



UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO TOCANTINS
CENTRO DE CIÊNCIAS INTEGRADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



Área de Concentração

Dinâmicas Espaciais – Paisagem Território e Educação

Linha de Pesquisa: Linha 2 - Estudos da paisagem e do território.

Naiane da Silva Ferreira

**SALINIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA SUPERFICIAL NO MONUMENTO
NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS (MONAF), FILADÉLFIA (TO)**

ARAGUAÍNA - TO

2025

NAIANE DA SILVA FERREIRA

Mestrado em Geografia

**SALINIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA SUPERFICIAL NO MONUMENTO
NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS (MONAF), FILADÉLFIA (TO)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Norte do Tocantins, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Machado

ARAGUAÍNA - TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Geração de Ficha Catalográfica SGFC-UFNT

Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D111s da Silva Ferreira, Naiane.

SALINIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA SUPERFICIAL NO
MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS
(MONAF), MUNICÍPIO DE FILADÉLFIA (TO) / Naiane da Silva
Ferreira. - Centro de Ciências Integradas - CCI, TO, 2026.

79 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) (Pós-Graduação -
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGeo) --
Universidade Federal do Norte do Tocantins, 2026.

Orientador: Carlos Augusto Machado.

1. Salinidade da água. 2. Bacia Hidrográfica. 3. MONAF..

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.


Naiane da Silva Ferreira

**SALINIDADE E ESCASSEZ DA ÁGUA SUPERFICIAL NO MONUMENTO
NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS (MONAF), FILADÉLFIA (TO)**


Dissertação apresentada Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Integrals (CCI), ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, avaliada para obtenção do título de Mestre em Geografia, e aprovada pelo orientador e pela banca examinadora.

Data da Aprovação 18 / 05 / 2026.


Banca Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
CARLOS AUGUSTO MACHADO
Data: 27/05/2026 08:28:07-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Carlos Augusto Machado - PPGeo - UFNT (Orientador)

 Documento assinado digitalmente
LUIZ CARLOS ARAUJO DOS SANTOS
Data: 26/05/2026 15:13:48-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos - PPGeo - UEMA (Membro Externo)

 Documento assinado digitalmente
MAURICIO FERREIRA MENDES
Data: 26/05/2026 10:36:46-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Maurício Ferreira Mendes - PPGeo - UFNT (Examinador Interno)

Dedico essa dissertação a Deus e agradeço pela força e sabedoria demonstradas durante esta jornada. Agradeço à minha família pelo suporte, carinho e estímulo constante, bem como a todos que, de algum modo, auxiliaram na concretização deste sonho e na elaboração desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, fonte de vida, força e sabedoria, por iluminar meu caminho e me sustentar em todos os momentos desta jornada. Foi pela Sua graça que encontrei coragem para seguir em frente diante das dificuldades, renovar minhas esperanças e acreditar que cada etapa vivida fazia parte de um propósito maior.

Aos meus queridos pais, Ivo e Eva, expresso minha mais profunda gratidão por terem me concedido a vida e por serem o alicerce de tudo o que sou. Obrigada pelo amor incondicional, pelos ensinamentos, pelos sacrifícios silenciosos e por sempre acreditarem em mim. Cada conquista minha também pertence a vocês, que com tanto carinho e dedicação me ensinaram o valor da humildade, do trabalho e da perseverança.

À minha irmã Tatiane e aos meus irmãos José Ivan e Neuryvan, agradeço pelo companheirismo, pela amizade e palavras de incentivo. Ter vocês na minha vida tornam tudo mais leve e significativo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Augusto, e ao coordenado Eliseu Pereira de Brito, deixo minha sincera gratidão pela orientação, paciência e generosidade em compartilhar seus conhecimentos. Sua confiança, incentivo e dedicação foram fundamentais para que este trabalho se tornasse realidade. Muito obrigada por acreditar no meu potencial e por me guiar com sabedoria durante todo o processo de construção desta pesquisa.

Com muito carinho, agradeço ao meu tio Antônio José e à minha tia Leonora, que foram verdadeiros pilares em minha trajetória. Sou imensamente grata por todo o apoio, cuidado e incentivo que me deram. Em momentos em que as dúvidas e inseguranças surgiram, vocês estiveram presentes para me lembrar da minha força e do meu valor, mostrando que a vida é feita de oportunidades únicas e que cada instante deve ser vivido com coragem e esperança.

Agradeço ao Helismar, assim como à minha prima Cristiane, à minha tia Maria Nazi e ao meu tio Antônio, que me acompanharam durante esta caminhada, oferecendo apoio, incentivo e palavras de encorajamento fundamentais ao longo dessa trajetória. A presença e o apoio de vocês tornaram esta jornada mais leve e significativa.

Agradeço minhas amigas Graciany e Natalia Évora, e a minhas colegas da pós-graduação pelo apoio incentivo e excelentes momentos de conversas que deixa a vida mais leve, e a todas as pessoas pelos gestos de apoio com palavra de incentivo e cada momento compartilhado fizeram parte desta conquista, que hoje celebro com profunda gratidão no coração.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, cujo apoio foi fundamental para a realização desta pesquisa e para o desenvolvimento das atividades acadêmicas ao longo deste período.

Da mesma forma, expresso minha gratidão ao Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) pelo apoio e pela colaboração durante a realização desta pesquisa, especialmente pela oportunidade de desenvolver parte do estudo dentro da área de seu monitoramento no MONAF, contribuindo de maneira significativa para o fortalecimento científico e para a construção dos resultados apresentados neste trabalho.

RESUMO

O Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (MONAF) é um importante patrimônio natural do estado do Tocantins, inserido no bioma Cerrado. Esta Unidade de Conservação (UC) abriga fósseis únicos de plantas que viveram durante o período Permiano. Esta pesquisa teve como objetivo analisar a salinidade das águas superficiais no MONAF, localizado no município de Filadélfia, Tocantins, com ênfase nas bacias hidrográficas dos córregos Bananeira e Ribeirão Grotão. O estudo buscou compreender os fatores naturais e ambientais que influenciam a qualidade e a disponibilidade hídrica na região, contribuindo para a identificação de alternativas de armazenamento de água durante o período de estiagem e para a avaliação de tecnologias de dessalinização voltadas ao uso sustentável dos recursos hídricos. A metodologia baseou-se em uma abordagem integrada de análise da paisagem, considerando elementos naturais e interferências antrópicas. Foram utilizados dados cartográficos da SEPLAN(TO) e do IBGE, imagens do Google Earth e o software QGIS para a elaboração de mapas e identificação das bacias hidrográficas. O trabalho de campo incluiu observações diretas, registros fotográficos, coleta de amostras de água e pontos georreferenciados. A qualidade da água foi avaliada por meio da análise dos parâmetros de salinidade, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, utilizando medidor multiparâmetro, com medições realizadas em campo e no laboratório LABGESOL, seguindo a classificação da Resolução CONAMA nº 357/2005. Os resultados das amostras coletadas e analisadas nos meses de abril e junho de 2025 no córrego Bananeira apresentaram variação entre 394 e 662 mg/L de sólidos totais dissolvidos (STD). Nos afluentes do córrego Grotão, as análises realizadas nos mesmos meses indicaram uma variação mais ampla, entre 490 e 2.230 mg/L de STD. Os resultados indicaram variações sazonais nos cursos d'água, com redução do volume hídrico no período seco e presença de sais dissolvidos em diferentes pontos analisados. Destacando que a salinidade e a escassez hídrica estão associadas às características geológicas, às condições climáticas e à dinâmica ambiental da área de estudo. O estudo destaca a importância de estratégias de armazenamento de água e do uso de tecnologias de dessalinização específicas para cada caso como alternativas para ampliar o acesso à água em períodos de estiagem.

Palavras-chave: Salinidade da água, Bacia Hidrográfica, MONAF.

