



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

CARLOS HENRIQUE PESSOA DE SOUZA

ANÁLISE DE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

PAU DOS FERROS

2024

CARLOS HENRIQUE PESSOA DE SOUZA

ANÁLISE DE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Bárbara Barbosa Tsuyuguchi,
Prof^a. Dra.

PAU DOS FERROS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Sa Souza, Carlos Henrique Pessoa de .
Análise de reservatório no semiárido brasileiro
/ Carlos Henrique Pessoa de Souza. - 2024.
51 f. : il.

Orientadora: Bárbara Barbosa Tsuyuguchi.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Abastecimento. 2. Reservatórios. 3. Demanda
Hídrica. I. Tsuyuguchi, Bárbara Barbosa, orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 15/966

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ANÁLISE DE RESERVATÓRIO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semiárido como
requisito para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

DATA DE APROVAÇÃO 10/04/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Barbara Barbosa Tsuyuguchi
Presidente

Prof^a. Dra Daniela De Freitas Lima
1^a Examinadora

Prof. Dr. Tayron Juliano Souza
2º Examinador

*“Quando DEUS quer, não há quem não
queira”*

Ayrton Senna

AGRADECIMENTOS

De modo geral, venho aqui agradecer a todos que fizeram parte dessa longa caminhada. Agradeço cada momento compartilhado, independente das experiências e resultados, que nem sempre foram os melhores, mas foram de suma importância para o meu crescimento, acima de tudo, como homem. Desde já peço desculpas se esqueço alguém, então de forma especial quero agradecer.

Ao meu grandioso e bondoso Deus, dedico inteiramente esse trabalho e tudo o que vivi para chegar até, porque dele, por ele e para ele são todas as coisas, e que tudo seja feito para a glória do senhor Jesus.

A minha família, por depositar confiança e ser indispensável na minha vida, em especial aos meus pais: Carlos Alberto de Souza e Raimunda Nonata Pessoa Souza por fazerem tudo que foi possível para que eu chegasse até aqui e ainda possa voar mais alto. Tudo que eu faço é por vocês, agradeço todo carinho, suporte e amor.

A minha irmã Maria Heloisa Pessoa de Souza por sempre estar comigo. A minha namorada Sabrina Paiva Azevedo por ter dividido momentos especiais, paciência, e força para nunca desistir desse sonho.

A minha orientadora Barbara Barbosa Tsuyuguchi, por toda assistência, paciência, conselhos para a construção desse trabalho.

A todos os amigos que fizeram e fazem parte dessa caminhada, vocês são indispensáveis, e sempre serão lembrados, posso assegurar que vocês fizeram meus dias bem mais leves. Aos amigos Rennan Linhares, Guilherme Barbosa, Weverson Neri, Diego José, Gabriel Nakaharada, Gustavo Brito, Pedro Diógenes, Gleyce Torres, Francisco Antônio, Áquila Figueiredo, Manoel Carvalho, torço por cada um, e o sucesso de vocês também é meu.

A todos os amigos fora do universo acadêmico da UFERSA campus Pau dos Ferros que são tão importantes quanto os demais citados aqui, em especial queria agradecer a Marcos Antonio, Maece Pessoa, Domingo Alves.

Por fim, de forma especial, queria dedicar também esse trabalho, ao meu amigo Ygor Lima, que nos deixou e partiu dessa vida, deixando muitas lembranças e eternas saudades.

RESUMO

A água é um elemento essencial para diversas atividades humanas, e a sua escassez leva a desafios crescentes em regiões semiáridas do Brasil. O presente estudo aborda a região semiárida que enfrenta historicamente problemas de disponibilidade hídrica, principalmente devido a secas periódicas que afetam o equilíbrio socioambiental, incluindo o consumo humano. Portanto, são necessários estudos para compreender os impactos da escassez de água no abastecimento e encontrar maneiras de mitigá-la. Nesse sentido, o presente trabalho objetiva analisar as demandas de água para abastecimento do reservatório de Pau dos Ferros, visando compreender as causas dos racionamentos e levantar estratégias de mitigação da escassez hídrica e melhoria do abastecimento, em conformidade com os princípios da Política Nacional de Recursos Hídricos. Tal abordagem busca entender analisar as demandas e disponibilidade hídrica a partir da análise de um reservatório na região semiárida brasileira e do serviço de abastecimento de água do qual é o manancial abastecedor. Por último, o estudo destaca pontos do diagnóstico e programas propostos pelo Plano de Saneamento Básico do município de Pau dos Ferros para melhorar o serviço, especialmente na redução de perdas na distribuição e monitoramento do fornecimento de água, além de identificar a necessidade de um planejamento e gestão eficazes dos processos de alocação de água, com medidas contínuas e monitoramento constante dos reservatórios, para evitar crises futuras.

Palavras-chave: Abastecimento; Reservatórios; Demanda hídrica.

ABSTRACT

Water is an essential element for various human activities, and its scarcity leads to increasing challenges in semi-arid regions of Brazil. The present study addresses the semi-arid region that has historically faced problems of water availability, mainly due to periodic droughts that affect the socio-environmental balance, including human consumption. Therefore, studies are needed to understand the impacts of water scarcity on the supply and find ways to mitigate it. In this sense, the present work aims to analyze the water supply demands of the Pau dos Ferros reservoir, aiming to understand the causes of rationing and develop strategies to mitigate water scarcity and improve supply, in accordance with the principles of the National Resource Policy. Water. This approach seeks to understand the analysis of water demands and availability based on the analysis of a reservoir in the Brazilian semi-arid region and the water supply service that supplies it. Finally, the study highlights points of the diagnosis and programs proposed by the Basic Sanitation Plan of the municipality of Pau dos Ferros to improve the service, especially in reducing losses in the distribution and monitoring of water supply, in addition to identifying the need for planning and effective management of water allocation processes, with continuous measures and constant monitoring of reservoirs, to avoid future crises.

Keywords: Supply. Reservoirs. Water demand.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 GERAL.....	14
2.2 ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO TEÓRICA.....	15
3.1 GESTÃO DE ÁGUA.....	15
3.2 OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DE ÁGUA	16
3.3 RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO.....	17
3.4 ALOCAÇÃO NEGOCIADA DE ÁGUA.....	18
3.5 SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	20
3.5.1 Captação.....	20
3.5.2 Adutoras	21
3.5.3 Estações Elevatórias (EE)	21
3.5.4 Estações de Tratamento de Água (ETA).....	22
3.5.5 Reservatório	23
3.5.6 Rede de distribuição.....	23
4 METODOLOGIA.....	25
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
ÁREA DE ESTUDO.....	25
ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	27
ANÁLISE DOS DADOS DE DEMANDA	27
4.2 VAZÃO DE RETIRADA PARA ABASTECIMENTO	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 ESCOLHA DO MANANCIAL E SUA CARACTERIZAÇÃO.....	29
5.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA	33
5.3 DEMANDA HÍDRICA	35
CÁLCULO DA DEMANDA PARA ABASTECIMENTO URBANO.....	36
5.4 AVALIAÇÃO DE ASPECTOS QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DE SERVIÇO DE ABASTECIMENTO.....	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXO I.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

FIGURA 1: EXEMPLIFICAÇÃO DE UMA EE DE ÁGUA.....	22
FIGURA 2: FLUXOGRAMA DAS ETAPAS METODOLÓGICAS.	25
FIGURA 3: DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO.	26
FIGURA 4: MAPA DO RESERVATÓRIO PAU DOS FERROS.	32
FIGURA 5: SÉRIE DE VOLUMES DA BARRAGEM PAU DOS FERROS.....	34
FIGURA 6: DEMANDAS TOTAIS DE RETIRADA.....	35
FIGURA 7: SATISFAÇÃO DA POPULAÇÃO PAUFERRENSE FRENTE A QUALIDADE DE ÁGUA DISPONIBILIZADA.	41
FIGURA 8: PROGRAMAS E PROJETOS PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA.	42

TABELAS

TABELA 1: ÍNDICES DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO.....	24
TABELA 2: VAZÕES DE GARANTIA DE PAU DOS FERROS.....	35
TABELA 3: DADOS POPULACIONAIS DOS MUNICÍPIOS EM 2010.	37
TABELA 4: ESTIMATIVA DA PROJEÇÃO POPULACIONAL URBANA PARA A 2022.....	37
TABELA 5: CONSUMO PER CAPITA E ÍNDICES DE PERDAS	38
TABELA 6: CÁLCULO DA VAZÃO DE RETIRADA.....	39
TABELA 7: QUANTIDADE DE POÇOS PERFURADOS DE 2013 A 2015.	41

SIGLAS

PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
AGERH	Agência Estadual de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
ETA	Estação de Tratamento de Água
EE	Estações Elevatórias
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
SAA	Sistema de Abastecimento de Água

SEMARH	Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SAR	Sistema de Acompanhamento de Reservatórios
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
IGARN	Instituto de Gestão das Águas do RN

1 INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a existência e o progresso de várias atividades humanas. A demanda crescente por sua utilização para diversos propósitos, como irrigação e consumo doméstico, entre outros, tem resultado na insuficiência da disponibilidade hídrica para atender às demandas e manter as condições ambientais mínimas necessárias para o desenvolvimento sustentável, o que se destaca na situação de escassez hídrica (NUNES, 2013).

Residentes da região semiárida brasileira convivem com a realidade de escassez de água. Os recursos hídricos sofrem uma pressão crescente devido a poluição dos mananciais e abastecimentos humanos, industriais e agrícolas, que compromete o desenvolvimento social e econômico. Tal situação resulta da má governança da água, juntamente com as condições climáticas locais, o que se manifesta em déficit hídrico e se torna um problema de gestão da água. Desse modo, a crise hídrica é uma crise de governança de água.

Segundo Gheyi (2012), a região do semiárido brasileiro sempre enfrentou problemas relacionados a essa baixa disponibilidade hídrica, condicionados, sobretudo, pelas secas periódicas que afetam o equilíbrio socioambiental da região afetando, também, o consumo humano.

Nessa perspectiva, é de suma importância um maior conhecimento sobre a temática, devido à ausência de gestão associado a questões de desperdício de água, o que ressalta a necessidade de se aprofundar os estudos de demanda de água na região semiárida, por ter características de grande período de escassez de chuva. Nesse sentido, faz-se necessário realizar estudos acerca dessa problemática, a fim de compreender os impactos sobre o serviço de abastecimento e encontrar formas de mitigação deles.

O presente trabalho constitui-se de um estudo sobre as demandas de água para abastecimento de um reservatório na região semiárida brasileira e, tem sua importância por permitir a busca de estratégias de mitigação do problema durante os longos períodos de estiagem que atingem a região.

Desta forma, esse trabalho aborda questões hídricas e propõe estudos sobre a gestão de recursos hídricos e a demanda destes para abastecimento em reservatórios na região semiárida, levando-se em consideração o colapso de alguns destes, durante os períodos de seca.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar as demandas e disponibilidade hídrica do reservatório da cidade de Pau dos Ferros, localizado na região semiárida brasileira, e sua relação com a qualidade do serviço de abastecimento de água.

