabe enfatizar que, para as classes de uso do solo de 2012 foram considerados dados do MAPBIOMAS de 2013, levando em conta as modificações feitas dentro dos limites do MZPAS, enquanto para as classes de uso de 2022, foram considerados dados do Mapbiomas de 2017, também relacionados ao MZPAS.

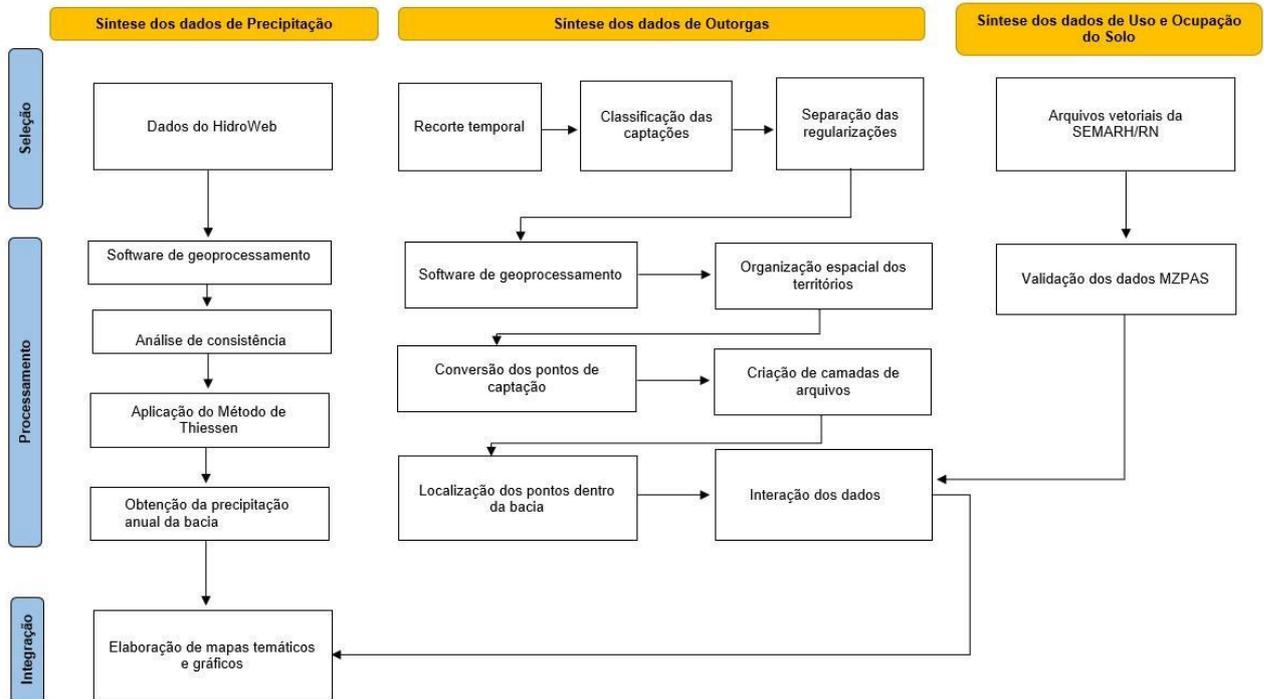
#### 3.4. PROCESSAMENTO DOS DADOS

Na primeira fase da pesquisa, foram coletadas informações referentes a um intervalo de 10 anos, compreendendo de janeiro de 2012 a dezembro de 2022. A escolha desse recorte temporal foi motivada não apenas pela disponibilidade contínua dos dados provenientes do banco de Outorgas do IGARN, mas também pela consideração de que esse período abarca épocas de seca prolongada e precipitações acima da média histórica. Esses eventos climáticos tendem a justificar algumas discussões pertinentes com relação aos dados sintetizados.

É importante destacar que o foco do estudo foram as autorizações de uso dos recursos hídricos, excluindo as autorizações para usos considerados insignificantes, também conhecidas como "Certificados de uso insignificante dos recursos hídricos" no estado do Rio Grande do Norte.

Com objetivo de sistematizar o processo de tratamento e análise de dados relacionados à precipitação, outorgas de direito de uso de recursos hídricos subterrâneas e superficiais, e uso e ocupação do solo, foi elaborado o fluxograma de processamento (Figura 2). O fluxo detalha as etapas necessárias para transformar esses dados brutos em informações úteis, culminando na criação de mapas e gráficos que facilitam a visualização e interpretação dos resultados.

Figura 2 – Fluxograma Integrado de dados de Precipitação, Outorgas e Uso do Solo.



Fonte: Elaboração própria, 2024, adaptado de PRISMA 2020.

Após a conclusão das etapas de processamento, foi possível visualizar a integração dos dados de outorga obtidos com os de uso e ocupação do solo, assim como também foi visualizada a relação das outorgas com áreas prioritárias para gestão de conflitos, que possibilitou a elaboração de mapas temáticos, e o desenvolvimento de gráficos que relacionam os dados de precipitação com os dados de outorgas. Esses produtos poderão ser utilizados tanto pelo Comitê de Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu (CBH-PPA), para compreensão da dinâmica da bacia no Rio Grande do Norte, bem como pelos órgãos gestores competentes, como ferramenta de apoio à tomada de decisão.

### 3.5. PRODUTO TÉCNICO TECNOLÓGICO

O produto tecnológico gerado na pesquisa foi a elaboração de três mapas, que representam a interação entre o uso e ocupação do solo e as variações espaciais e temporais das outorgas emitidas, além da relação das outorgas com as áreas de gestão de conflitos da bacia hidrográfica Piranhas-Açu/RN. Os dados e conclusões derivados dessas análises podem ser utilizados como subsídio à tomada de decisões relacionadas aos processos de Outorga concedidos pelo órgão gestor. Além disso, têm o potencial de promover o uso racional e integrado dos recursos hídricos, visando o desenvolvimento sustentável.

Para análise do produto tecnológico da pesquisa, foram considerados cinco (5) critérios: aderência, impacto, aplicabilidade, inovação e complexidade.

No tocante ao aspecto aderência, o produto tecnológico da pesquisa dispõe de aderência a linha de saneamento ambiental do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN), além de ser fundamental para identificar os usos do solo e as necessidades hídricas atuais, bem como estabelecer ações estratégicas para o alcance de uma gestão que integra os interesses sociais, econômicos e ambientais, visto que, estes são os aspectos intrínsecos para o planejamento, conservação e a preservação dos recursos hídricos e do uso e ocupação do solo. Embora o produto desenvolvido possa contribuir para auxiliar na gestão dos conflitos em escala local, uma vez que, será aplicado dentro do contexto da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, a metodologia pode alcançar outros âmbitos, como regional e nacional, considerando que a mesma pode ser replicada em outras bacias hidrográficas.

A elaboração do produto tecnológico da pesquisa para as Ciências Ambientais irá auxiliar o órgão competente na tomada de decisão com a obtenção de dados que permitam um maior controle da emissão de Outorgas, bem como irá incentivar a adoção de medidas de proteção e conservação da cobertura da terra em torno da bacia, que pode ser útil para o Comitê de Bacias Piancó-Piranhas-Açu. Outra contribuição que o desenvolvimento do produto visa alcançar é visualizar áreas potencialmente críticas de exploração dos recursos hídricos por meio da relação do uso e ocupação do solo com a caracterização das regiões que apresentaram as maiores demandas e os usos mais significativos. As áreas impactadas pela elaboração do produto são a social, econômica, ambiental e jurídica, uma vez que engloba aspectos qualitativos e quantitativos para atendimento das demandas hídricas da população e autorização de uso da água por parte do órgão competente.

O produto apresenta alta aplicabilidade para fins de monitoramento, gerenciamento da bacia hidrográfica tanto com relação ao uso e ocupação do solo como a gestão dos recursos hídricos, controle da emissão de Outorgas do Direito de Uso da Água, delimitação de áreas potencialmente críticas de exploração e áreas de conflitos de uso, entre outros. Também dispõe de alto potencial de replicabilidade como produção técnica.

O produto técnico apresenta médio teor de inovação, visto que é derivado da adaptação de conhecimentos já existentes. Por fim, demandou conhecimentos multidisciplinares, como softwares de elaboração de mapas para caracterização dos usos do solo e da água da bacia hidrográfica, tanto no espaço como no tempo, as políticas públicas que regem a gestão territorial e dos recursos hídricos, entre outros. Por se tratar de uma combinação de conhecimentos pré-estabelecidos, classifica-se como um produto de média complexidade.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. ANÁLISE DAS OUTORGAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

Com relação às outorgas subterrâneas, foram contabilizadas 690 regularizações emitidas na bacia Piranhas-Açu de 2012 a 2022, no entanto, 33 dessas regularizações foram retiradas da contagem, pois os pontos plotados estavam situados fora da bacia do estudo, permanecendo então 657 regularizações emitidas dentro do recorte temporal.

Na Tabela 2 consta a quantificação das regularizações subterrâneas com seus respectivos consumos de água na bacia, distribuídas por finalidade de uso.

Tabela 2 – Quantificação das Outorgas Subterrâneas por finalidade de uso de 2012 a 2022

FINALIDADE DE USO	QUANTIDADE	VOLUME (m <sup>3</sup> /dia)	%
IRRIGAÇÃO	390	284.772,82	74,42
CARCINICULTURA	65	54.071,10	14,13
ABASTECIMENTO HUMANO	40	26.131,20	6,83
INDUSTRIAL	87	8.294,74	2,17
OUTROS USOS	51	5.706,70	1,49
USOS MÚLTIPLOS	22	3.579,86	0,94
DESSEDENTAÇÃO ANIMAL	2	98,85	0,03
<b>TOTAL</b>	<b>657</b>	<b>382.655,27</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaboração própria, 2023.