ABSTRACT

The Natural Monument of the Fossilized Trees of Tocantins (MONAF), it is an important natural heritage site in the state of Tocantins, located within the Cerrado biome. This Conservation Unit (UC) is home to unique fossils of plants that lived during the Permian period. This research aimed to analyze the salinity of surface waters in the MONAF, located in the municipality of Filadélfia, in the state of Tocantins, Brazil, with emphasis on the hydrographic basins of the Bananeira and Ribeirão Grotão streams. The study sought to understand the natural and environmental factors that influence water quality and availability in the region, contributing to the identification of water storage alternatives during the dry season and to the evaluation of desalination technologies aimed at the sustainable use of water resources. The methodology was based on an integrated landscape analysis approach, considering natural elements and anthropogenic interferences. Cartographic data from SEPLAN (TO) and IBGE, Google Earth images, and the QGIS software were used to prepare maps and identify the hydrographic basins. Fieldwork included direct observations, photographic records, collection of water samples, and georeferenced points. Water quality was evaluated through the analysis of salinity, electrical conductivity, and total dissolved solids using a multiparameter meter, with measurements conducted both in the field and at the LABGESOL laboratory, following the classification established by CONAMA Resolution No. 357/2005. The results of the samples collected and analyzed in April and June 2025 in the Bananeira stream showed a variation between 394 and 662 mg/L of total dissolved solids (TDS). In the tributaries of the Grotão stream, the analyses carried out during the same months indicated a wider variation, ranging from 490 to 2,230 mg/L of TDS. The results indicated seasonal variations in the analyzed watercourses, with a reduction in water volume during the dry period and the presence of dissolved salts in different sampled points. It is concluded that salinity and water scarcity are mainly associated with geological characteristics, climatic conditions, and the environmental dynamics of the study area. The study highlights the importance of water storage strategies and the use of desalination technologies as alternatives to expand access to water during periods of drought.

Keywords: Water salinity, Hydrographic Basin, MONAF.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Localização da área de estudo.....	07
Figuras 2- (A) e (B) - Análise de salinidade em campo e em laboratório.....	13
Figura 3 - Área do MONAF e bacias hidrográficas Bananeira e Grotão.....	23
Figura 4 - Geologia da área de estudo.....	27
Figuras 5- (A) e (B) - Solos da bacia hidrográfica do córrego Bananeira.....	33
Figura 6- (A) e (B) - Mata ciliar do córrego Bananeira.....	35
Figura 7 - Pontos de coleta de água para determinação de salinidade.....	36
Figura 8- Alto curso do córrego Grotão na seca.....	37
Figuras 9 (A) e (B) - Preservação da mata ciliar do córrego Bananeira.....	38
Figuras 10 - Médio curso do córrego Bananeira.....	39
Figuras 11 - Médio curso do córrego Bananeira.....	40
Figura: 12- A em outubro e 12 B em abril do Baixo curso do córrego Bananeira.....	41
Figura 13 - Bacia do córrego Grotão.....	42
Figura 14 - Afluente do córrego Grotão.....	44
Figura 15 - Afluente do córrego Grotão.....	44
Figuras 16- (A) e (B) - leito do afluente do córrego Grotão em abril.....	45
Figuras 17-(A) e (B) - Afluente do córrego Brejão.....	46
Figura 18 - Afluente do córrego Grotão.....	47
Figura 19 - (A) e (B) - Afluentes do córrego Grotão.....	48
Figuras 19 - (A) e (B) - Afluente do córrego Grotão.....	48
Figuras 20 - (A) e (B) - Afluente do alto curso do córrego Grotão.....	49
Figura 21 - Captação da água da chuva.....	57
Figura 22- Cisterna de lona para captação de água da chuva.....	58
Figura 23 - Sistema de Dessalinização do Programa Água Doce.....	60
Figura 24 - Dessalinizado solar.....	61
Figura 25- Dessalinizado de pequena capacidade.....	62
Gráfico 01- Concentração de STD do córrego Bananeira.....	53
Gráfico 02- Concentração de STD/MG/L do Córrego Grotão.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da salinidade da água do córrego Bananeira.....	52
Tabela 2- Resultado da análise dos afluentes do córrego Grotão.....	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCA	Centro de Ciências Agrárias
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LABGESOL	Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Solos
MONAF	Monumento Natural das Árvores Fossilizadas
NATURATINS	Instituto Natureza do Tocantins
PPM	Partes por milhão
PPT	Partes por trilhão
SEPLAN	Secretaria de Planejamento
STD	Sólidos Totais Dissolvidos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	05
2. OBJETIVOS	10
3. METODOLOGIA	11
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
5. O MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS (MONAF).....	23
6. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO.....	26
7. CARACTERIZAÇÃO DA FORMAÇÃO SAMBAÍBA.....	29
8. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GROTÃO...	34
9. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BANANEIRA.....	42
10. ANÁLISE DA SALINIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO BANANEIRA E GROTÃO.....	51
11. TÉCNICAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO PERÍODO DE ESTIAGEM E TÉCNICAS DE DESSALINIZAÇÃO.....	56
12. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

O Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (MONAF) é um importante patrimônio natural do estado do Tocantins, inserido no bioma Cerrado. Esta Unidade de Conservação (UC) abriga fósseis de plantas que viveram cerca de 270 milhões de anos durante o período Permiano.

O MONAF contribui para a preservação da biodiversidade local, assim como os geológicos e pedológicos que contribuem para o entendimento da formação e da evolução do território, bem como a mudança que ocorreu no clima ao longo dos anos na região (Tocantins, 2005).

Destaca-se que a seca é um fenômeno climático que afeta diversas regiões brasileiras, bem como em algumas áreas no Tocantins, a falta de chuvas provoca a redução da umidade do ar e do solo, afetando diretamente a diminuição dos recursos hídricos e a perda da biodiversidade. A seca também traz graves consequências sociais e econômicas para as populações que vivem nessas áreas.

As estiagens são causadas por diversos fatores como o desmatamento, a má gestão dos recursos naturais e a variabilidade natural do clima e para conviver com esse problema é preciso adotar medidas como o uso racional da água, a conservação do ecossistema e o apoio das comunidades vulneráveis. Mattos, et. al (2020).

A escassez de água é um problema que afeta a população, a agricultura e o meio ambiente, o desafio é sensibilizar a população sobre a importância da preservação dos recursos hídricos, que são fundamentais para manter o ciclo hidrológico e a biodiversidade das regiões. Fonte?

O clima de uma determinada região é definido por uma combinação de fatores e características próprias, na região de Araguaína (TO), a qual a estação meteorológica no CCA (Centro de Ciências Agrárias), destaca que há uma variação de pluviosidade e temperatura com estações bem definidas (seca e chuvosa) e os elementos que o influenciam, como a variação de temperatura, umidade, precipitação e ventos, sendo determinantes nos meses de chuva e estiagem.

Em algumas regiões, além da escassez, também apresenta a concentração de salinidade em águas superficiais e subterrâneas, com relevância no envolvimento de vários fatores, como a formação geológica, que pode contribuir desde o escoamento da água como na infiltração. A salinidade é uma medida da quantidade

de sais dissolvidos que pode ser influenciada pelo tipo de rocha, clima, precipitação, evaporação e que pode estar presente não apenas na água, mas no solo se entrelaçando a fatores antrópicos e naturais. (Mattos, et. al. 2020.)