2.2 ESPECÍFICOS

- Investigar vazões regularizadas de garantia e vazões outorgáveis dos reservatórios;
- Observar os usos múltiplos do reservatório e as outorgas emitidas;
- Analisar as condições de abastecimento de água em cidades dependentes do reservatório em análise e sua relação com a disponibilidade hídrica.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 GESTÃO DE ÁGUA

A escassez das águas é resultado da degradação dos recursos hídricos por meio das atividades agrícolas, industriais e urbanas, juntamente com o avanço das atividades humanas. No que se refere a esta temática, tem-se a Lei nº 9433/1997, também conhecida como Lei das águas, cujo objetivo principal foi a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Por meio dessa política tem-se o aproveitamento da água para usos múltiplos e a execução de medidas de controle, conservação e prevenção do recurso.

Para cumprir seus objetivos, a PNRH conta com cinco instrumentos: os Planos de Recursos Hídricos, elaborados por bacia hidrográfica, Estado e pela Federação; o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes da água; a outorga de direito de uso; a cobrança pelo uso da água bruta; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (COUCEIRO; HAMADA, 2011).

Nesse sentido, a PNRH é reconhecida por seu caráter descentralizador, pois criou um sistema nacional que integra a União e os Estados, fazendo com que os recursos hídricos passem a ser geridos de forma participativa, alterando o processo decisório para se tornar aberto aos diferentes usuários da água e demais agentes envolvidos (SOBRAL, 2011). Dessa maneira, compreende-se a PNRH como uma lei moderna que criou condições para identificar conflitos pelo uso das águas, por meio dos planos de recursos hídricos das bacias hidrológicas, e arbitrar conflitos no âmbito administrativo (BRASIL, 1997).

A Agência Nacional de Águas (2005) afirma que apesar de sua importância, a gestão da qualidade da água no país não tem historicamente merecido o mesmo destaque dado à gestão da quantidade de água, quer seja no aspecto legal ou nos arranjos institucionais em funcionamento no setor, quer seja no planejamento e na operacionalização dos sistemas de gestão.

Nessa perspectiva, nota-se que a gestão dos recursos hídricos objetiva a garantir a disponibilidade e qualidade de água para seus mais diversos usos, de modo a incluir o abastecimento público e a preservação do meio ambiente. Por este motivo também é que são exigidas diversas ações integradas a outros setores, como preservação e reconstituição de matas ciliares, preservação de nascentes, técnicas de manejo dos solos, implementação de redes coletoras e estações de tratamento de esgotos sanitários, dentre outras.

3.2 OUTORGA DOS DIREITOS DE USO DE ÁGUA

Outorga é um importante instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos, uma vez que ela permite o controle quali-quantitativo dos usos da água o que possibilita uma distribuição mais justa e equilibrada do recurso (RIBEIRO et. al, 2014). Além disso a Agência Estadual de Recursos Hídricos aponta que ela também é um instrumento que contribui para a minimização dos conflitos entre setores diversos, além de garantir o exercício efetivo dos direitos ao recurso hídrico por parte dos usuários interessados.

A outorga é um ato administrativo cujo poder público atua como outorgante, de modo que ele é capaz de facultar o direito de uso dos recursos hídricos superficiais para o outorgado (usuário requerente). Tal ato administrativo é um dos instrumentos da Política Nacional (Lei nº 9.433/97) e estadual (Lei nº 6.908/96). Nesse quesito, o Estado do Rio Grande do Norte é destacado como um dos estados pioneiros nas políticas de gestão das águas, uma vez que a Lei Estadual nº 6908/1996 foi promulgada com data anterior à PNRH (ARAÚJO et. al, 2018).

A Agência Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo (AGERH) aponta que no que se refere ao uso de água sujeito a outorga, pode-se citar:

- Captação superficial;
- Captação subterrânea;
- Lançamento de efluentes em corpo d'água;
- Barramentos em cursos de água com e sem captação;
- Uso de água em empreendimentos de aquicultura;
- Aproveitamento hidrelétricos;
- Interferência que altere o regime, a qualidade e a quantidade das águas.

Dentro dessa perspectiva, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a responsável por emitir outorgas para rios, reservatórios, lagos e lagoas sob o domínio da União, que são aqueles corpos de água pertencentes a bacias que passam por mais de um estado brasileiro ou por território estrangeiro. Também são outorgadas pela ANA as águas armazenadas em reservatórios construídos ou administrados por entidades federais, como o DNOCS. Já os demais corpos hídricos são de dominialidade estadual, além das águas subterrâneas, tendo suas outorgas emitidas pelo órgão gestor das águas de cada estado.

Ainda no contexto do RN, tem-se o Decreto nº 13.283/97 que regulamenta as outorgas de água. No art. 2º do decreto, são apresentados os princípios gerais da outorga do direito de uso da água e o licenciamento de obras hídricas, dos quais pode-se destacar: aproveitamento de

água como prioridade para abastecimento urbano; acesso a água como sendo um direito de todos; unidade básica da gestão é a bacia hidrográfica; presume que é dever de todos zelar pela conservação dos recursos hídricos; o uso das águas será compatibilizado com as políticas federal e estadual (RIO GRANDE DO NORTE, 1997).

Além do mencionado, o Decreto nº 13.283/97 prevê nos Art. 17º e Art. 18º, que a soma dos volumes d'água outorgados numa determinada bacia, não poderá exceder 9/10 (nove décimos) da vazão regularizada anual com 90% (noventa por cento) de garantia e que a outorga para captação de água subterrânea e superficiais, para vazões menores do que 1.000 l/h, não necessitam de outorga, exceto em zonas de formação sedimentar que seja considerada como aquífero estratégico. Já o Art. 8º discorre sobre a inexigibilidade de outorga, de modo que não será concedido o direito de uso de água quando este destinar-se-á: lançamento na água de resíduos sólidos, radioativos, metais pesados e outros resíduos perigosos e tóxicos; lançamento de contaminantes nas águas subterrâneas (RIO GRANDE DO NORTE, 1997).

3.3 RESERVATÓRIOS DE REGULARIZAÇÃO DE VAZÃO

Reservatórios de regularização de vazão são estruturas projetadas para armazenar água e controlar seu fluxo ao longo do tempo, permitindo a regulação do volume de água disponível em determinada região (FRANCISCHET, 2012). A variabilidade nas vazões dos cursos d'água, muitas vezes imprevisível, pode resultar em situações em que a oferta natural de água não é adequada para satisfazer as demandas, especialmente em determinados períodos.

De acordo com Nunes (2013), a implementação de práticas de regularização emerge como uma das estratégias mais eficazes para promover o desenvolvimento sustentável e otimizar a utilização dos recursos hídricos superficiais. Em cenários nos quais a demanda por vazão ultrapassa a disponibilidade natural ao longo do ano, torna-se imperativo o armazenamento das águas provenientes de períodos de excesso, a fim de suprir a escassez durante os períodos de estiagem. A vazão assegurada através deste armazenamento é comumente denominada vazão regularizada, conforme destacado por Wendland (2001).

Para Silva et al. (2013) e Barbosa Jr. (2012), a principal característica dos reservatórios é o multiuso, incluindo o abastecimento urbano ou rural, conforme enfatizado por Almeida (2016), é crucial promover o represamento das águas por meio da construção de barragens em seções estratégicas dos cursos d'água naturais. Este armazenamento criado com a construção de barragens pode ser usado para controle de enchentes e de períodos de escassez, conservação da água, aumento de vazão, geração de energia elétrica, navegação e recreação.

Nesse contexto, é importante ressaltar que há outros diferentes tipos de reservatórios sendo projetados com finalidades específicas, todos contribuindo para a regularização das vazões e desempenhando papéis diversos, sendo estes: reservatórios de usinas hidrelétricas, reservatórios para abastecimento de água, represas de controle ambiental, lagos de controle de sedimentos e outros.

É válido salientar ainda que a escolha do tipo de reservatório a ser construído, depende das necessidades locais, dos objetivos específicos, das condições geográficas e das características hidrológicas da região em questão. Cada tipo de reservatório desempenha um papel crucial na gestão sustentável dos recursos hídricos e na regularização das vazões fluviais.

O semiárido, caracterizado pela seca, possui uma variabilidade temporal de escoamento superficial bastante acentuada. Partindo desse fato, é notória a importância de açudes que passem a acumular água no período chuvoso para uso, sobretudo, no período em que há baixa precipitação ou mesmo ausência de chuvas. Assim sendo, Fernandes e Almeida (2015) afirmam que os açudes do semiárido atuam como reguladores de vazões naturais.

Regularizar a vazão por meio de um reservatório tem como objetivo utilizar melhor os recursos hídricos, de modo que nos períodos de estiagem a deficiência hídrica seja compensada, uma vez que se acumulou água durante os períodos chuvosos. Almeida (2016) comenta que se as vazões naturais dos rios forem significativamente maiores que a vazão de retirada não há a necessidade de regularizá-la.

Dessa maneira, uma vazão regularizada corresponde à constante vazão que pode ser liberada pelo açude. Essa regularização está associada a uma garantia de fornecimento considerando estudos hidrológicos, que normalmente são trabalhadas em 100%, 99%, 95%, 90%, 80% e 70%.

3.4 ALOCAÇÃO NEGOCIADA DE ÁGUA

Considerando que quanto maior for a retirada de água do sistema hídrico, maior será a probabilidade de existir falhas no atendimento das demandas, urge, então, a necessidade de alocar esse recurso por meio de um processo de gestão empregado para disciplinar os diversos usos da água em regiões de conflito (CAMPOS; STUDART, 2002). Sob esse ponto de vista, pela ótica da perspectiva brasileira, Pedrosa (2021) afirma que no país pode-se identificar três tipos de conflitos relacionados à água, sendo eles a indisponibilidade de água em quantidade ou qualidade para atender às necessidades de cada uso; quando ocorrem projetos setoriais divergentes e o terceiro quando ocorrem legislações correlatas em desarmonia.

Nesse sentido, são introduzidos estudos que buscam compreender as relações entre os totais de águas retirados dos sistemas e as respectivas garantias.

Além disso, em algumas circunstâncias, surge a necessidade de um planejamento específico de Alocação Negociada de Água. Tal processo sobrevém quando se percebe que o conjunto das demandas de uso acabam sendo superior a quantidade de água disponível em uma determinada região ou quando essa demanda é tão alta que aumenta o risco de desabastecimento.

A Alocação Negociada de Água tem como objetivo realizar o compartilhamento da água, em determinada bacia hidrográfica, sobretudo durante o período seco, quando a quantidade demandada é maior que a quantidade disponível, além de se configurar como um processo que decide, com base em previsões acerca da disponibilidade hídrica, quanto de água poderá ser utilizada por cada usuário ao longo de um determinado período (ANA, 2012)

Corroborando com a ideia, a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do estado do Ceará, estado em que se iniciou o uso deste processo, ressalta a participação da sociedade no mesmo:

A alocação Negociada de Água é a concretização da operação participativa dos reservatórios. Esse modelo de gestão só veio a ser possível com a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos, que trouxe significativos avanços no processo de definição da operação dos açudes, isto é, da quantidade de água que esses açudes liberam através de suas comportas. As definições da operação começaram a ser descentralizadas, com a participação da sociedade local (COGERH, 2019).