É observada uma predominância significativa na emissão de autorizações para a finalidade de irrigação. Das 657 autorizações emitidas, 390 estão destinadas a essa finalidade, que corresponde a cerca de 74,42%, demandando cerca de 284.772,82 metros cúbicos por dia, com destaque para os municípios Assú, Ipanguaçu e Afonso Bezerra. A prática da irrigação é uma atividade que ocorre há bastante tempo na Bacia do Rio Piranhas-Açu. Desde os anos 70, ela tem se destacado como uma alternativa econômica importante, principalmente devido à queda na produção de algodão causada pela infestação do bicudo. A irrigação privada foi incentivada e apoiada tanto pelo governo federal quanto pelo governo estadual, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento da região (ANA, 2018).

A pesquisa de Sousa et al. (2017) analisaram as outorgas no Alto Curso do Rio Piranhas, localizado no sertão da Paraíba, apontando que aproximadamente 61% das regularizações subterrâneas destinam-se à irrigação. Os pesquisadores também destacam a importância de um controle mais rigoroso no uso da água para a agricultura irrigada, enfatizando que a água deve

ser reservada para fins estratégicos, como abastecimento humano e dessedentação animal durante períodos de seca severa.

Outro setor que se destacou em termos de outorgas e de consumo foi a Carcinicultura, computando 65 autorizações, distribuídas principalmente nos municípios de Carnaubais, Ipanguaçu e Pendências. A carcinicultura, que compreende a criação de camarões em ambientes controlados, é responsável pelo segundo maior consumo de água no Rio Grande do Norte e na bacia do estudo, com uma demanda de 54.071,10 m<sup>3</sup>/dia.

Embora a carcinicultura apresente um considerável potencial econômico, o uso de tecnologias ou técnicas inadequadas pode resultar em uma série de impactos ambientais nos ecossistemas naturais. A adubação contínua e a constante renovação da água geram efluentes ricos em nutrientes, que são frequentemente lançados nos ambientes próximos aos tanques de cultivo sem tratamento prévio adequado. Isso pode resultar em salinização, aumento das concentrações de nutrientes na água e no sedimento, além do surgimento de bactérias. Essas mudanças podem desequilibrar o ecossistema, levando à eutrofização dos corpos hídricos e alterando sua estrutura e qualidade (Da Fonseca e Da Silva, 2021).

Ainda que em menor quantidade, é importante destacar o abastecimento humano como finalidade de uso, com 40 autorizações emitidas, ocupando cerca de 6% da demanda total. O baixo número de outorgas subterrâneas para essa finalidade pode ser explicado em função da bacia hidrográfica ter grande parte dos reservatórios construídos e projetados para servir aos usos múltiplos e deve obedecer ao mandato constitucional de dar prioridade ao abastecimento humano em detrimento aos demais usos, dessa forma as outorgas de águas superficiais deve corroborar para o exposto. Além disso, a bacia apresenta predominância em solos cristalinos, onde as águas subterrâneas são de baixa vazão e elevada salinidade, não sendo apropriada para o consumo humano, essa deficiência é suprida pelas águas superficiais dos açudes (SEMARH, 2022).

A finalidade de uso industrial contabilizou 87 outorgas emitidas, com destaque para a região do Seridó. Algumas indústrias desta região merecem ênfase por sua habilidade em se adaptar às condições hídricas e podem ser encontradas em Jardim de Piranhas (produção de redes), São José do Seridó (área de confecções e vestuário), Caicó (segundo maior polo de produção de bonés do país) e Currais Novos (mineração). Esses exemplos ilustram o potencial de crescimento econômico das chamadas "indústrias secas" (RIO GRANDE DO NORTE, 2018). Embora apresente o segundo maior número de regularizações emitidas, no que diz respeito à demanda, a finalidade industrial tem um consumo pouco representativo (2,17%), quando comparado por exemplo com a irrigação e a carcinicultura.

Em menores proporções constam como finalidades outros usos com 51 regularizações, usos múltiplos com 22 e dessedentação animal com apenas 2 outorgas emitidas. Em termos gerais, esses setores produtivos, assim como outros menos expressivos em relação à demanda de água dos recursos hídricos estaduais, operam de forma independente, dispersa e isolada geograficamente. Por sua vez, esses usos são distribuídos entre projetos de menor escala quando se trata do consumo de água. Eventualmente, um ou outro desses projetos pode exercer uma influência maior sobre um determinado manancial, mas isso também ocorre de forma limitada e geograficamente restrita (SEMARH, 2022).

No que concerne à contabilização das regularizações superficiais, foram registradas 216 outorgas. Entretanto, 19 delas foram excluídas devido à finalidade, que envolvia o lançamento de efluentes e a regularização de barragens/obras, atividades que não se enquadram no âmbito deste projeto. Na Tabela 3 é possível visualizar a quantificação das outorgas superficiais por segmentos de uso, além das vazões outorgas de cada um.

Tabela 3 – Quantificação do número de Outorgas Superficiais por categoria de uso, emitidas de 2012 a 2022.

<b>FINALIDADE DE USO</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>VOLUME (m<sup>3</sup>/dia)</b>	<b>%</b>
IRRIGAÇÃO	143	66.244,85	45,95
ABASTECIMENTO HUMANO	17	61.107,44	42,39
CARCINICULTURA/PISCICULTURA	11	7.252,00	5,03
USOS MÚLTIPLOS	13	3.500,88	2,43
INDUSTRIAL	6	1.365,20	0,95
OUTROS USOS	6	1.112,00	0,77
<b>TOTAL</b>	<b>196</b>	<b>140.582,37</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Elaboração própria, 2023.

Na análise das outorgas superficiais, destaca-se a finalidade da irrigação, com a emissão de 143 autorizações e um consumo de 66.244,85 metros cúbicos por dia. Isso reforça o papel proeminente da agricultura irrigada como a atividade produtiva que mais consome água no estado do Rio Grande do Norte.

No estudo elaborado por Ferreira, Andrade e Santiago (2021), desenvolvido no município de Unaí, em Minas Gerais, 90% outorgas superficiais vigentes foram destinadas à finalidade irrigação. Esse quantitativo expressivo de outorgas para agricultura irrigada reflete o quanto essa atividade detêm importância econômica para a região.

O abastecimento humano foi responsável pelo segundo maior número de regularizações concedidas e pelo segundo maior consumo de água em outorgas superficiais, totalizando 61.107,44 metros cúbicos por dia. Esses dados corroboram com os apontamentos levantados na análise das outorgas subterrâneas, onde se nota que, o consumo humano nas outorgas superficiais é substancialmente mais expressivo quando comparado com os valores obtidos nas regularizações subterrâneas. Em uma análise realizada no banco de dados da ANA e do IGARN para estimar o percentual de usos outorgados de consumo humano no estado, considerando as captações em mananciais subterrâneos e superficiais, também foi constatada a predominância das águas superficiais em termos de quantidade de água captada, representando aproximadamente 60,2% do total (SEMARH, 2022).

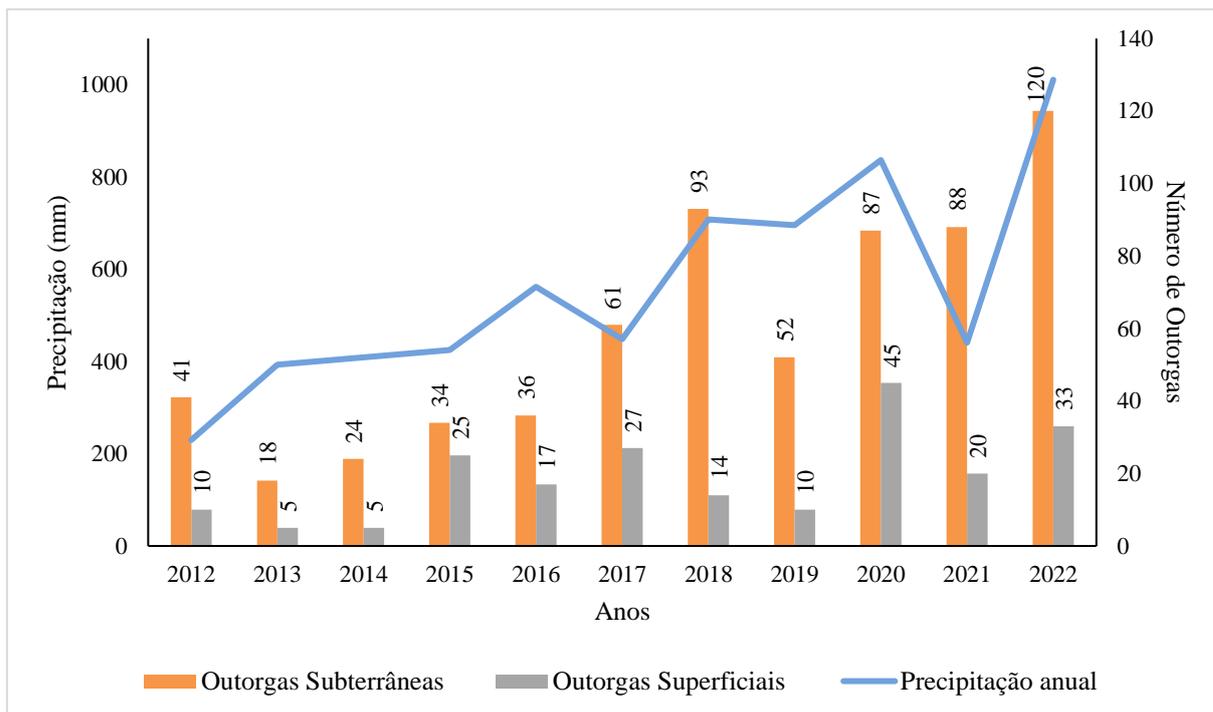
Além de outorgas superficiais para carcinicultura também foram identificadas regularizações para fins de piscicultura, com um volume de 7.252,00 m<sup>3</sup>/dia. No Brasil, a atividade é principalmente desenvolvida na região Nordeste, considerada o berço da carcinicultura brasileira, que teve início em meados da década de 1970 no estado do Rio Grande do Norte (De Melo Soares et al. 2016). Atualmente, a região Nordeste é responsável por cerca de 90% da produção nacional.