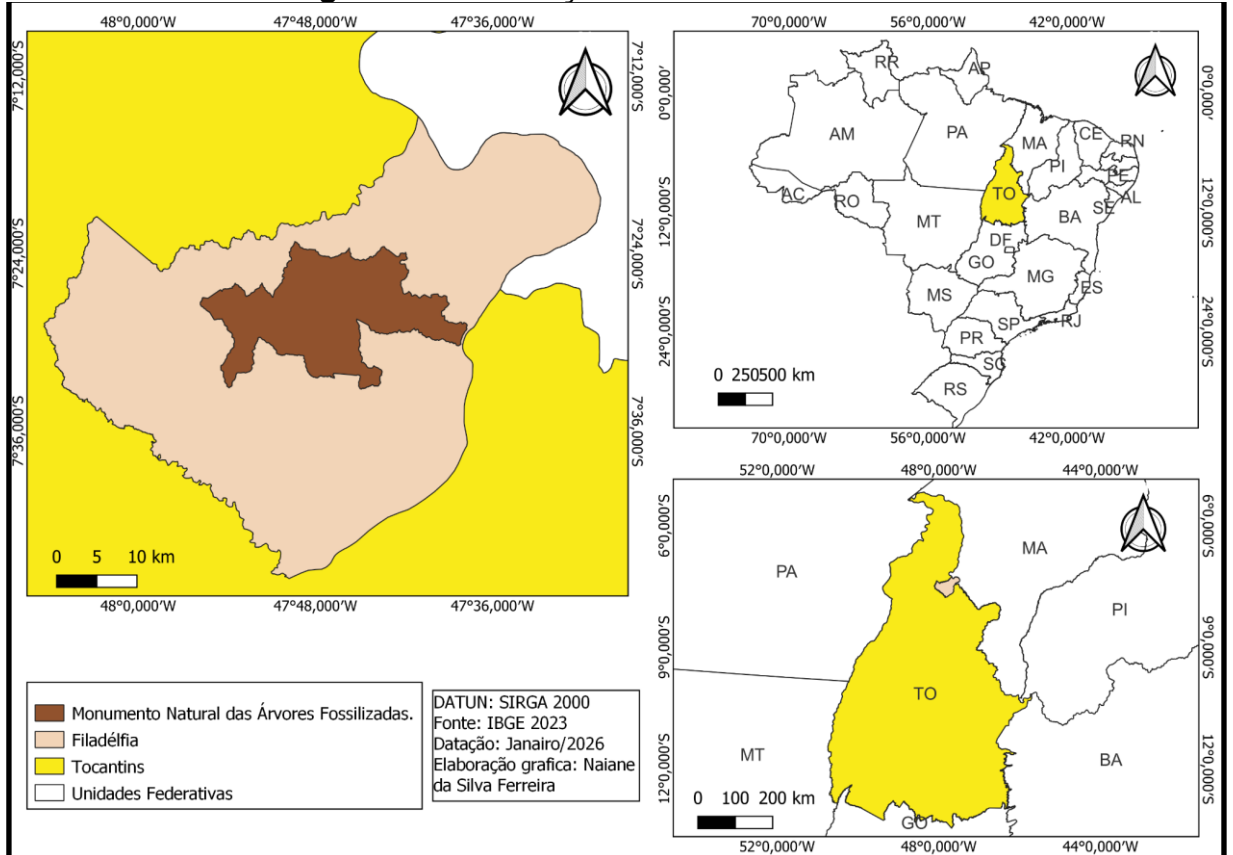
Na região norte do Brasil, o Tocantins se destaca como o estado mais jovem, visto que o município de Filadélfia pertence a esse estado e foi emancipado em 1948, quando ainda pertencia ao estado de Goiás. Em 1994, o distrito de Bielândia foi incorporado ao município de Filadélfia. Um fato a se destacar sobre a área é que em 2000 foi designado o Monumento Natural das Árvores Petrificadas (MONAF) de Bielândia, Filadelfia.

Filadélfia, cidade situada no norte do Tocantins exibe dados demográficos comuns em áreas de baixa densidade populacional e forte vínculo com o meio rural. Em 2022, o município tinha uma população de 7.712 habitantes, distribuídas em uma área de 1.99,258 km², o que resulta em uma densidade demográfica de cerca de 3,87 habitantes por km². Na Figura 1, visualiza-se a área do MONAF, importante área de conservação que protege as árvores fossilizadas e contribui para o conhecimento geológico e paleontológico da região.

O clima da região possui duas estações bem definidas, sendo uma com predomínio de chuvas, que se estende de outubro a maio, e o período de estiagem, de junho a setembro, afetando a disponibilidade e a qualidade da água no MONAF.

A escassez de água se refere à falta de água suficiente para satisfazer as necessidades humanas, agrícolas, industriais e ecológicas, podendo ser resultado de secas, estiagens ou má administração sendo um com a seca é um fenômeno climático persistente, marcado por irregularidades negativas na precipitação que perduram por meses ou até mesmo anos e impacta significativamente os ecossistemas, a agricultura, os recursos hídricos e a qualidade de vida humana, como consequência de processos naturais ou alterações climáticas conforme (Mattos, et. al. 2020).

Figura 1- Localização da área de estudo



Organização: FERREIRA, N.S. (2024)

A estiagem é um período sazonal e previsível com a diminuição das precipitações dentro do ciclo climático normal, frequente em áreas com estações secas claramente definidas, como é o caso do Cerrado, sendo que período de seca é transitório e faz parte do ciclo anual previsto (Mattos, et. al. 2020).

As nascentes são afloramentos de água pelo solo, logo os córregos possuem uma vazão inicial menor e alimentam os cursos de água de menor extensão, que geralmente são intermitentes ou sazonais, como acontece nos córregos Bananeira e Grotão, essas nascentes são mais suscetíveis às mudanças climáticas e ao uso da terra, secando com mais rapidez durante os períodos de seca.

No âmbito do MONAF, as nascentes dos córregos desempenham um papel fundamental na preservação da biodiversidade, na regulação do ciclo da água e na recarga dos aquíferos. Entretanto, a sensibilidade das nascentes de córregos às variações sazonais e à deterioração ambiental exige medidas prioritárias de preservação, como a proteção da vegetação ciliar, a regulamentação do uso da terra e o acompanhamento da qualidade da água.

Outro fator que interfere na qualidade da água é a salinidade, com a quantificação da concentração total de sais minerais dissolvidos, que predominantemente pode ser composta por íons como sódio, cálcio, magnésio, cloreto e sulfato, que geralmente, é expressa em partes por mil ou por meio da condutividade elétrica.

A primeira fase do trabalho concentrou-se na caracterização do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF), abordando sua localização geográfica, contexto histórico e importância ambiental. Descreveu-se os aspectos físicos da área, com ênfase nas características geológicas e hidrológicas, bem como a relevância do MONAF para a conservação do patrimônio natural e paleontológico, além disso, o tópico abordou o papel da unidade de conservação na proteção dos recursos naturais.

Realizou-se a caracterização geológica da Formação Pedra de Fogo, abordando sua origem, idade geológica e principais processos de formação. Abordou-se as litologias predominantes, estruturas sedimentares e a composição mineralógica, com destaque para a presença de registros fossilíferos e sua relevância científica. Além disso, o tópico aborda a relação entre as características geológicas da Formação Pedra de Fogo e os aspectos ambientais da área de estudo, considerando suas implicações para a dinâmica dos solos, e a disponibilidade de recursos hídricos.

No tópico caracterização da Formação Sambaíba, e sua idade geológica, os principais processos de formação, e serão descritas as litologias predominantes. Também realça a importância da Formação Sambaíba e especialmente sua influência sobre a dinâmica dos solos, assim como a infiltração e o armazenamento de água subterrânea, bem como sua relação com a hidrologia local e os aspectos ambientais da área de estudo.

Foi realizada a caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Bananeira, contemplando sua delimitação espacial, localização geográfica e principais características físicas. Serão abordados aspectos como relevo, rede de drenagem, uso e ocupação do solo, além das condições climáticas que influenciam a dinâmica hídrica da bacia. Também foi discutido a relação entre os elementos naturais e as atividades antrópicas, destacando suas implicações para a qualidade da água e a disponibilidade dos recursos hídricos.

Realizou-se a caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Grotão, considerando sua localização geográfica, delimitação espacial e principais aspectos físicos e ambientais, como o relevo, a rede de drenagem, as características do solo e o uso e ocupação do território, bem como as condições climáticas que influenciam o regime hídrico da bacia. Ademais, o tópico enfatizou a influência desses fatores na dinâmica dos recursos hídricos, com ênfase na disponibilidade e na qualidade da água, contribuindo para a compreensão dos processos naturais e antrópicos que afetam o funcionamento da bacia.

A análise da salinidade da água nos córregos Bananeira e Grotão, a partir da mensuração de parâmetros físico-químicos como salinidade, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos. As coletas e medições foram realizadas tanto em campo quanto em laboratório, permitindo a comparação dos resultados obtidos entre os dois ambientes. Os dados foram analisados de forma comparativa, visando identificar variações espaciais e possíveis influências das características geológicas, climáticas e do uso e ocupação do solo sobre os níveis de salinidade, contribuindo para a avaliação da qualidade da água e do uso sustentável dos recursos hídricos das bacias estudadas.