Além disso, Silva e Monteiro (2004) destacam que, no Brasil, o procedimento de alocação de água para fins de outorga mais adotado, a partir da década de noventa, baseia-se na definição de vazões mínimas de referência e no estabelecimento de limites de utilização dessas vazões por usos da água, objeto de autorizações pelo poder público.

De acordo com Zinato (2020), o processo de alocação de água é apoiado por curvas-guia. Segundo uma nota técnica disponibilizada pela ANA em 2015, as curvas-guia são distribuídas em três tipos, para cada um dos Estados Hidrológicos:

a. Normal (curva-guia Verde) – volume capaz de atender à demanda total existente (usos prioritários e não prioritários), pelo período futuro igual a um Ciclo de Descarga, considerando mínimas vazões afluentes. Valores abaixo desta curva devem orientar processos de alocação de água cujos limites de negociação são estabelecidos por esta curva e pela curva “Alerta”.

b. Alerta (curva-guia Amarela) - volume capaz de atender à demanda dos usos

prioritários e 50% da demanda dos usos não prioritários, pelo período futuro igual a um Ciclo de Descarga, considerando mínimas vazões afluentes. Valores abaixo desta curva devem orientar processos de alocação de água cujos limites de negociação são estabelecidos por esta curva e pela curva “Prioritários”.

c. Prioritários (curva-guia Vermelha) - volume capaz de atender à demanda dos usos prioritários, pelo período futuro igual a um Ciclo de Descarga, considerando mínimas vazões afluentes. Valores abaixo desta curva não estão sujeitos a deliberação por processos de alocação de água, indicarão a necessidade de intensificação do monitoramento de usos, de restrição formal e plena aos usos não prioritários, efetivação de planos de contingência e de ações emergenciais para atendimento às cidades e a núcleos populacionais rurais afetados e, em caso de racionamento preventivo, restrição formal também a usos prioritários.

3.5 SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Segundo a FUNASA (2016), um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) consiste na retirada da água de um determinado corpo hídrico para que ela seja fornecida à população com quantidade e qualidade compatíveis e suficientes para o atendimento de suas necessidades. Desse modo, existem componentes que compõem esse sistema, conforme descrição a seguir:

3.5.1 Captação

De acordo com a NBR 12213/1992, a captação de águas consiste em um conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial para a retirada de água destinada a um sistema de abastecimento. Tal coleta de recurso pode ocorrer na superfície (rios, lagos, represas) ou no subterrâneo (aquíferos freáticos, artesianos), embora o subterrâneo requeira recursos tecnológicos e econômicos superiores ao anterior. O objetivo da captação é criar condições para que seja retirada do manancial abastecedor uma quantidade capaz de atender o consumo (BRASIL, 2020).

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (2014), para que seja possível captar água de um manancial é necessário analisar aspectos relacionados à quantidade de água, à facilidade de adução e à proteção do manancial, isto porque quanto maior a vazão do manancial, tanto maior é sua bacia hidrográfica e, neste caso, mais difícil será garantir a proteção da respectiva bacia hidrográfica e, por conseguinte, a qualidade da água a ser captada.

Uma prática essencial para garantir a segurança da água a ser captada é a realização

regular de inspeções sanitárias nas áreas que contribuem para os mananciais. Isso inclui classificar esses mananciais conforme as diretrizes estabelecidas pela Resolução Conama nº. 357/2005, alinhando-se aos principais usos pretendidos para as águas (FUNASA, 2014).

3.5.2 Adutoras

As adutoras são os tubos que formam parte do sistema de fornecimento de água, conectando as entradas de água, estações de tratamento e tanques de armazenamento, geralmente nessa ordem específica. Diferentemente de tubulações destinadas a alimentar distribuidores de rua ou ramais prediais, as adutoras não têm ramificações. No entanto, em certos sistemas, a adutora principal pode ser subdividida em subadutoras, encarregadas de fornecer água a outros pontos do sistema (CLAUDINO, 2020; CORRÊA, 2014).

Com base em informações apresentadas por Azevedo Neto (1998), é possível categorizar as adutoras em dois tipos: água bruta e adutora de água tratada. As de água bruta consistem em tubulações responsáveis pelo transporte da água sem necessitar de nenhum processo de tratamento. Essas adutoras desempenham um papel crucial desde a captação até sua chegada à Estação de Tratamento de Água (ETA). Por outro lado, existem as adutoras de água tratada, as quais se encarregam pelo transporte da água tratada na ETA até a Estação Elevatória e, posteriormente, aos reservatórios.

Tsutiya (2006) discute ainda que os sistemas de adução podem ser classificados com base no movimento da água, sendo categorizados em três tipos: por gravidade, por recalque e misto.

3.5.3 Estações Elevatórias (EE)

Estações Elevatórias são instalações de bombeamento de água destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras. Geralmente são compostas por um ou mais conjuntos de bombas e seu funcionamento se destina a captar a água dos mananciais de superfície, aumentar a pressão nas redes levando a água a pontos mais distantes ou elevados e aumentar a vazão de adução (OLIVEIRA et. al, 1997).

ReCESA (2008) afirma que, no sistema de abastecimento de água, uma bacia hidrográfica pode ter o terreno tão íngreme que necessitará de bombas para recalcar a água para chegar em pontos específicos (Figura). Sendo assim, no que tange esses casos em específicos a existência de EE são extremamente importantes uma vez que elas são capazes de conduzir a

água até os pontos de distribuição requeridos.

Figura 1: Exemplificação de uma EE de água.



Fonte: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/agua4.htm>, 2024

De acordo com a FUNASA (2016), as EE são instaladas normalmente logo após a ETA para que seja possível o bombeamento da água até os reservatórios, no entanto, nada impede que elas sejam instaladas entre os reservatórios ou em algum trecho da rede de distribuição.

Nesse sentido, nota-se que as elevatórias se tornam indispensáveis para que o sistema de abastecimento funcione da melhor maneira possível. No que tange à composição delas, tem-se três partes básicas: tubulação de sucção, motores, bombas e conexões de recalque.

3.5.4 Estações de Tratamento de Água (ETA)

As Estações de Tratamento de Água (ETA) têm funcionamento semelhante a uma indústria onde uma determinada matéria prima (água bruta) é trabalhada, através de diversas operações e processos, resultando em um produto (água tratada). Esses sistemas podem em diversas etapas gerar resíduos com as mais diferenciadas características (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2008).

Partindo dessa ideia, na ETA a água é submetida a diversas etapas de tratamento. De acordo com Fundação Nacional de Saúde (2014), em uma estação de tratamento de água de ciclo completo, inicialmente ocorre coagulação (com adição de sulfato de alumínio, cloreto férrico e agitação para desestabilizar as partículas), floculação (mistura lenta para formação de flocos) e decantação (passagem por grandes tanques para separação dos flocos de sujeira).

Posteriormente, a água é filtrada em tanques compostos por pedras, areia e carvão

antracito para reter impurezas não removidas anteriormente. Os processos de pós-alkalinização (ajuste do pH), desinfecção (última adição de cloro para eliminação de bactérias e vírus) e fluoretação (adição de flúor) são realizados sequencialmente (IAS, 2020).

Além disso, a água é submetida a uma série de testes, incluindo pH, turbidez, quantidade de cloro, temperatura, alcalinidade, presença de metais e cor, assegurando a qualidade da água antes de ser fornecida ao consumidor.

É importante apontar que o tratamento do recurso hídrico é regido por algumas leis que estabelecem os padrões de qualidade da água, seja para consumo humano ou outros fins.

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 aborda a classificação dos corpos d'água e fornece diretrizes ambientais para a sua categorização, ao mesmo tempo que estabelece condições e padrões para o lançamento de efluentes. Essas medidas contribuem significativamente para a preservação e gestão adequada dos recursos hídricos.

3.5.5 Reservatório

Os reservatórios são instalações hidráulicas destinadas à acumulação e passagem de água, estrategicamente localizados no Sistema de Abastecimento de Água (SAA), para atender diversas situações, como garantir a quantidade de água necessária (para demandas de equilíbrio, emergências e combate a incêndios), assegurar a adução com vazão e altura manométrica necessárias, utilizar diâmetros menores no sistema e proporcionar melhores condições de pressão.

Seu dimensionamento é realizado com o objetivo único de manter a constância na vazão e altura manométrica do sistema de adução, armazenando água nos períodos em que a capacidade da rede supera a demanda e fornecendo suplementação quando a situação é inversa (FUNASA, 2016).

3.5.6 Rede de distribuição

Sendo considerada uma das últimas etapas do sistema de abastecimento, a rede de distribuição se refere ao conjunto de tubulações e dispositivos complementares projetados para suprir de maneira contínua, em quantidades apropriadas, água segura para consumo em uma determinada população (BRASIL, 2004).

As redes, a depender do traçado e do sentido de escoamento nos condutos secundários, podem assumir diferentes classificações, sendo elas separadas em: ramificadas, malhadas e

mistas (PORTO, 1968).

No sistema das redes ramificadas, a água flui em uma única direção principal, com ramificações conectando-se a ela. As redes malhadas, por sua vez, formam uma malha interconectada, proporcionando diversas rotas para o fluxo de água. Da forma como é concebida, esse tipo de rede oferece maior flexibilidade, melhorando a capacidade de isolamento de setores para manutenção, por exemplo. Por outro lado, a implementação de seu projeto e sua manutenção pode exigir um planejamento cuidadoso para evitar interrupções significativas no fornecimento. Por último, tem-se o sistema de rede mista onde se combina os elementos de redes ramificadas e malhadas.

É importante mencionar que, independentemente do tipo de rede de distribuição, sempre há perdas de água potável durante o processo de transporte dela até as residências. Estudos recentes, como o do Instituto Trata Brasil realizado em 2020 apontam que cerca de 38,3% da água tratada se perde no meio do caminho, exemplificando esta situação: a cada 100 litros, 38 não chegam ao destino (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Tais perdas podem estar associadas a vazamentos nas tubulações – que podem ocorrer de forma aparente ou não, ligações irregulares e clandestinas ou até mesmo falha em leituras de hidrômetros.

Nesse sentido, quando se trata da discussão acerca dos índices de perda, o Nordeste assume a segunda posição, logo após a região Norte de acordo com os indicadores coletados pelo SNIS ao longo dos anos de 2010 a 2019. Em 2019, o quantitativo perdido pela região Nordeste foi de 45,7% conforme é apresentado na Tabela 1. Em um cenário comparativo anual nota-se que não houve uma redução significativa desses indicadores.

Tabela 1: Índices de perdas na distribuição.

ANO	NORTE	NORDESTE	SUDESTE	SUL	CENTRO-OESTE
2010	51,2	50,8	34,4	35,4	33,8
2011	49,7	51,4	34,3	35,6	33,6
2012	49,3	44,6	33,5	36,4	32,4
2013	50,8	45	33,4	35,1	33,4
2014	47,9	46,9	32,6	33,4	34,2
2015	46,3	45,7	32,9	33,7	35,5
2016	47,3	46,3	34,7	36,3	35
2017	55,1	46,3	34,4	36,5	34,1
2018	55,5	46	34,4	37,1	35,7
2019	55,2	45,7	36,1	37,5	34,4

Fonte: SNIS, 2022.