A carcinicultura geralmente se localiza perto de manguezais, aproveitando os nutrientes e condições ideais para o cultivo de camarões. Nesses locais, a água é usada tanto para a criação quanto para o descarte de efluentes, especialmente durante a despesca. Devido aos grandes impactos sobre os recursos hídricos e a biodiversidade, essa atividade é considerada potencialmente poluidora. A construção de canais e tanques pode alterar a drenagem, bloquear o fluxo das marés e modificar o substrato, entre outros efeitos negativos causados as áreas de manguezais (Felipe e Oliveira, 2012).

Quanto às demais finalidades de uso (industrial, outros usos e usos múltiplos), estas apresentam menos expressões quanto às regularizações emitidas e ao consumo de água dos mananciais da bacia. Estes setores costumam atender suas próprias necessidades hídricas por meio de sistemas de produção de água individuais, como pequenos reservatórios e, em sua maioria, poços (SEMARH, 2022).

Com o intuito de visualizar e compreender a variação temporal das outorgas subterrâneas e superficiais, bem como sua relação com a precipitação, foi elaborado o Gráfico 1, que demonstra a interação dos dados obtidos de 2012 a 2022.

Gráfico 1 - Variação temporal das outorgas subterrâneas e superficiais e sua correlação com a precipitação (2012-2022).



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Após analisar a variação temporal das outorgas, não foi possível inferir uma correlação entre o número de outorgas emitidas com os dados de precipitação anual da bacia. No entanto, algumas discussões apontam que, parte das variações das emissões de outorgas podem estar atreladas a fatores como processos burocráticos e implementação do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) no estado.

Por meio do Decreto nº 27.685, de 30 de janeiro de 2018, foi instituído o processo administrativo eletrônico no âmbito do Governo do Estado do Rio Grande do Norte, mediante a utilização do Sistema Eletrônico de Informações (SEI), para constituição, gestão e tramitação de processos e documentos. Ou seja, até o ano início de 2018 todo o processo de solicitação de outorga era feito de forma presencial, com a apresentação de toda a documentação física.

Dado que a maioria das outorgas foram emitidas para fins de irrigação, principalmente para agricultores rurais, havia muitos relatos sobre a dificuldade enfrentada por esses produtores ao se deslocarem de suas propriedades e comunidades até a capital para solicitar as outorgas. Com a implantação do SEI em 2018, houve um aumento significativo no número de outorgas emitidas, uma vez que os usuários passaram a poder realizar suas solicitações pela internet, sem a necessidade de deslocamento, facilitando o processo.

A análise das outorgas sugere que um fator que pode ter contribuído para o aumento no número de emissões e incentivado os usuários de água, especialmente os agricultores que utilizam a água na agricultura irrigada, a regularizarem seus poços foi o desconto na conta de energia oferecido pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN). Conforme o Artigo 186 da Resolução Normativa nº 1.000/21 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), todo consumidor que realiza atividades exclusivamente rurais de irrigação pode solicitar o desconto na tarifa de energia. Vale destacar que a concessão desse benefício está vinculada à comprovação da existência de licenciamento ambiental e da outorga do direito de uso de recursos hídricos.

#### 4.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Foram identificadas 15 classes de uso do solo na bacia do estudo, de acordo com as modificações nos limites constantes do MZPAS. As classes estão categorizadas na Tabela 4, separadas entre os anos de 2012 e 2022.

Tabela 4 – Classes de Uso e Ocupação do Solo da BHRPA dos anos 2012 e 2022

Classes de Uso do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	
	Ano 2012	Ano 2022
Pastagem	2.078,96	2.752,00
Formação Campestre	562,19	826,19
Cultivo Anual Perene	859,28	1.033,00
Salinas	0	118,00
Aquicultura	17,93	34,00
Mineração	0,85	8,00
Infraestrutura Urbana	40,28	46,00
Formação Florestal	0,00	0,27
Mosaico de Agricultura e Pastagem	4.732,16	3.711,00
Rio, Lago ou Oceano	314,67	171,00
Outra Área não vegetada	88,19	35,00
Formação Savânica	8.745,90	8.725,00
Mangue	25,27	17,00
Apicum	21,64	14,00
Praia ou Duna	21,74	18,00
<b>Total</b>	<b>17.509,06</b>	<b>17.509,06</b>

Fonte: Elaboração própria, 2024.

As classes que obtiveram mais incrementos de áreas foram as de “Pastagem”, “Formação Campestre”, “Cultivo Anual Perene”, “Salinas” e “Aqüicultura”. De forma antagônica, observa-se as classes “Mosaico de Agricultura e Pastagem” e “Rio, Lago ou Oceano” como destaque para as maiores perdas de área na BHRPA. As demais classes de uso não apresentaram aumentos ou diminuições tão significativas de área, no entanto, algumas delas serão abordadas devido ao seu impacto na bacia, a exemplo da “Mineração”.

A categoria de uso do solo denominada "Pastagem", que também pode ser identificada como pecuária, registrou o maior aumento de área durante a análise temporal do estudo, totalizando 673,04 km<sup>2</sup>, que corresponde em termos percentuais a 3,7%. A atividade dos animais resulta na compactação do solo devido ao pisoteio, o que leva à diminuição dos espaços porosos no solo. Esse processo aumenta a resistência à penetração das raízes das plantas, resultando na perda de cobertura do solo. A redução dos espaços porosos também limita a infiltração de água no solo, o que, combinado com a baixa cobertura vegetal em áreas compactadas, favorece o escoamento superficial. Esse escoamento carrega sedimentos que podem alcançar corpos d'água, contribuindo para o assoreamento e a contaminação desses sistemas (Medeiros, 2016; Melo et al., 2008; Oliveira, 2012).

Foram identificadas mudanças nas áreas da “Formação Campestre” em termos de uso e ocupação do solo, com um acréscimo de 264,60 km<sup>2</sup>. De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra, as áreas campestres podem ser compreendidas como áreas de vegetação aberta, que se caracterizam por um estrato com predominância de arbustos, dispersamente distribuídos sobre um tapete gramíneo-lenhoso, que remetem a vegetação Caatinga (IBGE, 2013). O aumento da vegetação pode estar relacionado a programas de combate à desertificação, como a criação da Estação Ecológica do Seridó, uma unidade de conservação em área de alta importância biológica que fortalece a biodiversidade da Caatinga. Além disso, a criação da Floresta Nacional de Açu, que permite maior uso dos recursos naturais, surgiu como uma medida para reduzir os impactos da desertificação na BHPA. Em 2013, o projeto “Restauração de Caatinga” contribuiu para essa recuperação, com o plantio de 600 árvores nativas (BIODIVERSIDADE, 2014).

Observou-se um acréscimo de 173,72 km<sup>2</sup> na área designada como "Cultivo Anual Perene", uma categoria que se classifica também como agricultura e ocupa uma parte significativa da BHRPA. Esta atividade está impulsionando a troca da vegetação nativa por cultivos agrícolas e áreas de solo desprotegido. Esta é uma questão de alcance global, já que 14 dos 21 biomas do planeta são afetados pela agricultura (Ellis e Ramankutty, 2008). Entre 2003

e 2017, a área de vegetação nativa diminuiu em 79.640 hectares, ao passo que a expansão da atividade agropecuária alcançou 85.610 hectares (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

Duarte Rodrigues e Lima (2016) complementam que essas atividades, quando realizadas sem os devidos cuidados ambientais, são responsáveis por alterar a composição florestal desses ambientes terrestres. Isso se reflete na paisagem por meio de uma vegetação rasteira significativa e pela presença de rochas expostas, associadas a solos desnudos.

A classe de uso “Salinas” apresentou grandes avanços de ocupação do solo, contabilizando um crescimento 118,00 km<sup>2</sup> de área, que corresponde a cerca de 0,7%. Embora a produção de sal em grandes empreendimentos gere importantes recursos econômicos, é necessário reconhecer os impactos ambientais negativos decorrentes dessa atividade. A extração de sal exige a ocupação de vastas áreas às margens de estuários e baías em regiões áridas e semiáridas (Davis, 2000; Rocha et al., 2012). Entre os impactos severos estão a interrupção de cursos d’água, devastação de manguezais, salinização de áreas produtivas, alteração da umidade regional devido ao aumento da evaporação das salinas e modificação dos ecossistemas marinhos e terrestres (Ferreira; De Miranda; Gomes, 2015).

Houve uma expansão de área conquistada pela “Aquicultura”, que adquiriu 16,07 km<sup>2</sup>, mais especificamente relacionado à produção de camarão. Em diferentes municípios do Rio Grande do Norte, onde essa atividade é realizada, tem sido identificado diversos impactos ambientais. Em Canguaretama (RN), por exemplo, as comunidades locais enfrentam problemas como o desmatamento e a degradação dos manguezais. A remoção dessas áreas se deu principalmente pela construção de viveiros de camarão. Esses novos espaços são cercados, restringindo a movimentação dos pescadores e o acesso aos recursos do ecossistema (Bezerril et al., 2020).

Os dados indicam um aumento de 7,15 km<sup>2</sup> na classe de “Mineração”, apesar do percentual ser apenas de 0,1%, trata-se de uma atividade que envolve a movimentação de grandes volumes de terra, deixando o solo exposto e, de certa forma, desestabilizado, o que o torna suscetível a diversos impactos ao longo de sua cadeia produtiva. Outro impacto ambiental decorrente desta atividade está relacionado à remoção da vegetação nativa, levando a um processo de desertificação já constatado em diversos artigos e pesquisas científicas. Esse fenômeno faz do Bioma da Caatinga um dos núcleos em processo ativo e intenso de desertificação no Brasil, sendo conhecido como Núcleo Seridó Potiguar (De Oliveira; Fontgalland, 2022).