Abordaram-se as principais técnicas de armazenamento de água a serem utilizadas no período de estiagem, com destaque para métodos tradicionais e alternativas sustentáveis, como cisternas, barragens de pequeno porte e reservatórios comunitários. Além disso, apresenta-se as técnicas de dessalinização da água, considerando seus princípios de funcionamento, aplicações e limitações, especialmente em contextos de escassez hídrica e nível elevado da salinidade na água. O tópico também aborda a viabilidade dessas técnicas no contexto local da área de estudo, avaliando seu potencial para garantir o acesso à água de qualidade e contribuir para o uso sustentável dos recursos hídricos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Este trabalho tem como foco avaliar a salinidade e a escassez hídrica no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF) no município de Filadélfia, estado do Tocantins, com destaque para os córregos Bananeira e Grotão.

2.2. Específicos

- Caracterização ambiental da área de estudo e mapeamento dos cursos de água perenes e com salinidade.
- Analisar como os teores de salinidade influem na qualidade da água e do quadro de escassez na região.
- Propor as técnicas mais adequadas de armazenamento de água no período de estiagem na região e técnicas de dessalinização.

3. METODOLOGIA

A análise da paisagem da área de estudo no MONAF desenvolveu-se a partir de uma abordagem integrada, considerando os elementos naturais e as interferências antrópicas. Visto que a interpretação dos aspectos físicos da paisagem, como relevo, cobertura vegetal, hidrografia, solos e formações geológicas, busca-se compreender a dinâmica ambiental da área de estudo

Na identificação e caracterização dos aspectos geológicos e geomorfológicos no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF), por meio do uso de trabalhos técnicos que são abordados de forma geral na SEPLAN (2005) e do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF) de 2005.

Posteriormente, para a elaboração do mapa de localização da área de estudo, das bacias hidrográficas e cursos de água perenes e temporários, uso da terra e cobertura vegetal, será utilizado o programa QGIS 3.3.0, tendo os dados vetoriais como pontos, linhas e polígonos coletados nos bancos de dados digitais gerenciados pela Secretaria da Fazenda e Planejamento do Tocantins (SEPLAN) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

As imagens fornecidas pelo programa Google Earth foram utilizadas para identificar e demarcar as principais bacias hidrográficas relevantes para o estudo, associadas aos córregos Bananeira e Ribeirão Grotão, sendo locais de coleta e análise da água.

Realizou-se o reconhecimento da área de pesquisa com o objetivo de identificar os principais elementos que compõem a paisagem. Nessa etapa, foram efetuadas observações diretas, registros fotográficos, coletas de pontos georreferenciados e anotações em caderno de campo, possibilitando a identificação das características do relevo, da cobertura vegetal, da rede hidrográfica, dos solos e das formações geológicas.

Na bacia do córrego Bananeira, o foco da análise é determinar a variação da salinização da água, levando em conta os elementos naturais. Na bacia do córrego Grotão, o estudo buscou entender os fatores que causam a intermitência dos fluxos, analisando a conexão entre a dinâmica hidrológica e as condições climáticas e geológicas. Entretanto nas duas bacias será avaliada a influência da presença e das atividades humanas, analisando como o uso e a ocupação da terra impactam a disponibilidade e a qualidade da água.

Através da pesquisa em campo nas estações seca e chuvosa, buscou-se detalhes geológicos e pedológicos, bem como análise das características do uso da terra, tipo de vegetação e os impactos ambientais como: desmatamento e queimadas, práticas agrícolas inadequadas em torno dos cursos dos córregos para determinar os fatores que influem na salinidade e escassez.

Para o levantamento e determinação dos pontos a serem analisados foram utilizadas as imagens orbitais do programa Google Earth e suas coordenadas em campo determinadas como o uso do GPS Garmin-hcx e programa de geolocalização Locus Map.

Para determinar os parâmetros de salinidade será usado o medidor multiparâmetro AK 88, V2 da marca AKSD. A escassez será acompanhada em campo pelo técnico do Naturatins por se tratar de uma unidade de conservação.

A salinidade da água pode ser classificada de acordo com a concentração de sais dissolvidos, para determinar os parâmetros de salinidade no Brasil usa se a resolução do conama nº357 (Conama,2005), que adota a seguinte classificação:

- **Água doce:** apresenta salinidade igual a 0,05% ou menos de 500 mg/L sendo geralmente própria para consumo humano, irrigação e usos domésticos.
- **Água salobra:** apresentam salinidade superior a 0,05% e inferior a 3,0% ou entre 500 mg/L e 30.000 mg/L
- **Água salina:** apresenta salinidade igual ou superior a 3,0% ou acima de 30.000 mg/L

A análise da salinidade da água realizou-se em dois locais distintos, determinando os parâmetros da Salinidade e Condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos, sendo um em campo e outro em laboratório. Os recipientes utilizados para armazenar a água e transportar até o Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Solos (LABGESOL) foram frascos virgens, sendo identificados com cada ponto da coleta, garantindo assim a rastreabilidade das informações durante a coleta.

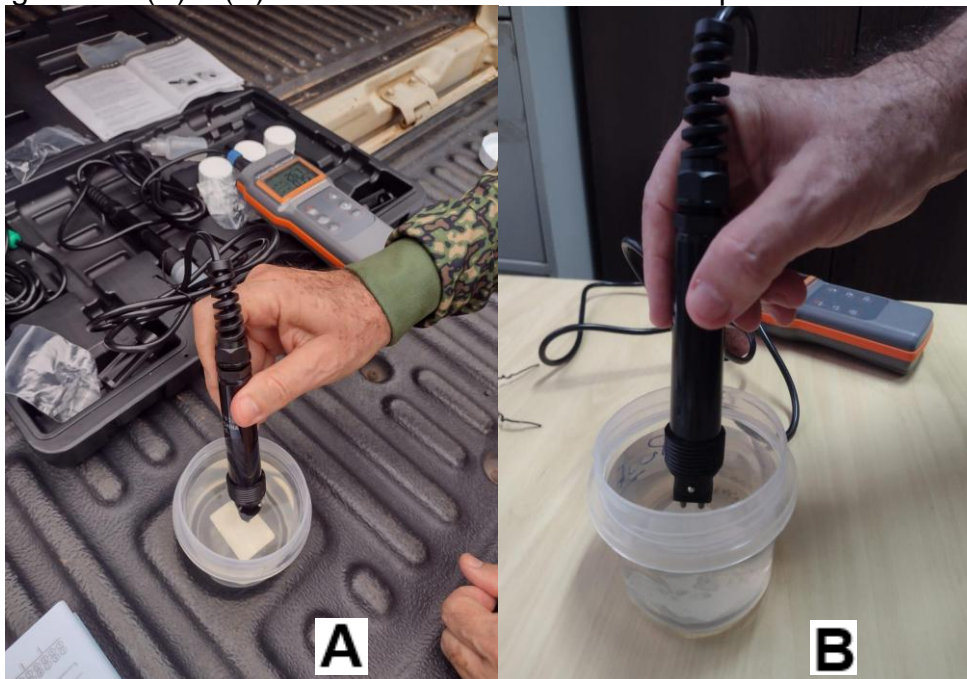
O procedimento de medição e avaliação da qualidade da água, particularmente a análise de parâmetros como Salinidade (PPT), Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e Sólidos Totais Dissolvidos (PPM) ocorreu em campo e em laboratório. Esses parâmetros permitem identificar possíveis alterações na composição da água, subsidiando a avaliação de sua disponibilidade, adequação

para diferentes usos e o planejamento de estratégias voltadas à gestão e ao uso sustentável dos recursos hídricos.

A Figura 02 (A) demonstra o procedimento realizado no campo sobre a carroceria de um veículo com o uso de um equipamento portátil que inclui um medidor digital e uma sonda específica. A coleta é realizada em um recipiente plástico que contém uma amostra de água retirada no centro do ponto monitorado, o que possibilita a obtenção de dados imediatos e contribui para um diagnóstico rápido.

Na Figura 02 (B) o mesmo tipo de análise é conduzido em ambiente de laboratório, onde a sonda é imersa em amostra coletada e armazenada em recipiente rotulado, esse procedimento em condições controladas garante a precisão e confiabilidade nos resultados, pois reduz interferências ambientais, como variações de temperatura ou contaminações externas.