4 METODOLOGIA

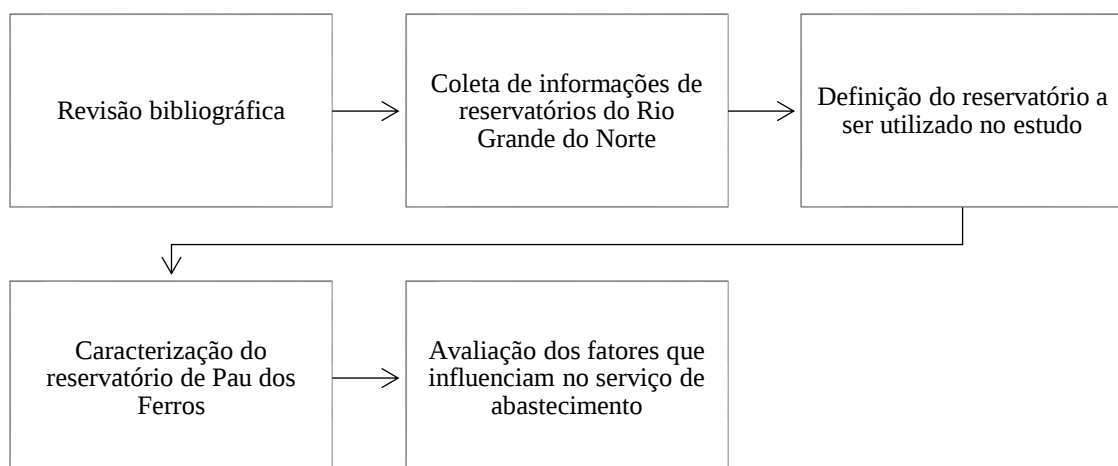
4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa adota uma abordagem exploratória, seguindo os princípios de um estudo desse tipo que se baseia em pesquisa bibliográfica, conforme definido por Gil (2008), como aquela desenvolvida com base em material já existente, como livros e artigos científicos, além do acesso aos sistemas de informações de outorgas. Desse modo, para fundamentar o trabalho, foram realizadas pesquisas no google acadêmico para obter informações relevantes sobre o tema proposto de maneira que fossem observados os seguintes pontos:

- Definição do reservatório a ser estudado;
- Levantamento de documentos com informações do reservatório de Pau dos Ferros, para coleta de informações de demandas e disponibilidade hídrica;
- Análise da disponibilidade e demanda hídrica do reservatório;
- Análise dos aspectos que impactam a qualidade do serviço de abastecimento de água.

Para melhor entendimento foi elaborado um fluxograma (Figura 2) contendo as etapas metodológicas para o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 2: Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Autor, 2024.

ÁREA DE ESTUDO

De acordo com SUDENE (2021), o semiárido brasileiro ocupa uma área de 969.589 km² e inclui os Estados do Piauí, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco,

Alagoas, Sergipe, Espírito Santos, Bahia, Minas Gerais (Figura 3).

Figura 3: Delimitação do semiárido.



Fonte: SUDENE, 2021.

O clima do Nordeste brasileiro influencia diretamente o comportamento dos rios e a disponibilidade de recursos hídricos na região devido à sazonalidade, alta variabilidade das chuvas e elevada evapotranspiração, além das características geológicas predominantes (ZANELLA, 2014).

Trata-se de uma região que tem baixo fluxo de água superficial devido ao clima e à geologia predominante, com solos raros sobre rochas cristalinas que limitam as trocas de água entre os rios e o substrato adjacente. Isso resulta em uma rede de rios temporários que fluem apenas durante o período chuvoso, secando nos meses seguintes (CIRILO, 2008).

Nesse sentido, devido ao semiárido contemplar uma extensa área, para realizar a busca

pelos dados de disponibilidade hídrica e demanda, optou-se pelo recorte do estado do Estado do Rio Grande do Norte. A partir de informações do histórico e das condições de reservatórios no Semiárido, o manancial foi escolhido e caracterizado.

ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A partir da escolha do manancial (Barragem de Pau dos Ferros), foram pesquisadas informações de disponibilidade hídrica em plano de recursos hídricos, uma vez que estes planos devem contemplar este diagnóstico, e outros documentos. De forma mais específica, foram observadas as vazões regularizadas com diferentes percentuais de garantia.

ANÁLISE DOS DADOS DE DEMANDA

A vazão de retirada se associa à demanda hídrica que o reservatório deve suprir para atendê-la. Essa vazão consiste na água captada que é destinada ao atendimento de diversos usos. Nesta etapa, iniciou-se a análise observando as informações dos usos múltiplos do reservatório escolhido encontrados na literatura e noticiários, e os dados do registro de outorgas.

No contexto de abastecimento urbano e segurança hídrica, como material de consulta foram acessados o Atlas Águas, e o plano municipal de saneamento básico do município de Pau dos Ferros. O Atlas Águas foi elaborado pela ANA, que parte avaliação de todos os mananciais e sistemas de abastecimento urbano de água e indica soluções para as demandas atuais e futuras para as 5.570 sedes urbanas, considerando o horizonte de 2035 segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (2021).

A ANA (2021) apresenta alguns indicadores fornecidos, dos quais pode-se citar: eficiência da produção de água, sistema produtor, desempenho de perdas, cobertura do sistema, eficiência da distribuição de água, situação de vulnerabilidade do manancial e, por fim, segurança hídrica de abastecimento.

A classificação do manancial quanto a sua vulnerabilidade, de acordo com o próprio ATLAS, parte da análise de três fatores: índice de segurança hídrica – relaciona o potencial dos estoques de água natural e artificial no país com o suprimento de demanda a múltiplos usuários em situações de estiagem; grau de atendimento à demanda – relaciona a parcela de demanda urbana atendida com a disponibilidade hídrica do manancial; característica do manancial quanto ao seu porte – define valores em função do volume armazenado, vazão média de rios, vazão específica das ottobacias e localização do manancial (região semiárida ou não).

O desempenho de perdas é classificado em índices nomeados A1, A2, B, C e D. A1 indica somente reduções marginais, A2 indica a necessidade de avaliações criteriosas para confirmar a efetividade de melhorias, o índice B aponta potencial para melhorias significativas, o C aponta para uma necessidade de redução de vazamentos e, por último, o D classifica o desempenho de perdas como uso muito ineficiente dos recursos, sendo uma das piores classes de desempenho de perdas.

4.2 VAZÃO DE RETIRADA PARA ABASTECIMENTO

Para o cálculo da vazão de demanda de abastecimento de água foi utilizada a equação proposta pela SEMARH (2019) para abastecimento urbano, que tem como dados de entrada os valores do consumo médio efetivo per capita e das perdas no sistema, conforme equação a seguir:

$$Q_{\text{perda}} \left(\frac{L}{\text{Hab. dia}} \right) = \text{Uso}_{\text{percapita}} * \text{Perda}_{\text{média}}$$

$$Q_{\text{ret}} \left(\frac{L}{\text{Hab. dia}} \right) = \text{Uso}_{\text{percapita}} * K1 + Q_{\text{perda}}$$

Onde o K1 corresponde a:

$$K1 = 1,2$$

Dessa forma, substitui-se o valor de K1 e da vazão de perda na equação da vazão de retirada e obtém-se a projeção da demanda para abastecimento urbano. O uso per capita e o percentual de perdas foram obtidos diretamente da base de dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS).

Foram considerados para o cálculo todos os municípios que são atendidos pelo reservatório.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESCOLHA DO MANANCIAL E SUA CARACTERIZAÇÃO

No contexto das condições climáticas que caracterizam o a região semiárida brasileira, o Rio Grande do Norte carece de oferta natural d'água uma vez que o regime pluviométrico desta região é irregular, dificultando a disponibilidade hídrica. Além disso, embora não apresente condições favoráveis, o fator demanda hídrica tem aumentado cada vez mais.

Consciente desta situação, o Governo do Estado elaborou, em 1998, o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. O PERH surge, então, com o objetivo de fornecer todos os elementos que possibilitem praticar uma política consistente e eficiente na gestão dos recursos hídricos do RN (SEMARH, 2014).

São várias ações sugeridas pelo Plano, de acordo ainda com a SEMARH, dentre elas pode-se citar:

- Determinação das disponibilidades hídricas dos recursos superficiais e subterrâneos;
- Concepção e análise das alternativas de infraestrutura hídrica apropriada para desenvolvimento de atividades;
- Avaliação, de forma global, dos impactos ambientais decorrentes da implementação da infraestrutura proposta;
- Definir programas setoriais de implantação desta infraestrutura hídrica, nas dimensões temporal e espacial, com avaliação dos custos e benefícios associados;
- Identificar e planejar as ações institucionais e legais necessárias à implantação e operacionalização de um sistema de gestão integrada dos recursos hídricos para o Estado;
- Consolidar todo o acervo de informações hidrológicas em um banco de dados georreferenciado, que permitirá o acesso online a estes tipos de informações, incluindo mapas temáticos e imagens digitais resultantes dos estudos.

A primeira observação sobre os reservatórios do Rio Grande do Norte foi referente à situação deles para o ano de 2024. A partir de uma pesquisa no Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) do Nordeste e Semiárido é possível acompanhar o lançamento de dados referentes às bacias hidrográficas e seus respectivos reservatórios, bem como ter conhecimento sobre quais são os municípios em que eles estão situados.

Diante dessas informações, é possível analisar ainda quais reservatórios estão com a

capacidade armazenada em níveis críticos. Dentro dessa perspectiva, tomando como base o Estado do Rio Grande do Norte, cujos dados são apresentados no Quadro 1, foi possível notar que na data da pesquisa (01/02/2024) dos 55 reservatórios cujas informações foram disponibilizadas no site, apenas quatro tinham seu volume acima de 80%, sendo eles: Lagoa de Boqueirão – situado em Touros, Beldroega – situado em Paraú, Campo Grande – situado em São Paulo do Potengi, e Pataxó – situado em Ipanguaçu.

Também há aqueles açudes que estão com capacidade volumétrica entre 60% e 80% que somam ao todo 11 dos 55 reservatórios (Quadro 1). Dentre os quais se pode destacar Pilões, Pau dos Ferros, Umarí, Riacho da Cruz II, Passagem e outros.

Quadro 1: Volume dos reservatórios pertencentes ao Estado do Rio Grande do Norte.

Reservatórios do RN	
Volume	Reservatório
Acima de 80%	Lagoa de Boqueirão Campo Grande Pataxó Beldroega
Entre 60% e 80%	Encanto Flechas Marcelino Vieira Pau dos Ferros Pilões Tesoura Rodeador Riacho da Cruz II Passagem Umarí Mendubim Santa Cruz do Trairi Lagoa de Extremoz
Entre 40% e 60%	Lagoa de Bonfim Currais Novos Eng. Armando Ribeiro Santo Antônio das Caraúbas Morcego Currais Malhada Vermelha Santa Cruz do Apodi Lucrécia Corredor
Entre 20% e 40%	Cruzeta Umarizal Sossego 25 de março Bonito II Arapuã Poço branco

Quadro 1: Volume dos reservatórios pertencentes ao Estado do Rio Grande do Norte (continuação).