A avaliação das fragilidades relacionadas ao zoneamento territorial está estreitamente ligada às diferentes variáveis consideradas com potencial de avanço na BHRPA. Por exemplo,

o desenvolvimento agrícola ou mineral pode resultar em perda de biodiversidade, desmatamento, erosão, expansão de áreas degradadas e impactar a disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

Assim, é recomendado disciplinar os usos desse sistema, respeitando as vocações naturais do ambiente para não comprometer suas potencialidades paisagísticas. Nesse sentido, a Lei nº 12.651 de 2012 estabelece diretrizes para a conservação da vegetação nativa, que, quando bem aplicadas, garantem a harmonia da biomassa local e minimizam os impactos ambientais (BRASIL, 2012).

As flutuações na atividade agropecuária, constantes no mosaico de agricultura e pastagem, apresentaram uma diminuição 1.021 km<sup>2</sup>, que corresponde a um percentual de 5,82%. Em regiões semiáridas, como parte do Nordeste brasileiro, muitos agricultores ainda dependem da regularidade das chuvas para o cultivo e pastagem, especialmente na agropecuária familiar. O Rio Grande do Norte é um dos estados mais afetados pela seca, o que se reflete nos baixos volumes de água acumulados em seus principais açudes e barragens. Esse cenário impacta a estrutura produtiva agrícola do estado, já que, além da escassa precipitação, muitos produtores carecem de recursos tecnológicos e financeiros para manter suas plantações, ao contrário daqueles envolvidos na agricultura moderna, que possuem suporte necessário para continuar produzindo mesmo em períodos de escassez hídrica (Silva; Troleis, 2018).

A área ocupada por “Rio, Lago ou Oceano” diminuiu aproximadamente 0,9%, o que corresponde à metade com relação aos dados de 2012. Essa redução pode ser atribuída, em parte, ao déficit hídrico do semiárido brasileiro e às altas taxas de evaporação, ocasionando flutuações significativas nos níveis de água. Isso também tem afetado negativamente a qualidade dos corpos hídricos, aumentando os processos de eutrofização (Braga et al., 2015).

Além disso, nos últimos anos, tem-se notado um aumento considerável na ocorrência e intensidade de eventos extremos, como inundações e secas prolongadas. Em certas regiões, percebe-se uma redução do intervalo entre esses eventos, indicando uma maior frequência e severidade (Mishra e Singh, 2010). No semiárido nordestino, já foi possível constatar a materialização desses eventos. A seca que assolou a região nos anos de 2012, 2013 e 2014 foi apontada como a mais grave dos últimos 60 anos pela ANA, e isto pode ser considerado um fator preponderante para diminuição da área ocupada por “Rio, Lago ou Oceano”.

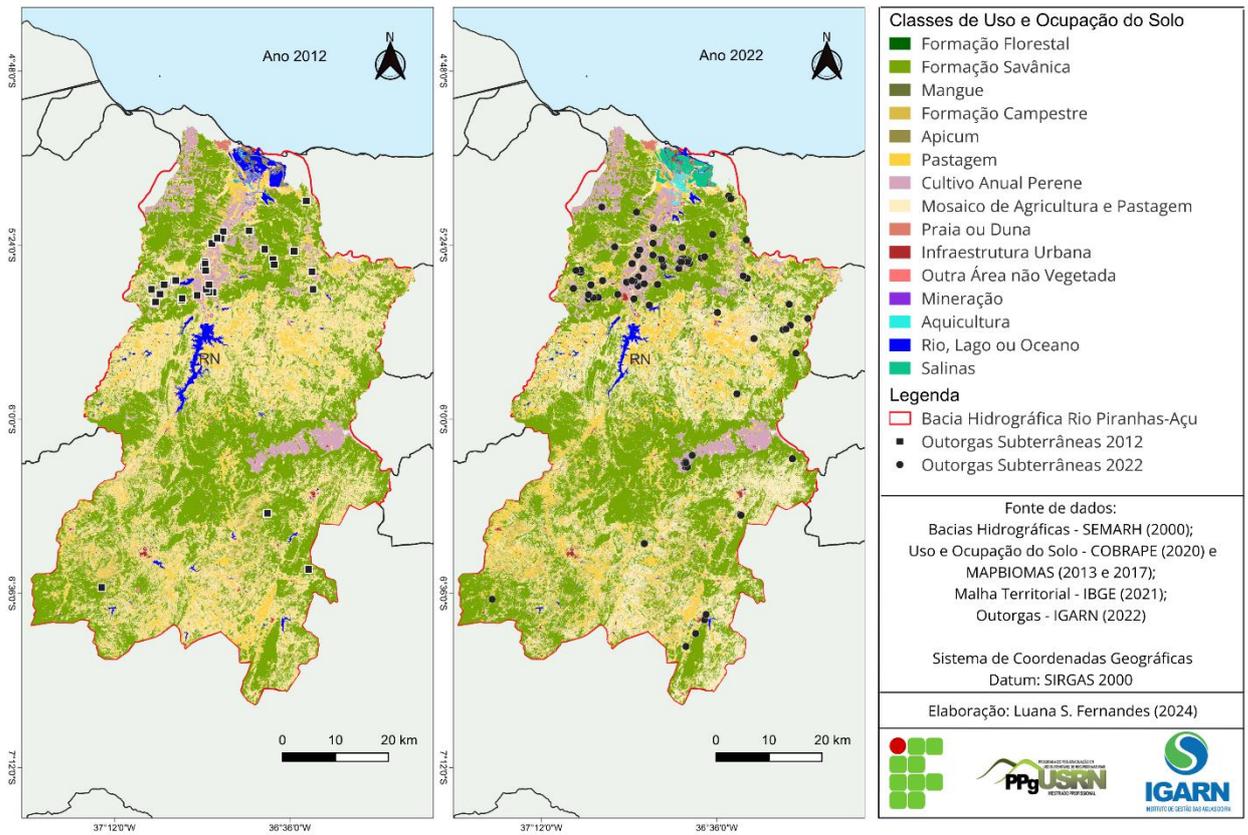
De fato, no Rio Grande do Norte, a notável convivência entre realidades opostas sob condições climáticas extremas - seja por inundações causadas por chuvas intensas ou por secas severas - destaca a necessidade premente de uma estruturação ambiental sustentável nesse

subespaço do semiárido radical. A negligência nesse aspecto pode resultar em consequências ainda mais prejudiciais, como a degradação contínua do solo, levando a uma erosão crescente e empobrecimento progressivo do mesmo (SEMARH, 2022).

Outra área importante para a bacia hidrográfica que apresentou uma perda de 8,27 km<sup>2</sup> de área ocupada, foi a classe de “Mangue”. No Brasil, de acordo com o código florestal, os manguezais são considerados áreas de preservação permanente e, portanto, não podem ser destruídos. No entanto, na prática, esses ecossistemas continuam sofrendo degradação (Fernandes et al., 2017). Por serem ambientes extremamente frágeis, os manguezais atuam como excelentes indicadores ambientais devido à rápida resposta de suas espécies vegetais (Albuquerque et al., 2013). Apesar de sua importância ecológica amplamente reconhecida, diversos impactos, principalmente decorrentes da ação humana, têm sido observados, como o desmatamento para a implantação de viveiros de carcinicultura (Santos et al., 2016), uma atividade amplamente difundida em várias regiões do mundo (Ribeiro et al., 2014).

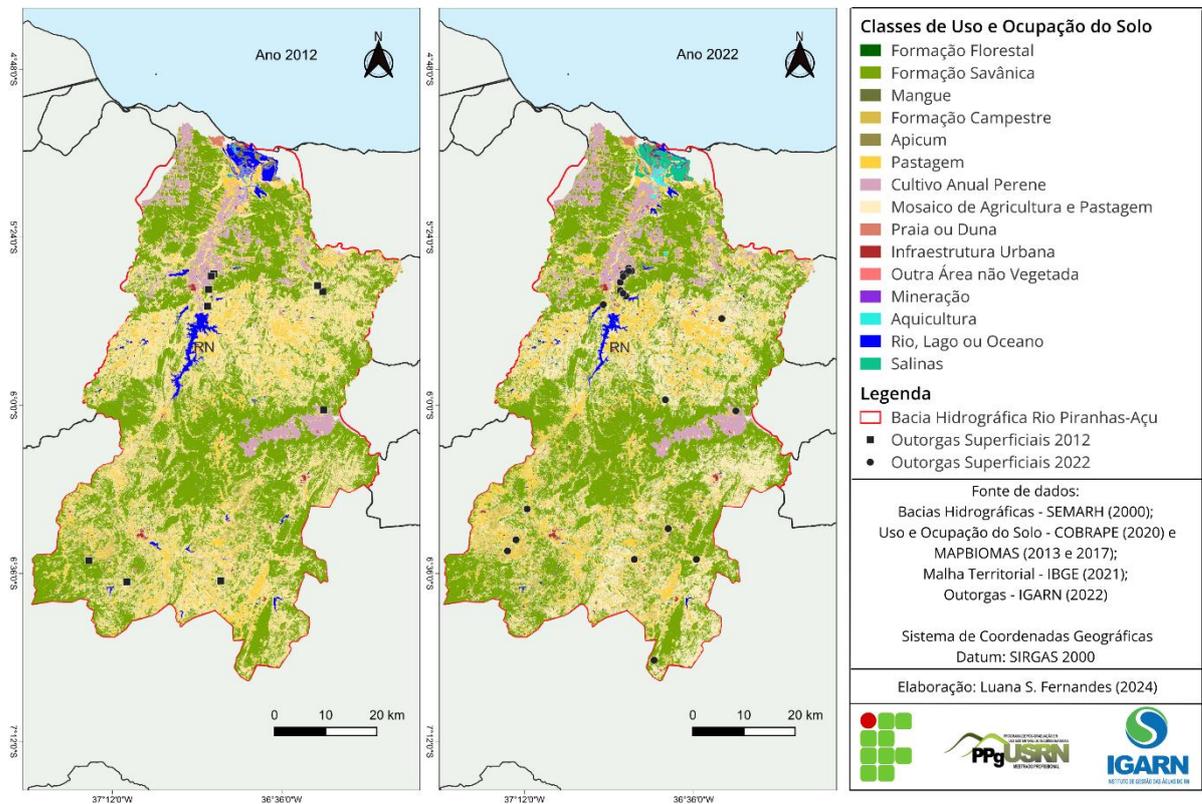
A elaboração dos mapas temáticos que integram o uso e ocupação do solo com as outorgas subterrâneas (Figura 3) e superficiais (Figura 4) concedidas possibilitou a identificação espacial das principais categorias de uso do solo, bem como a mudança temporal dessas em um intervalo de 10 anos, no período compreendido entre 2012 e 2022.

Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo integrado às outorgas subterrâneas emitidas na BHRPA em 2012 e 2022.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo integrado às outorgas superficiais emitidas na BHRPA em 2012 e 2022.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

Na parte superior de ambos os mapas (Figura 2 e Figura 3), foi possível notar que a diminuição da área correspondente a Rio, Lago ou Oceano foi ocupada predominantemente pelas áreas de Salinas e Aquicultura. Essas atividades são vistas como uma das principais causadoras de degradação ambiental, uma vez que não envolvem apenas intervenções pontuais, mas provocam alterações em todo o funcionamento do ecossistema local.

Na análise integrada dos dados, foi identificado que há pouca quantidade de outorgas concedidas para a finalidade de dessedentação animal, o que contrasta com os avanços de área adquiridos pela pecuária na ocupação do solo, que ocupou o maior avanço de área averiguado. Esta atividade não é considerada expressiva em termos quantitativos de consumo de água, pois a maioria das regularizações para essa finalidade trata-se de “Certificados de Uso Insignificante”, o que justifica o fato dessa atividade não apresentar números expressivos relacionados à quantidade outorgas emitidas.

Os dados crescentes atrelados ao uso e ocupação do solo da agricultura irrigada corroboram com os resultados obtidos relacionados tanto à evolução do número de outorgas

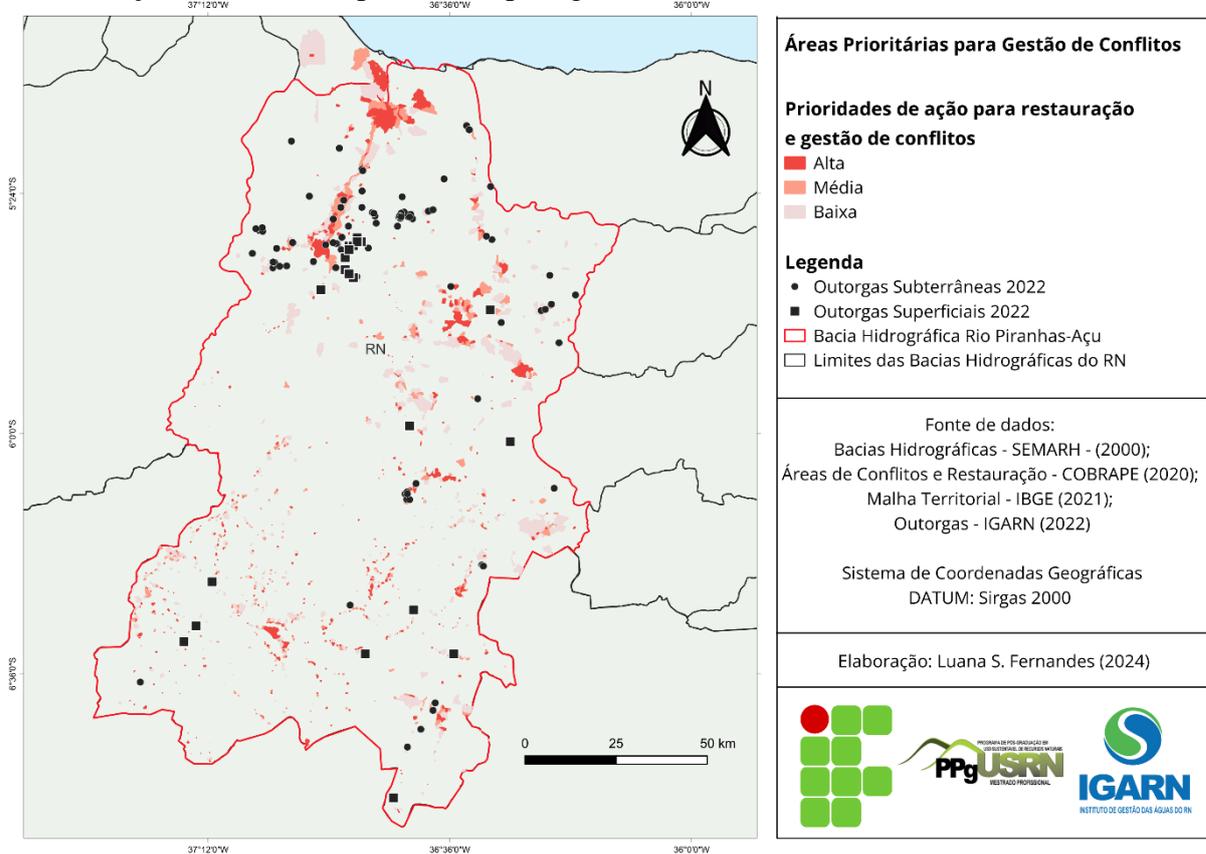
concedidas quanto às demandas de água mais significativas destinadas para essa finalidade em 2022. Essa interligação reforça as amplas possibilidades de crescimento dessa atividade produtiva na bacia, a curto, médio e longo prazo, tornando urgente a implementação de medidas de controle de emissão de outorgas e ordenamento territorial.

Considerando as vulnerabilidades ambientais presentes e previstas na BHRPA, aproximadamente 300 mil hectares requerem intervenções de restauração ou conservação ambiental, com riscos de geração de conflitos em virtude do desenvolvimento de atividades econômicas. Destes, 80% são classificados como prioritários em termos de ação, com ênfase na região do Seridó (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

Apesar do estudo abordar três tipos diferentes de áreas, esta pesquisa deteve-se somente as áreas prioritárias determinadas com foco em iniciativas que promovam o estímulo econômico para a restauração ambiental e a gestão de potenciais conflitos decorrentes da expansão das atividades econômicas. Essas áreas foram definidas como zonas de suporte ambiental que demandam uma melhoria significativa na qualidade ambiental, devido à falta de cobertura adequada de vegetação nativa. Ao mesmo tempo, essas áreas enfrentam uma forte pressão econômica. Portanto, são prioritárias para a implementação de ações de restauração ambiental com incentivos econômicos, dada a possibilidade de conflitos (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

Na Figura 5, podemos observar como as outorgas subterrâneas e superficiais emitidas em 2022 se relacionam com as áreas prioritárias identificadas no MZPAS para a gestão de conflitos.

Figura 5 – Mapa da distribuição das outorgas subterrâneas e superficiais concedidas em 2022 e sua interação com as áreas prioritárias para gestão de conflitos



Fonte: Elaboração própria, 2024.

O mapa revela que a maior concentração das outorgas, tanto subterrâneas quanto superficiais, estão distribuídas principalmente na região conhecida como Vale do Açu, em áreas classificadas com altas e médias prioridades de ação para restauração ambiental e gestão de conflitos, fortalecendo a importância da adoção de medidas de controle de concessão e uso.

No Vale do Açu, provavelmente, a expansão da atividade carcinicultura não é mais intensa devido à insegurança no fornecimento de água doce proveniente da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, localizada rio acima e gerenciada pelo DNOCS. O fornecimento de água diminui drasticamente quando a barragem atinge níveis críticos, como ocorreu nos anos de 2015 e 2016, o que limita o crescimento da carcinicultura e gera conflitos pelo uso da água do Rio Açu, que também é utilizada para a fruticultura irrigada e o abastecimento humano de vários municípios da região (Carvalho e Martins, 2017).

Na parte superior da Figura 5, foram detectadas as maiores áreas com alta prioridade de ação para restauração e gerenciamento de conflitos. Embora não haja presença de outorgas

nessa região, é pertinente abordar a problemática dos conflitos advindos da ocupação dessas áreas de manguezais, exploradas especialmente pelas atividades salineiras e de carcinicultura.

A carcinicultura é uma atividade comumente encontrada nas áreas de manguezais, aproveitando os nutrientes e condições ideais para o cultivo de camarões. Neste contexto, foi conduzido um estudo para avaliar o impacto da atividade de carcinicultura em manguezais, no rio das Conchas, em Porto do Mangue/RN, como base de análise. Por meio de técnicas de sensoriamento remoto, os autores identificaram perdas significativas de vegetação de mangue entre os anos de 1999 e 2007, decorrentes do descarte inadequado de efluentes nos corpos d'água e da falta de planejamento no desenvolvimento da atividade de carcinicultura (Fernandes et al., 2018)

Entre as atividades econômicas que geram conflitos socioambientais e degradação dos habitats nos manguezais, a indústria do camarão se destaca como uma das mais problemáticas em termos de sustentabilidade social, econômica e ambiental. No cenário global, o cultivo de camarão em fazendas e viveiros é uma prática comum em vários países, especialmente na Ásia e na América Latina, que possuem regiões estuarinas com condições climáticas ideais para o desenvolvimento das espécies de camarão comercialmente viáveis (Carvalho e Martins, 2017).