Figuras 02 (A) e (B) - Análise de salinidade em campo e em laboratório



Fonte: FERREIRA.N.S (2025)

Evidenciar a importância de combinar medições em campo que fornecem informações instantâneas sobre a qualidade da água com análises laboratoriais, que permitem a validação e complementação dos dados, fortalecendo o monitoramento, visto que não houve diferenças entre o entre as medições de campo e laboratório.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Brito et al. (2003) realçam a concentração da salinidade em águas superficiais e subterrânea com formação geológica e predominância de calcita e clorita que podem influenciar na qualidade das águas subterrâneas, sendo os mais extensos os cambissolos e latossolos no contexto das águas superficiais, a partir da transportação de sedimento através da irrigação com substâncias químicas.

Pereira et al (2006) chama a atenção para o método de armazenamento no semiárido nordestino Brasileiro, com grandes reservatórios com capacidade em abastecer a população fora do período chuvoso, pois a seca castiga a região em longas estiagens. Tendo como os açudes o meio de armazenar água, que são utilizados pela população e animais na região. Cientistas ampliam os experimentos para tornar o método mais eficaz para melhorar o tipo de armazenamento da água e sua qualidade diante dos efeitos ambientais ali presentes.

No decorrer do trabalho Pereira et al (2006) enfatizam o meio de armazenamento de água através de açudes, represas, cacimbas durante a estiagem, possibilitando uma renovação desse armazenamento no período chuvoso. Mas não significa ter água de qualidade durante todo o ano, para o consumo humano e agrícola.

Pereira et al (2006) afirma que há maior concentração de sal em água durante a estiagem, quando os reservatórios mostram baixo índice na capacidade de armazenamento, tendo em vista do tipo de solo, altas temperaturas e longo período sem chuva, embora os reservatórios subterrâneos possuam menos interferência no processo de evaporação e alteração na água armazenada, sendo eficiente para o uso das pessoas.

Pereira et al (2006) alegam que os processos de salinização estão interligados aos fatores determinantes, como lixiviação, evaporação e variação de fatores ambientais na região, deixando a população vulnerável, diante da escassez e águas com um solo degradado, porém deve se adequar com o manuseio na área

Costa et al (2011) ressaltam a predominância da formação geológica e seus minerais associam a qualidade do solo e da água na região, respectivamente na qualificação para o consumo ou irrigação, denominando as fontes hídricas, com seus respectivos fatores de evapotranspiração e precipitação perante as temperaturas na região.

Alves et al (2012) alegam dois métodos de armazenamento com eficácia de água das chuvas, sendo as fontes utilizadas em região pouco chuvosa, esses métodos usados há mais de mil anos, porém há pouco investimento pelas empresas privadas, como a construção das barragens subterrâneas e superficiais, açudes, cisternas e poços amazônicos.

Alves et al (2012), afirma que a técnica de captação de água da chuva é viável para o abastecimento da população independente de sua renda, mas que depende do tratamento dessa água potável para o consumo. Cada tipo de armazenamento requer atenção para a qualidade da água e cada método de armazenamento, seja em grande ou pequena escala, pode apresentar grandes ou pequenos riscos ao meio ambiente.

Machado; Souza et al (2018) demonstram a importância de conhecer as características, de uma unidade de conservação como o MONAF, sendo possível observamos registros da era Paleozóica, Período Permiano, como função no domínio de um passado ainda presente em registros na região, deste modo, possibilitando através de rotas turísticas a observação de grandes áreas de rochas sedimentar marinha.

A história geológica traçada no distrito de Bielândia no município de Filadélfia, norte do Tocantins, no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF). Nesta unidade de conservação pode se encontrar árvores fossilizadas de ambiente marinho como samambaias e palmeiras (*Psaronius*), presente na área de Formação Pedra de Fogo e outra Formação na área são os arenitos Sambaíba formando chapadas, sendo uma das maiores concentrações de árvores fossilizadas. Machado; Souza (2018)

A salinidade conforme Brady et al. (2013) realça que os afloramentos salinos são fascinantes, onde expõe-se a trajetória geológica e biológica do planeta. As formações desses depósitos ao longo de milhões de anos e sua manutenção até os dias atuais são exemplos da evolução da Terra e dos organismos desses locais, podem conter fósseis valiosos que nos auxiliam na reconstrução do passado e na compreensão mais aprofundada de como a vida ocorreu em diferentes períodos geológicos.

Os solos se destacam com características distintas conforme Brady et al. (2013), os solos salinos são desafios significativos para a agricultura devido às altas

concentrações de sais solúveis, especialmente de cálcio, magnésio, podem afetar a estrutura do solo, reduzindo sua capacidade de reter água e dificultando a absorção de nutrientes pelas plantas. Os solos salinos-sódicos são caracterizados pelas altas concentrações de sais solúveis, sobretudo sódio trocável. Esses solos são comuns em regiões áridas e semiáridas, onde a evaporação supera a precipitação, o que leva à acumulação de sais na superfície do solo.

Brady et al. (2013) também chamam atenção para os solos sódicos que representam de fato um desafio significativo para a agricultura, especialmente em regiões áridas e semiáridas onde a salinização é comum, onde esses solos têm um pH elevado, muitas vezes acima de 8,5, e uma alta concentração de sódio trocável, o que pode afetar drasticamente a estrutura do solo impedindo a infiltração.

A geologia de cada região desempenha um papel importante, pois a presença de minerais solúveis no solo pode contribuir para a salinidade natural dos corpos d'água principalmente em regiões áridas e semiáridas. As atividades humanas são agentes influenciadores, como o uso integral de irrigação excessiva inadequada, também podem contribuir significativamente para a salinização secundária, uma vez que a água utilizada na irrigação pode conter sais sendo depositados no solo, à medida que a água evapora esses minerais no solo, como aborda Berger (2018).

“In semiarid and arid regions, rivers and streams are often naturally saline owing to underlying geology and high evaporation; however, irrigation agriculture is one of the main causes of secondary, i.e. anthropogenic, salinization” (Berger et al, 2018, p.01).

A baixa pluviosidade de determinadas regiões pode contribuir para a acumulação de sais no solo e rios, afetando a biodiversidade local, sendo um fenômeno influenciado por uma combinação de fatores naturais e humanos. Após esses ressaltos, pode-se salientar que a utilização dos recursos hídricos, feita de forma consciente, é crucial para assegurar a sustentabilidade hídrica do país, que enfrenta desafios significativos devido a fatores como o crescimento populacional.

A expansão agrícola e industrial são agentes influenciadores no efeito das mudanças climáticas causados pelo ser humano, porém o incentivo na educação ambiental para compreender o real significado da importância que é os recursos hídricos, se torna fundamental para a população mundial e particularmente a brasileira, por habitar em um dos Países com maior reservatório de água doce, mesmo assim há regiões afetadas com a escassez de água, (Andrade, 2016).

A conexão entre a sociedade e a natureza é o domínio operacional para os esforços geográficos humanos, pois é através da compreensão da natureza que os indivíduos têm uma ideia da sua própria existência assim a realização mútua da humanidade e do mundo natural segundo Teixeira (2010).

A água se move em um ciclo sendo evaporação dos rios, lagos entre outros, condensação quando as nuvens se considera carregadas, precipitação quando ocorre as chuvas, infiltração quando a água penetra no solo e transpiração que ocorre pelas plantas e pelos ser humano entre outros, este ciclo está sempre interligados, porém a população já desenvolveram meios como a capacidade tecnológica para captá-la e gerenciar, usando a água em um dos estados encontrado neste ciclo hidrológico, para o próprio consumo, principalmente em locais que enfrenta a escassez de água, segundo (Ribeiro et. al 2019).

A questão que está sendo debatida constantemente é o crescimento da escassez de água, que pode ser atribuída a fatores, como a crescimento da procura de água devido ao aumento do consumo humano e a disponibilidade causada por alterações climáticas tornando a procura por tecnologias para conviver com a escassez de água, que deve ser debatida na sociedade já que todos depende da água para sua existência, (Castro et.al, 2010).

Como enfatiza Andrade (2016) a utilização dos recursos hídricos, feita de forma consciente, é crucial para assegurar a sustentabilidade hídrica do país, que enfrenta desafios significativos devido a fatores como o crescimento populacional, a expansão agrícola e industrial e acarretando o efeito das mudanças climáticas causadas pelo ser humano.

Porém o incentivo na educação ambiental para compreender o real significado da importância que é os recursos hídricos, se torna fundamental para a população mundial e particularmente a Brasileira, por habitar em um dos países com maior reservatório de água doce, mesmo assim há regiões afetadas com a escassez de água Andrade (2016).