	Trairi Tabatinga
Abaixo de 20%	Jesus Maria José Tourão Brejo Boqueirão de Angicos Alecrim Rio da pedra Itans Mundo Novo Carnaúba Sabugi Passagem das Traíras Esguicho Caldeirão de Parelhas Boqueirão de Parelhas Zangarellhas Marachel Dutra Inharé Currais Novos Japi II

Fonte: SAR, 2024.

De acordo com o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN, 2024), as reservas hídricas do RN acumulam 50,74% da sua capacidade total, sendo que no neste mesmo período em 2023 o percentual acumulado era de 44,17% da capacidade total do estado. O Instituto afirma ainda que o estado do RN iniciou o ano de 2024 com o melhor volume de água desde 2012.

O reservatório escolhido para análise foi o de Pau dos Ferros, cujo sistema hídrico foi apontado recentemente para ter o seu processo de Alocação Negociada de Água desenvolvido.

Apesar de estar, na pesquisa realizada em fevereiro de 2024, com 70,96% de sua capacidade, em anos anteriores o reservatório chegou próximo ao colapso, deixando cidades desabastecidas, conforme mais bem apresentado a seguir.

No período de 2014, foram adotadas medidas alternativas para suprir a demanda hídrica segundo a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Pau dos Ferros (2015), em detrimento da situação crítica do reservatório. Nesse sentido como alternativa emergencial optou-se pela adoção de uma adutora de engate rápido interligada à Estação de Tratamento da Barragem de Santa Cruz em Apodi. No entanto, esta medida não fora suficiente para garantir efetivamente as condições de abastecimento, devido à insuficiência de volume que chegava ao município. Foi então que se deu início ao rodízio por setor, onde haveria o abastecimento

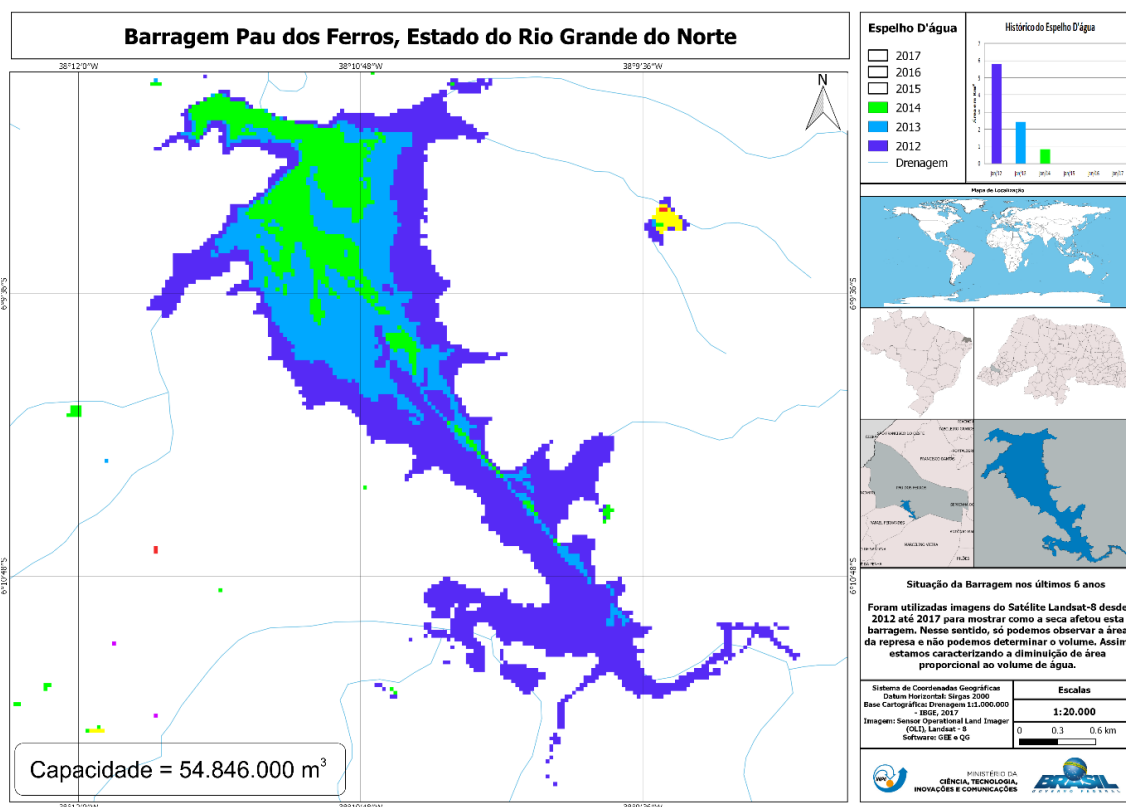
durante 3 dias seguidos, enquanto outrora ficaria 6 dias sem. Com isso, a CAERN conseguiu atender uma quantidade maior da população paufferrense, mesmo que minimamente.

Ainda neste mesmo período, a concessionária local, CAERN, restringiu o uso das águas da barragem de Pau dos Ferros somente à zona rural (região da barragem e perímetro irrigado) e ao município de Rafael Fernandes (SEMARH, 2015).

Em vista disso, os principais pontos a serem analisados nesta etapa tem o objetivo de observar a demanda hídrica a partir de informações existentes e do cadastro de outorga, e a disponibilidade hídrica do manancial.

No cenário hídrico, o reservatório Pau dos Ferros está inserido na bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró. Situado no município de Pau dos Ferros, o reservatório (Figura 4) tem como finalidade principal o armazenamento de água para abastecimento público, irrigação e controle de enchentes. Construída pelo DNOCS em 1967, a barragem conta com uma área de 2.051,70 km² e uma capacidade máxima de 54,58 hm³ (DNOCS, 2012).

Figura 4: Mapa do reservatório Pau dos Ferros.



Fonte: INPE, 2011.

De acordo com o IBGE (2017), ao observar o crescimento da população de Pau dos Ferros, percebe-se que a cidade saiu de uma população de 15.624 habitantes em 1970, para uma

estimativa de 30.452 habitantes no ano de 2017.

Nessa perspectiva, Fernandes e Felipe (2023) fazem um questionamento no que diz respeito à captação de água para o abastecimento urbano uma vez que houve um crescimento significativo da área urbana da cidade de Pau dos Ferros. Este crescimento levanta questionamentos sobre o impacto deste, na demanda por água fornecida pela CAERN. No entanto, o autor diz que de acordo com o escritório regional da CAERN em Pau dos Ferros, a captação de água da Barragem tem se mantido historicamente nos níveis adequados para abastecimento, com reduções em alguns períodos. Isso é atribuído a medidas implementadas pela CAERN, visando a racionalização do uso e a fiscalização da água.

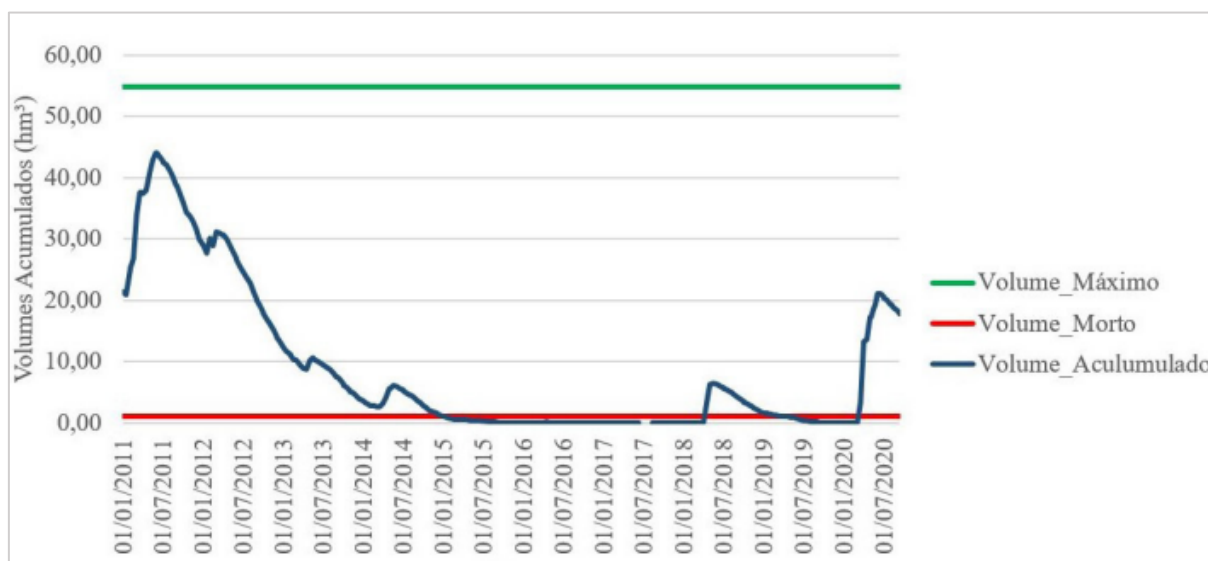
5.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Em 2004 e 2009, as principais bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, Piranhas-Açu e Apodi–Mossoró, receberam volumes de chuvas excepcionais, atingindo cerca de 1.200 mm, causando inundações em áreas urbanas, desabrigando pessoas, destruindo infraestruturas como pontes e estradas, e prejudicando lavouras (FERNANDES; FELIPE, 2023). Especificamente em relação à Barragem de Pau dos Ferros, Costa (2010) destacou que durante o período chuvoso de 2004, parte do centro da cidade foi inundada devido ao transbordamento da Barragem, mostrando vários pontos na cidade vulneráveis a inundações.

Os autores ainda apontam que até o período de estiagem de 2012 a 2018, apesar dos registros de baixo volume, que chegaram a menos de 20% em estiagens mais severas, a maioria da população não se empenhou em adotar medidas de racionamento para evitar a escassez hídrica da Barragem de Pau dos Ferros. Mesmo assim, a barragem nunca secou nesse período, e nem o fornecimento urbano de água ou a irrigação no Perímetro Irrigado foram interrompidos ou racionados. Como resultado, a cidade continuou sua expansão urbana nas últimas décadas sem priorizar o gerenciamento dos recursos hídricos no planejamento urbano.

Todavia, como consequência dessa conjuntura, a disponibilidade hídrica da barragem de Pau dos Ferros passou por momentos críticos, vindo a secar completamente no início de 2015, conforme pode ser visualizado na Figura 5

Figura 5: Série de volumes da barragem Pau dos Ferros.



Fonte: Adaptado de ANA, 2020.

Assim, analisando os dados infere-se que em 2011 o volume da Barragem passou a diminuir chegando a atingir seu volume morto 2014, essa condição permanecendo até abril de 2018. Em outro momento, a barragem atingiu novamente seu volume morto em 2019, sendo superado apenas em 2020.