De acordo com a legislação brasileira, as fazendas de carcinicultura deveriam ser estabelecidas em áreas de apicuns ou salgados para a realização da atividade, conforme a Lei 12.651/2012 (Brasil, 2012). No entanto, a maioria desses empreendimentos é instalado em manguezais, resultando na supressão da vegetação de mangue para a construção dos viveiros de produção (Silva Júnior; Nicácio; Rodrigues, 2020).

Na região dos municípios de Macau e Guamaré, situados no litoral setentrional do estado do RN, no Nordeste do Brasil, foi apontada a necessidade de realização de um estudo de vulnerabilidade física devido à condição costeira dessas áreas e aos múltiplos conflitos de uso. Essas áreas são marcadas por atividades socioeconômicas como as indústrias de petróleo e gás, carcinicultura, salinas e parques eólicos, todos localizados em ecossistemas altamente suscetíveis, como manguezais e campos de dunas móveis (Grigio et al., 2004; Boori; Amaro, 2010; Matos et al., 2013; Santos; Amaro, 2013).

Na bacia do rio Piranhas-Açu, devido às características físicas e padrões de ocupação da bacia, tem sido recorrente identificar situações em que alguns setores têm um excesso de água disponível, já outros sofrem com uma escassez elevada, ambos requerendo demandas significativas. Essa disparidade resulta em conflitos frequentes, especialmente nos últimos anos, marcados por precipitações abaixo das médias históricas (ANA, 2018).

Nesse contexto, não há dúvida de que os planos de gestão dos recursos hídricos se entrelaçam de maneira significativa com os propósitos do zoneamento ecológico-econômico, especialmente no que se refere à identificação de áreas que requerem restrições de uso para proteção tanto das águas de superficiais quanto as subterrâneas (RIO GRANDE DO NORTE, 2018).

## 5. CONCLUSÃO

O uso e ocupação do solo integrado à avaliação das outorgas concedidas é função tanto das características ambientais intrínsecas quanto das atividades desenvolvidas na região. Essa análise foi crucial para compreensão da disponibilidade e a distribuição da água em uma bacia hidrográfica, bem como para monitorar a dinâmica espaço-temporal de variáveis ambientais.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açu de 2012 a 2022 foram emitidas 657 outorgas subterrâneas e 196 outorgas superficiais. Na distribuição temporal por ano, não foi possível estabelecer correlação do quantitativo de outorgas com a precipitação anual da bacia, no entanto, presume-se influência de procedimentos burocráticos, implementação do SEI e descontos nas contas de energia na variação temporal das outorgas. Além da modalidade preponderante de outorgas emitidas serem subterrâneas, a vazão outorgada também se sobressai para este tipo de fonte de captação, em que o volume corresponde a 382.655,27 m<sup>3</sup>/dia, já a volume outorgada para fontes superficiais é de 140.582,37 m<sup>3</sup>/dia.

A irrigação e a aquicultura, especialmente a carcinicultura, representam as principais demandas do setor produtivo para fontes de captações subterrâneas, ao passo que, para fontes superficiais os maiores consumidores são irrigação e abastecimento humano. É esperado que essas atividades continuem requerendo grandes volumes de água a curto, médio e longo prazo. Por isso, é essencial acompanhar a evolução desses consumos, uma vez que, estes deverão constituir as principais demandas futuras a serem consideradas no planejamento dos recursos hídricos da bacia.

Os maiores incrementos de área do uso e ocupação do solo foram constatados nas categorias “Pastagem”, “Formação Campestre” e “Cultivo Anual Perene”, com aumentos percentuais de 3,7%, 1,55% e 1,03%, em sua ordem correspondente. O aumento da formação campestre pode ter influência das iniciativas de combate à desertificação, como a criação da Estação Ecológica do Seridó, que apoia a conservação da biodiversidade da Caatinga. Em contrapartida, os avanços das atividades de pecuária e agricultura resultam na remoção da vegetação natural, o que conseqüentemente potencializa os processos de erosão e degradação

do solo. Neste contexto, reconhecer os tipos de uso do solo da bacia é imprescindível para orientar políticas públicas de restauração, assim como para identificar áreas prioritárias que necessitam de manejo e conservação.

Com relação a gestão de conflitos, foi reconhecido que a maior concentração de outorgas, tanto subterrâneas quanto superficiais, estão distribuídas em áreas com altas e médias prioridades de restauração ambiental e gerenciamento de conflitos, destacando a necessidade de medidas de controle. Também foram apontadas que as grandes áreas com alta prioridade para restauração e gestão, mesmo sem outorgas presentes, evidenciava possíveis conflitos de uso resultantes da ocupação pelas atividades de salinas e carcinicultura.

A possibilidade de integrar a gestão do uso e ocupação do solo com o gerenciamento dos recursos hídricos reflete a importância central deste estudo. Ela serve como uma ferramenta para adotar estratégias e subsidiar os órgãos competentes sobre a relevância de associar o ordenamento territorial e a concessão das outorgas, além de incentivar a identificação de áreas suscetíveis a conflitos de uso do solo e da água. Os dados obtidos buscam fomentar a adequação das atividades realizadas na bacia, com vistas ao desenvolvimento sustentável, a preservação dos ecossistemas e a proteção da qualidade dos recursos hídricos, do solo e da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

- ABDALA, Vera Lucia. **Diagnóstico hídrico do Rio Uberaba-MG como subsídio para a gestão das áreas de conflito ambiental**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.
- AIELLO, Antonello; ADAMO, Maria; CANORA, Filomena. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. **Catena**, Amsterdam, v. 131, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816215001216?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jun. 2023.
- ALBUQUERQUE, F. H. C *et al.* Erosão e remodelagem do sedimento na praia em Barra de Catuama, Goiana, Pernambuco. **Natural Resources**, v. 3, n. 2, 2013. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/naturalresources/article/view/ESS22379290.2013.002.0019/346>. Disponível em: 26 set. 2024.
- ALENCAR, Renato Dantas. **Monitoramento da qualidade da água de poços no calcário jandaíra e restrições na agricultura irrigada**. 2007. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2007.
- 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. 07, n. 53. 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338185716\\_A\\_gestao\\_das\\_aguas\\_no\\_Brasil\\_uma\\_abordagem\\_sobre\\_os\\_instrumentos\\_da\\_Politica\\_Nacional\\_de\\_Recursos\\_Hidricos](https://www.researchgate.net/publication/338185716_A_gestao_das_aguas_no_Brasil_uma_abordagem_sobre_os_instrumentos_da_Politica_Nacional_de_Recursos_Hidricos). Acesso em: 02 fev. 2023.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília-DF, 167p, 2018.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Outorga dos Direitos de Uso de Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Brasília-DF, 76p, 2019.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR), Rio Grande do Norte**. 2023. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sar/nordeste-e-semiarido/rio-grande-do-norte>. Acesso: em 18 dez. 2023.
- ASSIS, Janaina Maria Oliveira de *et al.* Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo no Município de Belém de São Francisco – PE nos anos de 1985 e 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 07, n. 05, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233337>. Acesso: em 16 jun. 2023.
- BARÃO, Winni Nayadini *et al.* Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo em microbacias do município de Senador Amaral – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 01, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/351045207\\_Tecnicas\\_de\\_geoprocessamento\\_aplicadas\\_ao\\_estudo\\_do\\_conflito\\_de\\_uso\\_do\\_solo\\_em\\_microbacias\\_do\\_municipio\\_de\\_Senador\\_Amaral\\_-\\_MG](https://www.researchgate.net/publication/351045207_Tecnicas_de_geoprocessamento_aplicadas_ao_estudo_do_conflito_de_uso_do_solo_em_microbacias_do_municipio_de_Senador_Amaral_-_MG). Acesso em: 20 jun. 2023.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**. 4. ed. Campinas: Ícone, 1999.

BEZERRA JÚNIOR, Aluízio; GUEDES, Josiel de Alencar. Caracterização e análise do uso e ocupação da terra no entorno do reservatório Santana, Rafael Fernandes, RN. **Revista Okara: Geografia em Debate**, v. 10, n. 1, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/okara/article/view/28365>. Acesso em: 14 jun. 2023.

BEZERRIL, Thaís Brandão de Lima *et al.* Caracterização socioeconômica e percepção ambiental dos pescadores artesanais do município de Canguaretama, Rio Grande do Norte – Brasil. **Cadernos de Geografia**, v. 1, n. 40, 2019. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7460808>. Acesso em: 01 jul. 2024.

BOORI, Mukesh Singh; AMARO, Venerando Eustáquio. A remote sensing approach for vulnerability and environmental change in Apodi valley region, Northeast Brazil. **International Journal of Geological and Environmental Engineering**, v. 5, n. 2, 2011. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/31109/1/ARemoteSensingApproach\\_AMARO\\_2011.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/31109/1/ARemoteSensingApproach_AMARO_2011.pdf). Acesso em: 05 jul. 2024.

BRAGA, Gustavo Girão *et al.* A. Influence of extended drought on water quality in tropical reservoirs in a semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 27, n. 1, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/YxR59MJGsZnG5jzyx9CPptx/?lang=en>. Acesso em: 29 mar. 2024.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm). Acesso em: 14 jun. 2023.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 01 de jul. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Projeto de Integração do Rio São Francisco**. MDR, 2019a. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos-nova/seguranca-hidrica/projeto-saofrancisco/o-projeto>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRAZ, Adalto Moreira *et al.* Manejo e capacidade de uso das terras aplicando geotecnologias na bacia hidrográfica do córrego Lajeado Amarelo Três Lagoas/MS. **Revista Cerrados**. v.15, n.1, 2017. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1360>. Acesso em: 04 set. 2024.