Vale destacar que a formação geológica de cada região desempenha um papel importante, pois a presença de minerais solúveis no solo pode contribuir para a alteração dos minerais presentes nos corpos d'água principalmente em regiões áridas e semiáridas Andrade (2016).

As atividades humanas são agentes influenciadores, como o uso integral de irrigação excessiva inadequada, também podem contribuir significativamente para essa escassez, uma vez que a água utilizada na irrigação pode conter diferentes tipos de minerais sendo depositados no solo, à medida que a água evapora esses minerais penetram no solo, que dependendo da quantidade de água pode causar a falta dela em lagos, rios ou independentemente de onde ele seja retirado de forma inadequada segundo Andrade (2016).

Não apenas a ação humana é um agente diretamente influenciador da salinização de córregos e rios, porém o meio ambiente com suas alterações no clima se tornou relevante em aspecto de alterações de minerais presente tanto em solo como em água e como o clima está em constante mudança é relevante que essas alterações sejam percebidas constantemente como salienta Cañedo-Argüelles (2012)

Salinity refers to the total concentration of dissolved inorganic ions in water or soil (Williams and Sherwood, 1994) and is therefore a component of all natural waters. Dissolved ions can be also expressed as the ionic activity of a solution in terms of its capacity to transmit electrical current electrical conductivity (EC), measured in Siemens per meter. Cañedo-Argüelles et al, 2012, p.157.

Quando referimos a salinização, Cañedo-Argüelles (2012) aborda que os sais minerais são elementos presente em toda água, seja em rios, lagos ou até mesmo em águas subterrâneas, entre outros, porém o problema se torna agravante para a população quando os sais em altor teor alterando os organismos que ali habita, quando a capacidade das correntes elétricas são importante para os componentes presentes na água e passa a transitar entre os seres vivos nesse tipo de água se torna influente nos microrganismos que eles se alimentam.

Cañedo- Argüelles (2012) salienta:

Freshwater organisms need to maintain an internal osmotic pressure relative to the media in which they live. This means that their internal 'salinity' is greater than the external salinity and they must expend energy to maintain ions in their bodies and exclude water. If the salinity of the external water becomes higher than the internal salinity, they will have to either cope with a higher internal salinity (osmoconformer) or spend energy to expel ions and keep water (M. Cañedo-Argüelles et al, 2012, p.159).

Cañedo- Argüelles (2012) destacam ao longo do trabalho que a capacidade de vida de seres aquáticos ou que habita em regiões salina, tem o nível de adaptar aos organismos, seja as plantas que são irrigadas ou os animais, onde terão que

desenvolver uma capacidade de sobrevivência nesses determinados locais, com a salinidade interna em seus corpos. Já com a salinidade da água subterrânea os reservatórios, como os poços, se tornam mais concentrados pelo simples fato que não ocorre evaporação e menos influência da água da chuva.

M. Cañedo-Argüelles et al (2012) reforçam a ideia, com as mudanças climáticas ainda há uma necessidade em aprofundar estudos dos impactos da salinidade presente em rios, o quanto pode custar para fazer o tratamento em nível de expor ao consumo, compreender se o custo econômico é feito pela sociedade local ou é direito dos governantes fazer esses investimentos, já que os impactos são biológicos e ecológicos.

Andrade et al (2024) realçam que a indisponibilidade da água é notável nas características distintas, e como a população se adequa a técnicas disponíveis no uso de armazenar água diante das necessidades, seja para o consumo, agricultura, agropecuária, entre outras. As técnicas para o armazenamento de água são consideradas eficazes para captar, conservar e armazenar durante o período de chuvas, para o uso futuro em locais que convivem com a falta de água.

As técnicas de armazenamento se tornaram fundamentais para ter água disponível principalmente em períodos secos ou de baixa precipitação, considerando as características geológicas e climatológicas de cada local, que deve ser analisada antes de ser construído qualquer método de armazenamento. Um fator essencial dos planos orçamentários na construção, seja para o armazenamento de água, seja em grande escala ou em pequena escala, assim como em comunidades rurais onde mais difícil o acesso quando lança o olhar para o nordeste brasileiros sendo uma referência nessas técnicas, Andrade, et al (2024).

Andrade et al (2024) enfatizam que a construção de açudes artificiais é uma técnica milenar, essencial para a gestão de recursos hídricos, especialmente em regiões com escassez de água, no Brasil. A região Nordeste se destaca pela quantidade de açudes, que desempenham um papel vital no abastecimento de água para agricultura, indústria e consumo humano. Existem diversos tipos de barramentos utilizados na construção de açudes, como o de concreto, gravidade, arco, aterro, cada um adequado a diferentes condições geográficas e hidrológicas.

Para construir um açude seja de grade ou de pequena vazão é fundamental a escolha do tipo de açude que se adequa ao tipo da necessidade, sendo que

depende de vários fatores importantes, tais como: considerar os impactos ambientais e sociais da construção de um açude, planejar cuidadosamente para evitar desastres e garantir que o projeto sustentável agredindo ao mínimo o meio ambiente, são projetos que deve conter quantas pessoas serão beneficiadas, Andrade, et al (2024).

As principais técnicas de armazenamento de água mais utilizadas em locais com escassez hídrica são construção de açudes, poços artesianos ou amazônicos, construção de cisternas de pequenas e de grande porte, sendo crucial durante a estação seca. As cisternas de pequeno porte para atender a demanda domésticas das casas e as de grande porte utilizadas para demandas de irrigação, sendo água da chuva usada nesses reservatórios.

Andrade (2019) enfatizam que nas informações, nota-se que a dessalinização é uma opção estratégica para áreas afetadas pela falta de água, mesmo que exija investimentos significativos tanto na instalação quanto na manutenção desses sistemas. Projetos de grande magnitude, como o da CAGECE no Ceará, requerem investimentos na casa das centenas de milhões de reais, ao passo que sistemas de menor escala no semiárido necessitam de investimentos unitários consideráveis para a sua operação sustentável.

Silveira et al. (2015), enfatizam que a distinção entre água doce e água salobra se dá principalmente pela concentração de sais dissolvidos, sendo a água doce, a que apresenta salinidade geralmente inferior a 0,5‰, é oriunda de fontes como rios, lagos, nascentes, aquíferos subterrâneos e precipitações, tornando-se mais adequada para o uso humano, assim como para práticas agrícolas e industriais.

Por outro lado, a água salobra contém uma quantidade de sais que varia entre 0,5‰ e 30‰, sendo encontrada em estuários, regiões de manguezais e alguns reservatórios subterrâneos próximos ao mar, o que a torna menos adequada para utilização direta sem tratamento prévio (Silveira, et al. 2015).

De acordo com estes pesquisadores, essa variação na salinidade não só determina a categorização das águas, como também impacta a composição química, a ocorrência de organismos adaptados a cada categoria e as maneiras de aproveitamento pelos seres humanos, portanto, entender essas características é fundamental para a administração e conservação dos recursos hídricos.

Um aspecto importante ligado à Formação Pedra de Fogo é a sua conexão com a salinização das águas superficiais e subterrâneas, esse fenômeno resulta de diversos fatores, como a dissolução de minerais presentes no arenito que pode liberar sais na água.

Além disso, a elevada taxa de evaporação durante a estação seca pode concentrar os sais nos cursos d'águas intermitentes, como os córregos Bananeira e Grotão, porém outro fator a ser considerado é a intensa lixiviação nos solos que facilita o transporte de elementos químicos para camadas mais profundas, assim afetando até mesmo a qualidade da água subterrânea.

Colocar na caracterização da área de estudo SEPLAN (2004) aponta que os solos oriundos da Formação Sambaíba possuem uma fertilidade natural limitada, o que restringe o desenvolvimento de uma vegetação densa e favorece a presença de espécies que se adaptam a condições áridas e à escassez de nutrientes, entre os tipos de solos mais comuns nessa região, destacam-se os Neossolos Quartzarênicos e os Latossolos amarelos.