Em contrapartida, Costa (2010) analisou a precipitação dos municípios à montante da Barragem de Pau dos Ferros nos últimos vinte anos. Ele observou que, no geral, todos os municípios apresentaram médias de precipitação anual muito próximas. Os anos de 1989, 2004 e 2008 registraram as maiores precipitações, com valores de 1001.6 mm, 1204.7 mm e 1192 mm, respectivamente. De acordo com dados do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA), Costa (2010) apontou que Pau dos Ferros teve uma média de precipitação anual de 721.3 mm, com as chuvas concentradas entre os meses de fevereiro a junho.

Em 2019, A SEMARH disponibilizou no Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte as seguintes informações a respeito das vazões de regularização, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Curva de regularização de Pau dos Ferros.

	Vazão de garantia (m ³ /s)				
	Q ₇₀	Q ₈₀	Q ₉₀	Q ₉₅	Q ₉₉
Pau dos Ferros	2,04	1,63	1,13	0,92	0,71

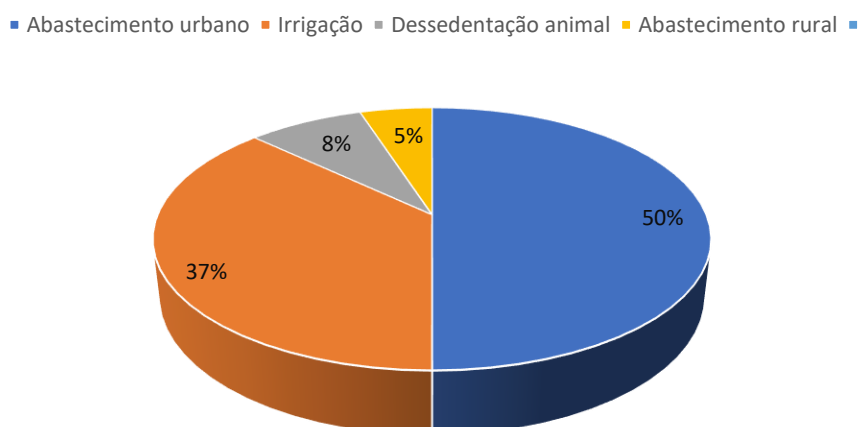
Fonte: ANA, 2017.

Esses dados são importantes porque trazem informações de disponibilidade hídrica em termos de vazões regularizadas atrelada a percentuais de garantia no tempo. Conforme citado no item 3.2, o Art. 17º do Decreto nº 13.283/97 define que a soma dos volumes d'água outorgados numa determinada bacia, não poderá exceder 9/10 (nove décimos) da vazão regularizada anual com 90% (noventa por cento) de garantia, que equivale a 1,017 m³/s.

5.3 DEMANDA HÍDRICA

No tocante à demanda, de acordo com a ANA (2017), pelo menos 50% da demanda de abastecimento de Pau dos ferros é destinada para o abastecimento urbano, com a irrigação ocupando segundo lugar, representando 37% do total, conforme mostrado na Figura . Em se tratando das principais captações está a retirada destinada ao abastecimento pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), e a retirada para fornecimento de água para o Perímetro Irrigado.

Figura 6: Demandas totais de retirada.



Fonte: ANA, 2017.

Observando o registro de outorgas da ANA, órgão responsável pela concessão de

outorgas do reservatório de Pau dos Ferros, que é de dominialidade federal visto que foi construído pelo DNOCS, consta apenas a outorga concedida à CAERN, no valor de 2.462.655 m³/ano.

No entanto, com base em diagnósticos realizados pela Secretária Municipal de Meio Ambiente (SEMA) de Pau dos Ferros em 2015, cabe evidenciar que:

O açude de Pau dos Ferros foi utilizado como manancial para suprir a demanda hídrica da zona urbana de Pau dos Ferros até novembro de 2014, quando a captação de água em seu volume morto tornou-se inviável em termos quantitativos e qualitativos e a CAERN restringiu as águas deste manancial apenas aos sistemas de abastecimento de parte da zona rural de Pau dos Ferros (Perímetro Irrigado e Comunidade Barragem) e o município de Rafael Fernandes.

Quando se discute sobre fornecimento de água para outras sedes municipais, pode-se afirmar que o reservatório de Pau dos Ferros abastece, além da cidade em que se situa, as cidades de Água Nova/RN, São Francisco do Oeste/RN, Marcelino Vieira/RN, Luiz Gomes/RN, Paraná/RN, José da Penha/RN, Tenente Ananias/RN, Alexandria/RN Pilões/RN, Major Sales/RN, Rafael Fernandes/RN, Riacho de Santana/RN. Para endossar tais informações a respeito do sistema de informações integrado de Pau dos ferros pode-se recorrer ao ANEXO I.

Com base em informações apresentadas pelo ATLAS ÁGUAS referentes à barragem de Pau dos Ferros, o manancial é classificado como de baixa vulnerabilidade (ANA, 2024). Além disso, o sistema de abastecimento de Pau dos Ferros foi classificado como tendo uma eficiência de distribuição de água média e uma alta eficiência de produção.

CÁLCULO DA DEMANDA PARA ABASTECIMENTO URBANO

Para prosseguir com a estimativa da demanda para abastecimento de água do reservatório de Pau dos Ferros foi necessário quantificar a população urbana de cada município que compõe o Sistema integrado de Pau dos Ferros. Ressalta-se que diversos dos municípios que estão ligados a este sistema tem outros mananciais abastecedores, mas para fins desta pesquisa, foram considerados como tendo sua área urbana totalmente abastecida pelo açude de Pau dos Ferros. Desse modo, acessando a base de dados do IBGE, coletou-se os seguintes dados populacionais de cada cidade (Tabela3) de tal modo que o ano base utilizado pelo censo é de 2010 e que os dados populacionais apresentados correspondem à população urbana do

respectivo ano.

Tabela 3: Dados populacionais dos municípios em 2010.

Município	População urbana (hab)
Água Nova	1.634
São Francisco do Oeste	2.503
Rafael Fernandes	2.247
Major Sales	2.402
Riacho de Santana	2.020
Pau dos Ferros	21.744
Marcelino Vieira	4.111
Pilões	2.176
Luís Gomes	5.585
Paraná	701
José da Penha	3.035
Tenente Ananias	5.598
Alexandria	7.813

Fonte: Autor, 2024.

Devido à não divulgação da população urbana do censo do IBGE para o ano de 2022 no período de realização desta pesquisa, mas apenas da população total, recorreu-se então ao cálculo da quantidade de habitantes residentes na zona urbana nestes municípios para o respectivo ano (2022). Além disso, é válido salientar que, embora os municípios sejam atendidos por sistemas isolados conforme pode ser visto no ANEXO I, a análise da demanda hídrica foi feita considerando que todas as cidades fossem atendidas integralmente apenas pelo açude de Pau dos Ferros, então, dessa maneira infere-se que não foi considerado o abastecimento urbano dependente dos sistemas isolados que existem em alguns dos municípios.

O cálculo da população foi realizado a partir da população total do ano de 2022, considerando o percentual da população urbana acordo com o censo do IBGE de 2010. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 44.

Tabela 4: Estimativa da projeção populacional urbana para a 2022.

Município	Projeção Populacional (hab)
Água Nova	1.909
São Francisco do Oeste	3.132
Rafael Fernandes	3.082
Major Sales	3.213

Riacho de Santana	2.398
Pau dos Ferros	27.986
Marcelino Vieira	4.707
Pilões	2.193
Luís Gomes	6.388
Paraná	837
José da Penha	3.509
Tenente Ananias	6.924
Alexandria	9.286

Fonte: Autor, 2024.

Posteriormente, foram coletadas as informações sobre per capita e perdas referente a cada município (Tabela 5).

Tabela 5: Consumo per capita e índices de perdas.

Município	Per capita (L/hab/dia)	Perdas (%)
Água Nova	85,3	28,19
São Francisco do Oeste	96,53	15,37
Rafael Fernandes	125,06	40,02
Major Sales	255,41	0
Riacho de Santana	116,92	42
Pau dos Ferros	116,49	55,1
Marcelino Vieira	92,8	18,59
Pilões	78,17	51,79
Luís Gomes	78,99	55,48
Paraná	176,97	10,04
José da Penha	86,25	43,61
Tenente Ananias	102,31	38,96
Alexandria	84,42	33,24

Fonte: SNIS, 2022.

Em seguida, com base nos dados expostos tornou-se possível obter o cálculo da vazão de retirada, para todos os municípios, resultando nos valores apresentados pela Tabela 6:

Tabela 6: Cálculo da vazão de retirada.

Município	Q_{ret} (m³/s)
Água Nova	0,0028
São Francisco do Oeste	0,0047
Rafael Fernandes	0,0071
Major Sales	0,0114
Riacho de Santana	0,0053
Pau dos Ferros	0,0661
Marcelino Vieira	0,0070
Pilões	0,0034
Luís Gomes	0,0102
Paraná	0,0022
José da Penha	0,0057
Tenente Ananias	0,0130
Alexandria	0,0139
Total	0,1530

Fonte: Autor, 2024.

Por esse viés, analisando os dados apresentados acima, para compreender se a vazão de retirada é suficiente para atender a demanda do município é necessário recorrer aos dados sobre as vazões de garantia da barragem de Pau dos Ferros.

5.4 AVALIAÇÃO DE ASPECTOS QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DE SERVIÇO DE ABASTECIMENTO

Avaliando os resultados apresentados até aqui, observa-se que a vazão de retirada total necessária para atender a área urbana de Pau dos Ferros equivale a 66,1 l/se (2.084.529.6 m³/ano), e considerando o abastecimento urbano total de todos os municípios ligados ao sistema de 0,153 m³/s (4.825.008 m³/ano). Nota-se que a vazão outorgada hoje, no valor de 2.462.655 m³/ano está próxima ao valor de vazão de demanda calculada para a cidade de Pau dos Ferros, o que pode ser um indicativo de que o abastecimento de outras cidades têm sido feito majoritariamente a partir de outros mananciais.

Comparando agora essa demanda total (0,153 m³/s), com a Q99 (0,71 m³/s) e a vazão outorgável da bacia equivalente a 90% da Q90, ou seja, 1,017 m³/s comparando esta vazão de referência com a demanda para abastecimento urbano, pode-se inferir que o açude de Pau dos Ferros consegue atender a demanda solicitada para o adequado abastecimento, pois tem uma

vazão capaz de atender toda a demanda hídrica de abastecimento na maior parte do tempo.