CAMPOS, José Nilson Beserra; VIEIRA, Vicente de P. P. B. Gerenciamento de recursos hídricos: a problemática do Nordeste. **Revista de Administração Pública**, v. 27, 1993. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/8669>. Acesso em: 05 jun. 2023.

CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil.

**Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 5 jun. 2023.

CARVALHO, Roberto Aurélio Almeida; MARTINS, Pedro Carlos Cunha. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE CARCINICULTURA NO VALE DO RIO AÇU, RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL. **HOLOS**, v. 2, 2017. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/3427>. Acesso em: 5 jul. 2024.

CASTRO, Leslie Ivana Serina *et al.* Sistema de Informação Geográfica na formulação de indicadores ambientais para sustentabilidade dos recursos hídricos. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, 2015. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/791>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CBH-PPA - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu. **A bacia**. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, Caicó-RN, Disponível em: <http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/portal/a-bacia/>. 2021.

CHUERUBIM, Maria Lígia; PAVANIN, Erich Vectore. Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do córrego Barbosa no ano de 2011. **Revista GEOUSP**, n. 33, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/287427952\\_ANALISE\\_DO\\_USO\\_E\\_OCUPACAO\\_DO\\_SOLO\\_NA\\_BACIA\\_HIDROGRAFICA\\_DO\\_CORREGO\\_BARBOSA\\_NO\\_ANO\\_DE\\_2011](https://www.researchgate.net/publication/287427952_ANALISE_DO_USO_E_OCUPACAO_DO_SOLO_NA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_CORREGO_BARBOSA_NO_ANO_DE_2011). Acesso em: 3 jun. 2023

CRIADO, Rodrigo Cezar; PIROLI, Edson Luís. Geoprocessamento como ferramenta para a análise do uso da terra em bacias hidrográficas. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 6, 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2003>. Acesso em: 16 jun. 2023.

DANTAS, Tainara Aparecida Correia. **Análise quali-quantitativa das outorgas da bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (PB/RN) nos anos de 2018-2020**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2021.

DA FONSECA, Emiliano Bezerra; DA SILVA, Márcia Regina Farias. Percepção dos problemas socioambientais decorrentes da carcinicultura no município de Pendências (RN) - Brasil / Perception of socio-environmental problems arising from carciniculture in the municipality of Pendências (RN) - Brazil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/25058>. Acesso em: 4 jul. 2024.

DA MATA, Anna Letícia Araújo *et al.* Efeitos da mudança de uso da terra em atributos do solo ripário no nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, 2021. Disponível: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/26507>. Acesso em: 02 abr. 2024.

DAVIS, Joseph S. Structure, function, and management of the biological system for seasonal solar saltworks. **Global NEST Journal**, v.2, n.3, 2000. Disponível em: <https://journal.gnest.org/sites/default/files/Journal%20Papers/davis.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

DE MELO SOARES, Rodrigo Hérico Rodrigues *et al.* Licenciamento Ambiental como Ferramenta para Sustentabilidade: Análise da Carcinicultura do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Interfaces da Saúde**, ano 3, n. 1, 2016.

DE OLIVEIRA, Zenon Sabino; FONTGALLAND, Isabel Lausanne. Recuperação de áreas degradadas no Seridó Potiguar: o caso do extrativismo mineral do município da Cidade do Equador/RN. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 8, n. 4, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46987>. Acesso em: 4 jul. 2024.

DICTORO, Vinícius Perez; HANAI, Frederico Yuri. A gestão dos recursos hídricos em três bacias hidrográficas: relevância dos aspectos simbólicos e implementação dos instrumentos de gestão. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 3, 2017. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/32368/pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

DUARTE RODRIGUES, José Marcos; LIMA, Ernane Cortez. Análise dos Sistemas Ambientais da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Bom Jesus: Diretrizes para o Planejamento e Gestão Ambiental. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 2, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/EspacoAberto/article/view/3606>. Acesso em: 2 jul. 2024.

ELLIS, Erle C; RAMANKUTTY, Navin. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 6, n. 8, 2008. Disponível em: [https://anthroecology.org/wp-content/uploads/2020/09/ellis\\_2008.pdf](https://anthroecology.org/wp-content/uploads/2020/09/ellis_2008.pdf). Acesso em: 01 mar. 2024.

FAUSTINO, Aline Berto; RAMOS, Fernanda Faria; SILVA, Sebastião Milton Pinheiro da. Dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN) com base em Sensoriamento Remoto e SIG: uma contribuição aos estudos ambientais. **Revista Sociedade e Território**, v. 26, n. 2, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/5305>. Acesso em: 15 mai. 2023.

FELIPE, Israel José dos Santos; OLIVEIRA, Guilherme Dumaresq de. Impactos ambientais produtivos gerados pela atividade camaroneira nos Municípios de Macaíba (RN) e São Gonçalo do Amarante (RN). **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 31, 2012. Disponível: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2679573](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2679573). Acesso em: 17 set. 2024.

FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos *et al.* Ocorrência de *Brassolis* sp. em manguezais à margem do estuário do Rio Apodi-Mossoró, Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/322080234\\_Ocorrencia\\_de\\_Brassolis\\_sp\\_em\\_manguezais\\_a\\_margem\\_do\\_estuario\\_do\\_Rio\\_Apodi-Mossoro\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Norte](https://www.researchgate.net/publication/322080234_Ocorrencia_de_Brassolis_sp_em_manguezais_a_margem_do_estuario_do_Rio_Apodi-Mossoro_Rio_Grande_do_Norte). Acesso em: 26 set. 2024.

FERNANDES, Rogério Taygra Vasconcelos *et al.* Impacto da carcinicultura no manguezal do rio das Conchas, Porto do Mangue, Rio Grande do Norte. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 3, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/LNzPpwgrtQP3bdycKvCyg8n/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 03 jul. 2024.

FERREIRA, Sandra Farias Miranda de; DE MIRANDA, Antônio Carlos; GOMES, Haroldo Pereira. Um estudo de uma comunidade de trabalhadores em salinas: o impacto ambiental e uma proposta em educação ambiental. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 10, 2015. Disponível em: doi:10.17271/1984324081020151122. Acesso em: 20 jun. 2024.

FERREIRA, Marinaldo Loures; ANDRADE, André Medeiros de; SANTIAGO, Wesley Esdras. Consumption grants: water analysis in the Municipality of Unaí – MG. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13858>. Acesso em: 3 jul. 2024.

FIGUEIREDO, Aline Vale; BECKER, Vanessa. Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 23, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.231820180088>. Acesso em: 16 mar. 2024.

FIGUEREDO, Alysson dos Santos. **Diagnóstico de outorgas e vazões na unidade hidrográfica do Alto Ivaí-Paraná**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2021.

FREIRE, Ana Paula; CASTRO, Edwards Cerqueira de. Análise da correlação do uso e ocupação do solo e da qualidade da água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, 2014. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/161/c720cf8418e55a3f8a9c4280dafd717b\\_90f8621cd34013b4293a537120beb593.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/161/c720cf8418e55a3f8a9c4280dafd717b_90f8621cd34013b4293a537120beb593.pdf). Acesso em: 5 jun. 2023.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. 23. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GRIGIO, Alfredo Marcelo. *et al.* Use of remoting sensing and geographical information system in the determination of the natural and environmental vulnerability of the Municipal District of Guamaré - Rio Grande do Norte - Northeast of Brazil. **Journal of Coastal Research**. v. 39, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/295772298\\_Use\\_of\\_remote\\_sensing\\_and\\_geographical\\_information\\_system\\_in\\_the\\_determination\\_of\\_the\\_natural\\_and\\_environmental\\_vulnerability\\_of\\_the\\_municipal\\_district\\_of\\_Guamare\\_-\\_Rio\\_Grande\\_do\\_Norte\\_-\\_Northeast\\_of\\_](https://www.researchgate.net/publication/295772298_Use_of_remote_sensing_and_geographical_information_system_in_the_determination_of_the_natural_and_environmental_vulnerability_of_the_municipal_district_of_Guamare_-_Rio_Grande_do_Norte_-_Northeast_of_). Acesso em: 05 de jul. 2024.

GOUVEIA, Renato Gonçalves Lacerda de. **Análise da influência do uso do solo na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Uberabinha - MG, utilizando técnicas de geoprocessamento**. 2020. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: Manuais Técnicos em Geociências, n.7, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=281615&view=detalhes>. Acesso em: 20 mar. 2024.

IGARN - Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte. **Bacia Piranhas-Açu**. Acervo de documentos do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 26p, 2014.

JAQUES, Jonatha Liprandi. **Outorgas Superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, Pinheiros/ES**. 2017. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2017.

JAQUES, Jonatha Liprandi; COELHO, André Luiz Nascentes. Outorgas Superficiais na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, Pinheiros/ ES. **Caderno de Geografia**, v. 28, n. 52, 2018. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2018v28n52p125>. Acesso em: 05 set. 2024.

LEAL, Antonio Cezar. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Revista Entre-Lugar**, v. 3, n. 6, 2012. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/2447/1398>. Acesso em: 15 jun. 2023.

MATOS, Maria de Fátima Alves de *et al.* Análise comparativa da agitação obtida com o Modelo Numérico (SWAN) na modelagem de ondas do litoral setentrional do Rio Grande do Norte, Brasil e dados de campo. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 14, 2013. Disponível em: <https://www.aprh.pt/rgci/rgci378.html>. Acesso em: 05 jul. 2024.

MEDEIROS, Caroline Elizabeth Braz Fragoso de Sousa. **Os impactos na qualidade da água e do solo de um manancial tropical do semiárido devido ao uso e ocupação e evento de seca extrema**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

MEDEIROS, Katharine Taveira de Brito. **Diagnóstico espaço-temporal das outorgas de água para uso agroindustrial na bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu**. 2021. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2021.