SEPLAN (2004) Os Neossolos Quartzarênicos resultantes da transformação dos arenitos da Formação Sambaíba são solos caracterizados por sua textura arenosa e alta permeabilidade, essa combinação favorece a infiltração da água, mas, ao mesmo tempo, limita a capacidade de retenção hídrica (ver detalhe das laterita), como consequência, em algumas áreas do MONAF, essa condição contribui para a escassez de água, uma vez que a água se infiltra rapidamente, tornando-se difícil sua disponibilidade na superfície.

Os Latossolos formados por longos processos de intemperismo possuem uma profundidade significativa e uma boa capacidade de retenção de umidade, no entanto, enfrentam o desafio da lixiviação intensa de nutrientes, o que os torna naturalmente ácidos e com baixa fertilidade.

Brady (2013) aponta que os Plintossolos são solos que contêm plintita, uma substância rica em ferro e alumínio, capaz de endurecer de maneira irreversível quando exposta a ciclos de umedecimento e secagem, essa propriedade torna o uso agrícola desafiador, uma vez que o solo pode se tornar extremamente rígido, dificultando o desenvolvimento das raízes e a absorção de água.

Os solos em questão apresentam uma fertilidade natural reduzida, sendo mais adequados para pastagens e reflorestamento do que para a agricultura

intensiva, porém esses tipos de solo são frequentemente encontrados em regiões tropicais úmidas, como a Amazônia e o Cerrado, onde o nível do lençol freático pode variar consideravelmente provocando essas eventuais mudanças.

Pode-se destacar que a quantidade de argila, nos solos podem ser classificados em duas categorias: os Plintossolos Argilúvicos, que possuem um maior teor de argila e apresentam drenagem deficiente, e os Plintossolos Háplicos, que têm um teor de argila menor e uma drenagem um pouco mais eficiente.

Brady (2013) indica que os Cambissolos são solos jovens e em estágio inicial de desenvolvimento, caracterizados por um horizonte B ainda em formação, sua formação resulta do intemperismo inicial de rochas e são frequentemente encontrados em áreas de relevo acidentado, como encostas de morros e serras. Esses solos apresentam boa drenagem e sua fertilidade pode variar consideravelmente, sendo, em muitos casos, mais produtivos do que os Plintossolos, especialmente quando derivam de rochas ricas em minerais.

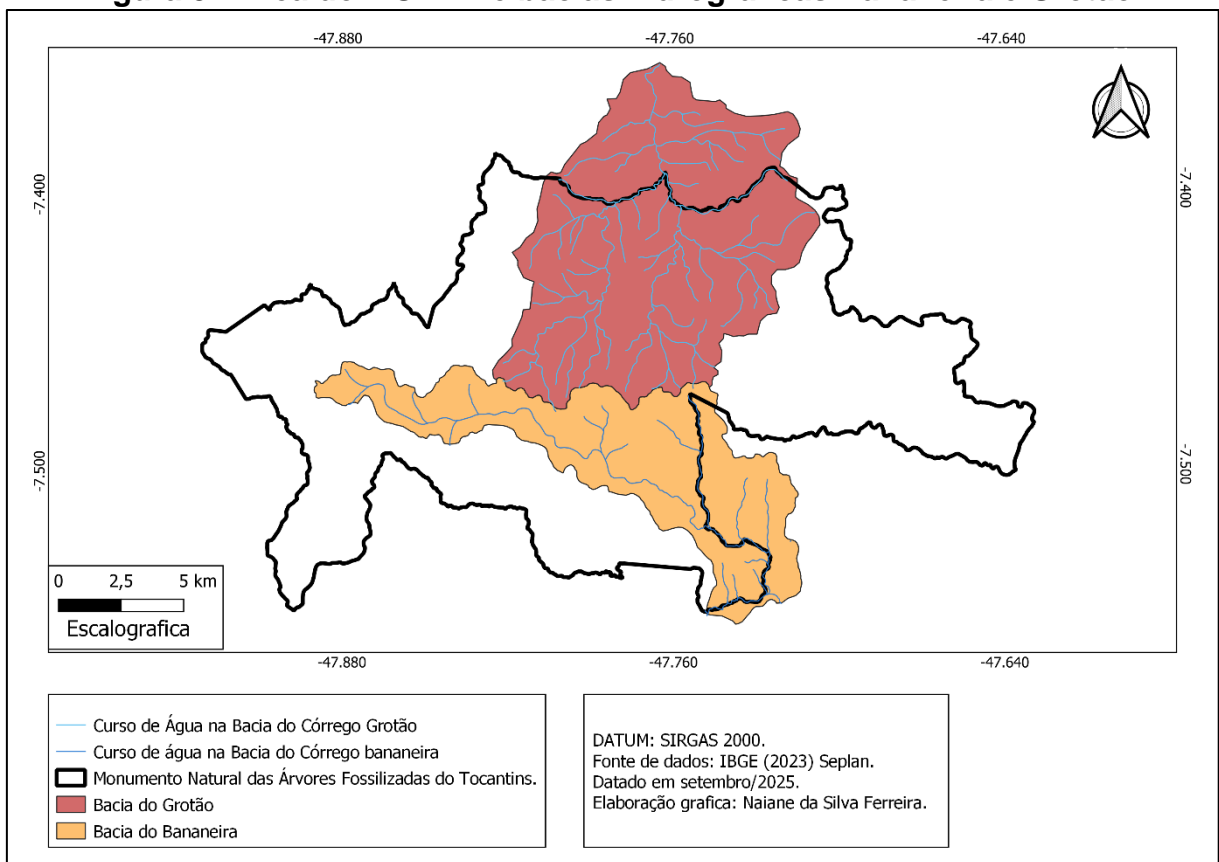
No entanto, por estarem localizados em áreas inclinadas, os Cambissolos estão mais vulneráveis à erosão, o que demanda a adoção de técnicas conservacionistas para seu manejo, como as curvas de nível e o terraceamento, esses solos podem ser classificados em diferentes tipos, sendo o Cambissolo Háplico aquele que não apresenta um acúmulo significativo de argila, enquanto o Cambissolo ta Eutrófico se destaca por sua maior fertilidade, resultado da presença de minerais no material de origem.

Embora os Plintossolos ofereçam desafios à agricultura devido à presença de plintita e à sua baixa fertilidade, os Cambissolos, mesmo sendo jovens e vulneráveis à erosão, têm potencial para serem mais férteis e podem ser utilizados para cultivos, desde que recebam o manejo adequado.

5. O MONUMENTO NATURAL DAS ÁRVORES FOSSILIZADAS (MONAF)

A Figura 03 ilustra a área do MONAF e as delimitações das bacias hidrográficas selecionadas a dos córregos Grotão e Bananeira no MONAF, nota-se que ambas as bacias estão integradas em um mesmo cenário geológico e geomorfológico, porém ocupam zonas de drenagem distintas. A bacia do Córrego Grotão, indicada em vermelho, está localizada ao norte da área de estudo, enquanto a bacia do Córrego Bananeira em laranja está localizada ao sul.

Figura 3 - Área do MONAF e bacias hidrográficas Bananeira e Grotão



Fonte: Ferreira. S.N. (2025)

As bacias hidrográficas demonstram uma configuração com padrão de drenagem detrítica, tendo o Grotão tem um leito mais amplo e ramificado, destacando-se como um afluente significativo que absorve mais água superficial, diferente do Bananeira que possui uma rede de drenagem mais restrita, com canais mais concentrados.

Destaca-se que um segmento considerável das duas bacias que encontra dentro dos limites do MONAF, enfatizando a importância do local para a

conservação e preservação dos recursos hídricos e para a defesa do meio ambiente. A conexão entre as áreas de drenagem e a área protegida ressalta a relevância de monitorar a salinidade, a qualidade da água e o uso do solo, pois esses fatores podem impactar diretamente o equilíbrio ecológico da unidade de conservação.

Conforme mencionado por Tocantins (2005), as áreas de conservação têm como finalidade de preservar a biodiversidade, proteger os recursos naturais, fomentar a pesquisa científica, promover a educação ambiental e incentivar o turismo sustentável, essas regiões desempenham uma função crucial na conservação dos ecossistemas e na preservação dos serviços ambientais que suportam variados biomas.

O Monumento Natural das Árvores Fossilizadas pertence ao bioma Cerrado e é considerado uma unidade de conservação essencial para a proteção de um patrimônio paleontológico único, as árvores petrificadas, que se formaram há aproximadamente 250 milhões de anos, durante o período Cretáceo. Esses fósseis são importantes marcos da evolução geológica e biológica da área, sendo preservados, tanto para estudos científicos quanto para o turismo, contribuindo assim para a preservação da história natural (Tocantins, 2005).