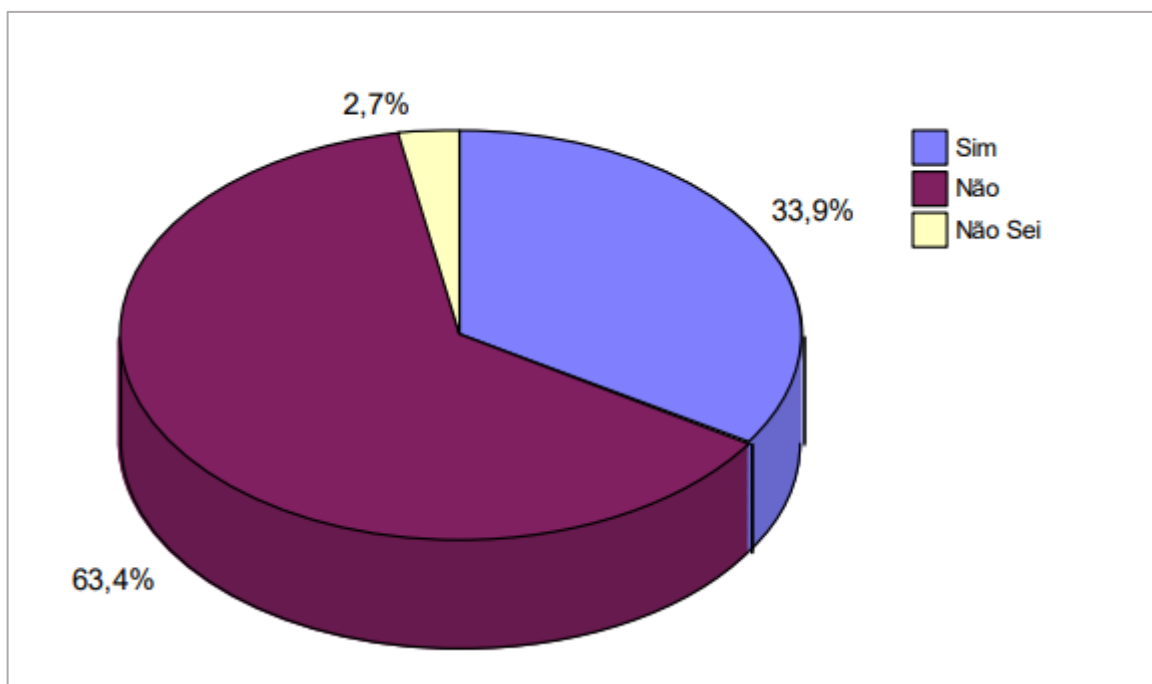
Contudo, estes valores são estimados por modelos hidrológicos considerando séries históricas de precipitação e determinados parâmetros que influenciam na transformação chuva-vazão e na propagação do escoamento na bacia, incluindo captações e retenções a montante. Daí surge a necessidade de um planejamento e gestão dos processos de alocação de água, garantindo a manutenção do abastecimento, ao passo que evite problemas futuros de racionamento de água, levando-se em consideração a disponibilidade hídrica e a gestão do reservatório ao longo do tempo.

Outro aspecto importante relacionado à demanda para abastecimento público é a necessidade de diminuir as perdas na distribuição do sistema, pois, mesmo após 10 anos do que foi proposto pelo Plano de Saneamento Básico do município, o índice de perdas ainda é alto chegando a representar mais de 50%.

Em um diagnóstico realizado no contexto da atualização do plano de saneamento básico, em 2015, foram elencados os principais problemas relacionados à prestação de serviços e do sistema de abastecimento: identificou-se que a pressão na rede em toda área urbana atendida e os boosters instalados não são suficientes para elevar a pressão na rede de forma satisfatória. Com isso, para garantir o melhor atendimento à população, é necessário realizar ajustes no que se refere à pressão no sistema, além de reparar algumas estruturas que o contemplam (SEMA, 2015).

Além disso, este diagnóstico indica que a qualidade de água distribuída pelo município encontrava-se em desacordo com as prescrições da Portaria nº2914/11 em relação aos parâmetros de cor aparente e turbidez. Corroborando com esta informação, segundo pesquisa realizada pelo Consórcio Público Intermunicipal do Rio Grande do Norte - COPIRN (2015), 63% da população assume que não está satisfeita com a qualidade de água tratada, evidenciando, portanto, a necessidade em se melhorar a qualidade do recurso (Figura 7).

Figura 7: Satisfação da população pauperrense frente a qualidade de água disponibilizada.



Fonte: COPIRN, 2015.

Segundo Lima et. al (2020), no período de 2016 dados coletados na Secretaria de Desenvolvimento Rural de Pau dos Ferros/RN mostravam que a perfuração de poços teve intensificação a partir de 2013, com o objetivo de complementar o abastecimento da adutora de engate rápido. Os autores apresentaram ainda uma tabela contemplando os poços existentes no período de 2013 a 2015 (Tabela 7).

Tabela 7: Quantidade de poços perfurados de 2013 a 2015.

Ano	Quantidade	Situação
2013	20	12 instalados
2014	3	2 instalados
2015	39	6 instalados

Fonte: Adaptado de Lima et. al, 2020.

Analisando a Tabela 7, Lima et. al (2020) observou que em 2015 o número de poços perfurados foi aproximadamente o dobro da quantidade de 2013. Isto é um indicativo de que esse aumento se atrelou à busca por alternativas para contemplar o abastecimento urbano.

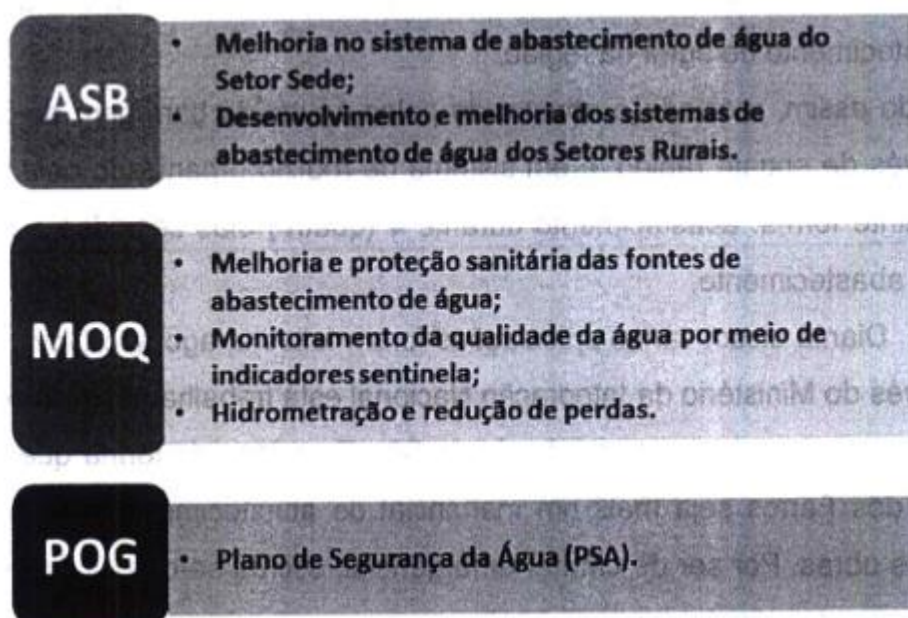
Em zonas rurais, por exemplo, no âmbito de soluções individuais foram observadas adequação de residências para captação de águas pluviais, além do uso de cisternas e chafarizes (SEMA, 2014).

Conforme já mencionado outrora, o açude de Pau dos Ferros esteve na iminência de chegar ao colapso em 2013, em virtude da severa seca. Isso proporcionou a deficiência no abastecimento da cidade que, por sua vez, passou a ser realizado por uma adutora de engate rápido com água disponibilizada pela Barragem de Santa Cruz (SEMA, 2014). Este cenário deve ser analisado à luz do objetivo de universalizar a cobertura e o atendimento nos serviços de abastecimento. Nesse sentido, o projeto ASB propôs melhorias no sistema por meio da ampliação na rede e reativação e readequação da ETA Pau dos Ferros.

No tocante ao Plano de Saneamento básico, a Prefeitura do município juntamente com a Secretaria do Meio Ambiente objetivando solucionar alguns problemas propôs programas, projetos e ações visando a universalização do serviço em um horizonte de 20 anos. Os programas foram divididos em: Programa de Acessibilidade ao Saneamento Básico (ASB), Programa de Melhorias Operacionais e Qualidade dos Serviços (MOQ) e o Programa Organizacional Gerencial (POG).

A Figura apresenta os projetos inseridos em cada um dos programas mencionados.

Figura 8: Programas e Projetos para Abastecimento de Água.



Fonte: SEMA, 2014.

O MOQ, dividido em 3 projetos, busca, com o primeiro deles, gerenciar o açude e os poços da cidade de modo a se garantir a melhor qualidade de água por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de acordo com parâmetros contemplados pela portaria MS

nº2.914/11. Além disso, objetiva-se a implantação de sistemas de proteção sanitária e de desinfecção de poços e cisternas, além da implantação do programa de proteção do açude à medida em que ele retornasse à normalidade.

O monitoramento da qualidade de água vislumbra a necessidade em garantir a sinalização das irregularidades na água que é distribuída pelos sistemas, apoiando-se em ações como: vigilância ambiental, plano de amostragem para análise de água e aquisição de equipamentos como pHmetro, turbidímetro e medidor de cloro portátil.

Por último, o MOQ, dispõe-se a adquirir/substituir os hidrômetros nas residências para que seja possível ter até 100% de ligações ativas, considerando que quando o Plano de Saneamento foi proposto esse percentual era de 80%. Partindo disso, o MOQ tem apresentado melhorias significativas haja visto que, segundo dados do SNIS (2022), o percentual de ligações ativas no município era de 98,39%.

Outro objetivo do MOQ é a verificação das perdas na rede por meio do seu monitoramento. Esse monitoramento é essencial para analisar se as perdas se dão por conta das ligações clandestinas ou perdas físicas, sobretudo, porque de acordo com o SNIS (2022) o índice de perdas da cidade é de 55,10% superior à média nacional (37,78%).

Por fim, tem-se o POG que busca elaborar um planejamento estratégico que seja capaz de propiciar o gerenciamento do serviço de água em períodos de colapso. Então, entende-se que o POG é definido como aquele instrumento que identifica e prioriza os perigos e riscos iminentes no sistema de abastecimento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o trabalho desenvolvido fica evidente que atualmente o cenário do Alto Oeste Potiguar, que recentemente vivenciou uma crise hídrica, hoje se encontra em condições melhores, haja visto que existem 32,70% dos reservatórios que estavam com volumes regulares acima de 60% de sua capacidade na pesquisa realizada, cabendo mencionar, portanto, de forma mais específica o reservatório de Pau dos Ferros.

Com base nos dados obtidos neste trabalho, infere-se que o referido manancial, que já viveu problemas relacionados às perdas e falta de água em quantidade e qualidade adequadas ao bem-estar da população devido à capacidade crítica de volume em 2013, hoje possui condições suficientes para garantir o abastecimento da cidade de Pau dos Ferros e das cidades vizinhas. Nesse sentido, o presente trabalho destacou alguns pontos do diagnóstico e dos programas propostos pelo Plano de Saneamento Básico para a melhoria do serviço, sobretudo, no que diz respeito às propostas idealizadas para diminuição das perdas na distribuição e monitoramento da água fornecida.

Por fim, cabe reforçar que, embora a demanda total encontrada corresponda a uma demanda solicitada adequada para o abastecimento, é notória a necessidade de planejamento e gestão de processos de alocação de água, de modo que sejam adotadas medidas contínuas e que se mantenha sempre o monitoramento do açude para que dessa forma seja possível garantir o abastecimento a medida em que se intensifiquem os problemas de escassez hídrica na região. Desse modo, é importante que os órgãos gestores trabalhem dentro dessa perspectiva para evitar que ocorra novamente o mesmo que ocorreu em 2013, onde o açude quase chegou ao colapso e a população passou a ser assistida com alternativas individuais de coleta d'água e sofreram com o racionamento de água no setor urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHON, Cali Laguna; BARROSO, Marcelo Melo; CORDEIRO, João Sérgio. **Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água**. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 54-62, mar. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522008000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/6GpC9XgzgW5F84FWbrgBkv/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 07 abr. 2024.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos**. - Brasília: ANA, SPR, 2005.