MELO, Rogério Oliveira *et al.* Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um neossolo sob vegetação de Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 5, 2008.

MENDONÇA, Francisco; SANTOS, Leonardo José Cordeiro. Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: avanços e desafios a partir das bacias hidrográficas: uma abordagem geográfica. **Revista Geografia**, v. 31, n. 1, 2006.

MISHRA, Ashok. K.; SINGH, Vijay P. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology (Amsterdam)**, v. 391, n. 1-2, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.

MORAIS, José Luciano Mendonça; FADUL, Élvia; CERQUEIRA, Lucas Santos. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: Um estudo nos estados do Nordeste do Brasil. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 24, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/read/a/nVyShJZgm9cJknK6w3Vy8h/?lang=pt>. Acesso em: 21 jun. 2023.

OLIVEIRA, José Neuciano Pinheiro de. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

PEREIRA, Luiz Henrique; PINTO, Sergio dos Anjos Ferreira. Utilização de imagens aerofotográficas no mapeamento multitemporal do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do

rio Corumbataí – SP, com o suporte de sistemas de informações geográficas. *In: Simpósio Brasileira de Sensoriamento Remoto*, 13<sup>o</sup>, 2007, Florianópolis -SC. **Anais eletrônicos**, INPE, 2007. p. 1321-1328. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.15.18.27/doc/1321-1328.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2023.

PEREIRA, Rodrigo Hyago de Araújo. **Análise espaço temporal de parâmetros de qualidade de água e sua relação com uso e ocupação na bacia do Alto Tietê**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, 2016.

PESSOA, Seyla Poliana *et al.* Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio do Bugres – Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3007>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PISSARRA, Teresa Cristina Tarlé; POLITANO, Walter; FERRAUDO, Antônio Sergio. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n.2, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/26391819\\_Avaliacao\\_de\\_caracteristicas\\_morfometricas\\_na\\_relacao\\_solo-superficie\\_da\\_Bacia\\_Hidrografica\\_do\\_Corrego\\_Rico\\_Jaboticabal\\_SP](https://www.researchgate.net/publication/26391819_Avaliacao_de_caracteristicas_morfometricas_na_relacao_solo-superficie_da_Bacia_Hidrografica_do_Corrego_Rico_Jaboticabal_SP). Acesso em: 30 mai. 2023.

RIBEIRO, Luísa Ferreira. *et al.* Desafios da carcinicultura: aspectos legais, impactos ambientais e alternativas mitigadoras. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 3, 2014. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340108002.pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças. **Projeto macrozoneamento ecológico-econômico da bacia hidrográfica do Piranhas-Açu/RN**. Natal: SEPLAN, 2018.

ROCHA, Renato de Medeiros *et al.* Brazilian solar saltworks – ancient uses and future possibilities. **Aquatic Biosystems**, v. 8, n.8, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/223971830\\_Brazilian\\_solar\\_saltworks\\_-\\_ancient\\_uses\\_and\\_future\\_possibilities](https://www.researchgate.net/publication/223971830_Brazilian_solar_saltworks_-_ancient_uses_and_future_possibilities). Acesso em: 27 jun. 2024.

RODRIGUES, Andréa Carla Lima *et al.* Um modelo de outorga para bacias controladas por reservatórios: 2 - Aplicação do modelo na bacia hidrográfica do Rio Piancó - PB. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 4, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/3f4f/a3f5281465b0ad8f9a1a54c1ac8e17325883.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SANTOS, Celso Augusto G.; SRINIVASAN, Vajapeyam S.; SILVA, Richard Marques da. Evaluation of optimized parameter values of a distributed runoff-erosion model applied in two different basins. **Hydrological Sciences Journal**, v. 29, n. 49, 2005.

SANTOS, Heide Vanessa Souza. *et al.* Indicadores para diagnóstico das alterações antrópicas no manguezal do estuário do rio São Francisco. **Tropical Oceanography**, v. 39, n. 2, 2016. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/316358606\\_Indicadores\\_para\\_diagnostico\\_das\\_alteracoes\\_antropicas\\_no\\_manguezal\\_do\\_estuario\\_do\\_rio\\_Sao\\_Francisco](https://www.researchgate.net/publication/316358606_Indicadores_para_diagnostico_das_alteracoes_antropicas_no_manguezal_do_estuario_do_rio_Sao_Francisco). Acesso em: 26 set. 2024.

SANTOS, Marcelo Soares Teles; AMARO, Venerando Eustáquio. Rede geodésica para o monitoramento costeiro do litoral Setentrional do estado do Rio Grande do Norte. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 17, n. 4, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/swbF6Z4WCXMryKfKgtgr58q/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 05 de jul. 2024.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; FUJII, Rosangela Araújo Xavier; CORAZZA, Maria Júlia. Pesquisas quali-quantitativas: contribuições para a pesquisa em ensino de ciências. **Revista Pesquisa Qualitativa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 9, 2017. Disponível em: <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/157>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SEMARH - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Revisão e Atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: SEMARH, 2022.

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Séries Históricas de Estações**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 07 set. 2024.

SERIDH – SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Natal: SERIDH, 1998. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000150878.PDF>. Acesso em: 10 dez. 2023.

SERIDH – SECRETARIA DE ESTADO DOS RECURSOS HÍDRICOS. **Fichas Técnicas dos Reservatórios do Rio Grande do Norte, conforme Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Natal: SERIDH, 1998.

SETTI, Arnaldo Augusto *et al.* **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.

SILVA, Aline *et al.* Análise do Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá (PE). **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 13, n. 2, 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/376655114\\_Analise\\_do\\_Uso\\_e\\_Ocupacao\\_do\\_Solo\\_na\\_Bacia\\_Hidrografica\\_do\\_Rio\\_Tapacura\\_PE06](https://www.researchgate.net/publication/376655114_Analise_do_Uso_e_Ocupacao_do_Solo_na_Bacia_Hidrografica_do_Rio_Tapacura_PE06). Acesso em: 14 mar. 2024.

SILVA, Bruno Lopes da; TROLEIS, Adriano Lima. Crise hídrica e reestruturação produtiva agrícola no Rio Grande do Norte. **Confins [En ligne]**, v. 34, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/12849>. Acesso em: 25 set. 2024.

SILVA, Camilo Vinícius Trindade *et al.* Caracterização morfométrica, uso e ocupação de uma bacia hidrográfica. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 1, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/740>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SILVA, Carla Isonide Araújo da *et al.* Análise Temporal e Quantitativa da Outorga de poços durante o período de 2008/2019 na Bacia do Rio Paraíba. *in*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1, 2019, Campina Grande.

**Anais eletrônicos.** Campina Grande: Editora Realize, 2019. Disponível em: [https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO\\_EV133\\_MD1\\_SA39\\_ID1180\\_01112019203340.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conimas-e-conidis/2019/TRABALHO_EV133_MD1_SA39_ID1180_01112019203340.pdf). Acesso em 04 mai. 2023.

SILVA, Fernanda Buono da *et al.* Usos múltiplos da água por usuários outorgados nas bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 04, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/248433>. Acesso em: 10 fev. 2024.

SILVA, Jadielle Lidianne Clemente *et al.* ASPECTOS DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, 2018. Disponível em: [https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/6206](https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/6206). Acesso em: 14 jun. 2023.

SILVA JÚNIOR, João Jorge; NICÁCIO, Gilberto; RODRIGUES, Gilberto Gonçalves. A carcinicultura nos manguezais do Nordeste brasileiro: problemáticas socioambientais nas comunidades tracionais. **Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais**, v. 9, n. 2, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistamseu/article/view/245816>. Acesso em: 05 de jul. 2024.

SILVA, Wagner Bandeira da *et al.* Uso e Ocupação do Solo na Bacia Hidrográfica do Açude Santa Cruz do Apodi/RN. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 43, 2020. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/34227/19151>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SOBRINHO, Teodorico Alves *et al.* Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/BCFw7SYRfd8scZBTt7pKmsG/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 06 set. 2024.

SOUSA, Francisca Rosângela Lopes de *et al.* Granting of right of use of water resources in the Alto Piranhas River Course in the Sertão da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 5, 2017. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5480>. Acesso em: 3 jul. 2024.

SOUSA, Thâmara Martins Ismael de *et al.* Qualidade ambiental da bacia do Rio Piancó Piranhas Açu. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, 2014. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/3013/2905>. Acesso em: 11 jan. 2024.

STINGHEN, Camila Marin; MANNICH, Michael. Diagnóstico de outorgas de captação e lançamento de efluentes no Paraná e impactos dos usos insignificantes. **Revista de Gestão de Água da América Latina – REGA**, v. 16, 2019. Disponível em: [https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/210/f1213596f3a3d9087a113c0976d7f96d\\_2df841993f49f93a71cea72353680312.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/210/f1213596f3a3d9087a113c0976d7f96d_2df841993f49f93a71cea72353680312.pdf). Acesso em: 01 jun. 2023

VALLE JUNIOR, Renato Farias do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008.

VAEZA, Rafael Franco *et al.* Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 1, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/B5Jhry3Q3j8b7yJTtyJBNNnK/?lang=pt#>. Acesso em: 20 mai. 2023.

VALLE JUNIOR, Renato Farias do *et al.* Potencial de Erosão da Bacia do Rio Uberaba. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 30, n. 5, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/k7PNTM8gdSJg6fnjcKVBtBs/?lang=pt>. Acesso em: 20 mai. 2023.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: **Editora da Universidade**, 1997.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, Brasil, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 6 set. 2024.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de drenagem urbana**. Brasília, DF: CEPAL, 2012. Disponível em: [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274\\_pt.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/38004/LCBRSR274_pt.pdf). Acesso em: 6 set. 2024.