ANA. Semiárido. 2017. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3c8b249e-8ec3-4db1-b188-bab3c3c3240f>. Acesso em: 31 mar. 2024.

Agência Nacional de Águas (BRASIL). **Reservatórios do Semiárido Brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação: Anexo A**. Brasília: ANA, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR). Dados Históricos de 2011 a 2020**. Brasília: ANA, 2020a.

ANA, Agência Nacional de Águas -. **Nota Técnica nº 10/2015/COMAR/SRE: metodologia para alocação de água em açudes isolados :: meta institucional da superintendência de regulação - 01/10/2014 e 30/09/2015. Metodologia para Alocação de Água em Açudes Isolados – Meta Institucional da Superintendência de Regulação - 01/10/2014 e 30/09/2015**. 2015. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/alocacao-de-agua-e-marcos-regulatorios/alocacao-de-agua/NT102015COMARSREMetodologiadanaanaparaalocacaodeaguaemacudesisolados.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2024.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. – Brasília: ANA, 2021 332 p.: il. ISBN: 978-65-88101-19-3.

ALMEIDA, Pedro Victor Batista de. **Garantia de abastecimento de água dos reservatórios castanhão e banabuiú e implicações na outorga**. 2016. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia da Construção Civil – Habilitação em Edifícios, Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2016. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=garantia_de_abastecimento_de_agua_dos_reservatorios_castanhao_e_banabuiu_e_implicacoes_na_outorga.pdf. Acesso em: 08 fev. 2024.

ARAÚJO, Ana Luiza de et al. **INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS IMPLEMENTADA PELO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 00., 2018, Maceió. INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE RECURSOS HÍDRICOS IMPLEMENTADA PELO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Maceió: S.I., 2018. v. 5, p. 1-5. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/semarh/DOC>

/DOC000000000017398.PDF. Acesso em: 21 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. 1992. 5 p. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-da-bahia/sistemas-urbanos-de-agua/nbr-12213-nb-589-projeto-de-captacao-de-agua-de-superficie-para-abastecimento-publico-1-compress/33895394>. Acesso em: 02 fev. 2024.

AZEVEDO NETO, J. M. de; FERNANDEZ, M. F.; R. ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edigar Blucher, 8ª ed., 669 p., 1998.

BARBOSA JR., A. R. **Regularização de vazão**. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula_6/Regularizacao%20de%20Vazoes.pdf. Acesso em: 02 fev. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 1997.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 3 ed. FUNASA, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. **Curso básico de vigilância da qualidade da água para consumo humano: módulo II: abastecimento de água: aula 2: etapas do abastecimento de água para consumo humano** [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. – Brasília: Ministério da Saúde, 2020. 39 p.

CAMPOS, José Nilson B.; STUDART, Ticiania Marinho de C.. **Alocação e Realocação do Direito de Uso da Água: Uma Proposta de Modelo de Mercado Limitado no Espaço**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, S.I, v. 7, n. 2, p. 1-12, 13 maio 2002.

CIRILO, J.A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido**. Estudos Avançados, n. 22(63), 61-82, 2008.

Companhia de Gestão de Recursos Hídricos - COGERH. **Alocação Negociada de Água**. 2019. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/alocacao-negociada-de-agua/>. Acesso em: 09 mar. 2024.

COSTA, F. R. da. Inundações urbanas no Semiárido Nordeste: o caso da cidade de Pau dos Ferros – RN. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CLAUDINO, C. M. A.; DINIZ, M. I. L.; SILVA, O. S.; SENA, T. S. **Sistema de adutoras: uma abordagem quanto a classificação e os aspectos de projeto**. Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências - V CONAPESC. 2020.

COUCEIRO, Sheyla Regina Marques; HAMADA, Neuza. **Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região norte do Brasil**. Oecologia Australis, [S.L.], v. 15, n. 04, p. 762-774, dez. 2011. Oecologia Australis. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1504.02>.

CORRÊA, F. M. **Saneamento Básico**. Notas de aula, 2014.

DNOCS. Departamento nacional de obras contra as secas. perímetro irrigados. perímetro públicos de irrigação. Rio Grande do Norte. Perímetro Irrigado Pau dos Ferros, 2012.

FERNANDES, Clefson; FELIPE, José Lacerda Alves. **Demanda, oferta e a gestão hídrica da barragem de Pau dos Ferros/RN**. Acta Geográfica, [S.L.], v. 16, n. 42, p. 101-119, 9 fev. 2023. Universidade Federal de Roraima. <http://dx.doi.org/10.18227/2177-4307.acta.v16i42.5439>. Disponível em: <https://revista.ufr.br/actageo/article/view/5439>. Acesso em: 19 fev. 2024.

FERNANDES, R. DE O.; ALMEIDA, P. V. B. **Garantias de abastecimento de água de grandes açudes do semiárido e seus impactos na gestão dos recursos hídricos**. In: XV Semana de Economia: Escassez de Recursos Hídricos e Grandes Projetos Econômicos no Nordeste. Universidade Regional do Cariri, Crato, Ceará, 2015.

FRANCISCHET, Marcelo Martinelli. Análise da influência dos reservatórios de detenção domiciliares no escoamento superficial urbano. 2012. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

FUNASA - Fundação Nacional De Saúde. **Abastecimento de água potável**. Brasília, 2016. 25 p.

GHEYI, Hans Raj (ed.). RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: ESTUDOS E APLICAÇÕES. In: GHEYI, Hans Raj; PAZ, Vital Pedro da Silva; MEDEIROS, Salomão de Sousa; GALVÃO, Carlos de Oliveira (ed.). **RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: ESTUDOS E APLICAÇÕES**. Salvador: Insa - Instituto Nacional do Semiárido, 2012. p. 1-282.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: ed. Atlas, 2010.

GOV. Política Nacional de Recursos Hídricos: outorga dos direitos de uso de recursos hídricos. Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/outorga-dos-direitos-de-uso-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 10 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades@, Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro: 2011. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 31 mar. 2024

IAS. Instituto de Água Sustentável. **Como a água é tratada? Água, leis e tratamento no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/50-como-a-agua-e-tratada>. Acesso em: 04 fev. 2024.

IGARN. INSTITUTO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO RN. . **Reservas hídricas do RN acumulam 50,74% da sua capacidade total**. 2024. Disponível em: <http://www.igarn.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=325847&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=NOT%CDCIA>. Acesso em: 20 fev. 2024.

LIMA, D. de F. .; SOUTO, L. V. .; FILHO, B. de F. B. . A seca e seus desdobramentos: reflexões a partir da realidade da Microrregião de Pau dos Ferros. *Journal of Urban Technology and Sustainability*, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 65–77, 2020. DOI: 10.47842/juts.v3i1.24. Disponível em: <https://journaluts.emnuvens.com.br/journaluts/article/view/24>. Acesso em: 23 mar. 2024.

NUNES, A. A. **Reservatórios de acumulação de água: novas propostas para o dimensionamento e representação de seus efeitos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa - UFV. Viçosa/MG, 2013.

PEDROSA, V.A. et al. **Construindo pactos pelo uso da água**. 2021.

PORTO, R. de M. **Hidráulica básica**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia São Carlos. Departamento de Hidráulica e Saneamento. São Paulo, 1998.

ReCESA: Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água: operação e manutenção de estações elevatórias de água: guia do profissional em treinamento**. Secretária Nacional de Saneamento Ambiental. Belo Horizonte, 2008, 78p.

RIO GRANDE DO NORTE. **Decreto nº 13.283, de 22 de março de 1997**. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000023304.PDF>>. Acesso em: 21 de março de 2024.

SEMA, Secretaria Municipal do Meio Ambiente -. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE PAU DOS FERROS/RN**. 2014. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgleclefindmkaj/https://pau dosferros.rn.gov.br/arquivos/2481/PLANO%20MUNICIPAL%20DE%20SANEAMENTO%20BASICO%20DE%20PAU%20DO%20S%20FERROS__2014_0000001.pdf. Acesso em: 22 mar. 2024.

SEMA. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE: produto 2 :: diagnóstico da situação da prestação dos serviços de saneamento básico e seus impactos nas condições de vida e no ambiente natural, caracterização institucional da prestação dos serviços e capacidade do município de pau dos ferros/rn**. Pau dos Ferros: S.I, 2015. 96 p.

SEMARH. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos realizado em 2008**. 2014. Disponível em: <http://www.semarh.rn.gov.br/conteudo.asp?tran=item&targ=17389&act=null&page=0&parm>

=null&lbl=gest%C3%A3o#:~:text=Como%20finalidade%20principal%2C%20o%20PERH,dos%20recursos%20h%C3%ADdricos%20do%20Estado. Acesso em: 21 mar. 2024.

SEMARH, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos -. **REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE: Produto A1b - Disponibilidade hídrica superficial.** 2019, 127p.

SEMARH, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos -. **REVISÃO E ATUALIZAÇÃO DO PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO NORTE: Produto A3a – Cenário tendencial das demandas hídricas.** 2019, 59p.

SILVA, A. M. et al. **Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 2, p.374-380, nov. 2006.

SILVA, L.M.C.; MONTEIRO, R.A. 2004. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens.** In: MACHADO, C.J.S. (Org.). Gestão de águas doces: usos múltiplos, políticas públicas e exercício da cidadania no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência. cap. 5, p. 135-178.

SNIRH. Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (ed.). S.I. 2021. Disponível em:
<https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>. Acesso em: 21 mar. 2024.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico anual de água e esgoto.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos/agua-e-esgotos>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

SOBRAL, Maria do Carmo Martins. **Estratégia de gestão dos recursos hídricos no semiárido brasileiro.** REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, v. 7, n. 2, nov. 2011. ISSN 1982-5528. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/170>>. Acesso em: 01 fev. 2024.

SUDENE, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste –. **DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO - 2021: relatório final.** Recife: S.I, 2021. 272 p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiaridorelatorionv.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2024.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 3ª ed, 643 p., 2006.
WENDLAND, E. **Regularização de vazões: Controle de estiagens.** Disponível em: <http://albatroz.shs.eesc.usp.br/~ew/SHS-403/2_semestre/aula_911_reg.PDF>. Acesso em: 03 fev. 2024.

Zanella, M. E. (2014). **CONSIDERAÇÕES SOBRE O CLIMA E OS RECURSOS HÍDRICOS DO SEMIÁRIDO NORDESTINO.** Caderno Prudentino De Geografia, 1(36), 126–142. Recuperado de <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/3176>

ZINATO, Cristiano Egnaldo. Conflitos socioambientais e alocação de água em sistemas

hídricos isolados críticos. 2020. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão de Políticas Ambientais, Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, 2020.

ANEXO I