De acordo com Tocantins (2005), a região que se localiza o Monumento Natural das Árvores Fossilizadas possui uma vegetação, formada por espécies que se adaptam às particularidades do solo e do clima da área, logo o acesso ao MONAF é gerido pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), que visa garantir a proteção do patrimônio natural e a segurança dos visitantes.

A falta de água se torna um problema em algumas áreas do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas, especialmente em períodos de seca prolongada. O Cerrado, onde o monumento está situado, é conhecido por ter as estações bem definidas, com uma estação chuvosa e outra de seca, sendo na estação seca que ocorre entre maio e setembro período em que os recursos hídricos se tornam mais escassos, destacou Tocantins (2005).

As unidades de conservação foram criadas com embasamento da lei nº 9.985, de 18 de julho de 2.000 (Brasil, 2.000). Esta lei estabelece os critérios para uma área se consolidar em UC, aspectos como conservação da biodiversidade, a proteção de ecossistemas frágeis, a manutenção dos serviços ambientais, a

preservação do patrimônio natural e cultural, bem como a promoção do uso sustentável dos recursos naturais, onde a presença humana conta com a proteção e preservação dos recursos naturais, com base no plano de manejo, criado com as características próprias de cada UC, assim compreendendo os procedimentos no manejo humano.

Os planos de manejo facilitam a compreensão dos critérios sustentáveis utilizados na padronização das unidades de conservação nacional e internacional, sendo diretrizes estabelecidas na gestão. A implementação reflete nas mudanças do meio ambiente, com desafios desde o processo de elaboração até ser colocado em prática, no entanto a sustentabilidade ambiental é debatida em escala internacional, para a compreensão de como a conservação dos biomas se estabelece dentro dos parâmetros mundiais diante com aquecimento global, Segundo (Barros et al. 2018).

O plano de manejo das Unidades de Conservação brasileira instituiu-se em 1979, destacando categorias no gerenciamento como os administrativos, políticos, econômicos, manejo com a população, auxiliado com técnicas dentre as características ambientais, como os fatores abióticos: geologia, geomorfologia, clima, hidrografia e solos (Tocantins, 2005).

Na caracterização natural destaca-se a Fauna e a Flora, assim como os aspectos culturais e históricos, a descrição da Arqueologia e Paleontologia, cada um desses termos deve ser detalhado em um plano de manejo, segundo Tocantins (2005).

6. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA FORMAÇÃO PEDRA DE FOGO

Constituída por rochas sedimentares, a Formação Pedra de Fogo tem grande impacto na qualidade das águas de superfícies e subterrâneas na região, sendo vista como a principal causa das concentrações de salinidade observados no ambiente. Visto que tanto as nascentes quanto as águas subterrâneas possuem características físico-químicas ligadas à composição geológica da Pedra de Fogo tornado sua análise fundamental para compreender ambiente, em um gerenciamento dos recursos hídricos e um planejamento de tecnologias de dessalinização e armazenamento que se adaptem às condições da região segundo Araújo (2015).

A região em que insere o MONAF é constituída por formações geológicas sedimentares, em específico a Pedra de Fogo, destacadas na Figura 4 predominantemente datadas da era paleozóica, os solos presentes na bacia são majoritariamente classificados como Neossolos quartzarênicos e Gleissolos melânico, caracterizando-se por uma baixa fertilidade natural e baixa infiltração, fatores que exercem influência significativa na disponibilidade hídrica.

A Formação Pedra de Fogo destaca-se como uma das principais estruturas geológicas da Bacia do Parnaíba, desempenhando um papel vital na análise do cenário geológico e paleoambiental do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas (MONAF). Datada do Permiano Inferior, essa formação sedimentar apresenta uma diversidade de litologias, como siltitos carbonáticos, calcários, arenitos com fósseis, folhelhos e silexites. SEPLAN (1999).

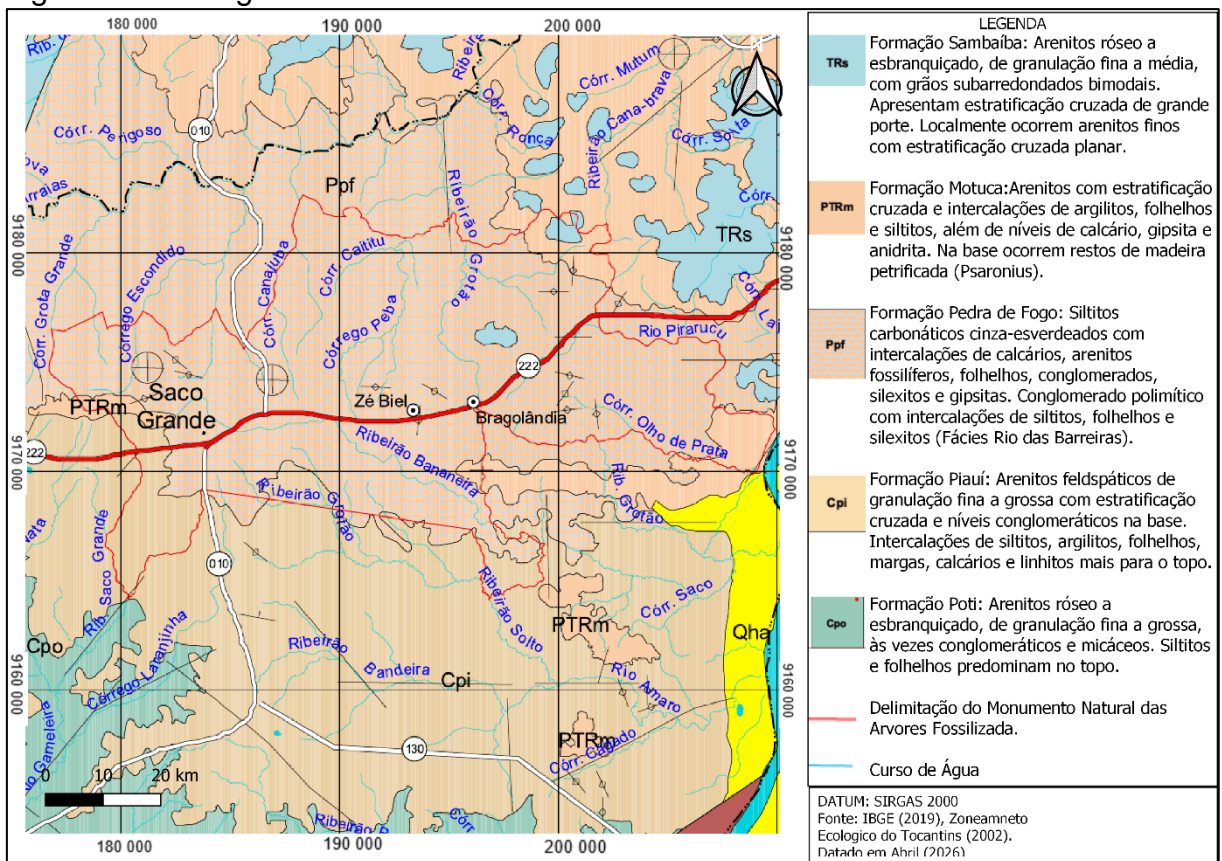
Araújo (2015) destaca que essa formação é essencialmente relevante devido à conservação de fósseis de árvores petrificadas, que oferecem registros relevantes da flora paleozóica da área. Ademais, a interação entre a litologia da Formação Pedra de Fogo e os cursos d'água afeta diretamente a qualidade na superfície e no subsolo do monumento, particularmente no que diz respeito aos processos de salinização.

SEPLAN (1999) enfatiza que a Formação Pedra de Fogo exibe uma variedade de litologias que espalham distintas condições de deposição ao longo de sua trajetória geológica com suas características principais, como o ssiltitos carbonáticos e folhelhos que são produtos de ambientes lacustres e marinhos rasos

de serem encontrados, com propícios para a deposição de sedimentos finos durante seu processo de formação.

Siltitos carbonáticos e folhelhos, provêm de ambientes lacustres e marinhos rasos de energia reduzida, propícios para a formação de sedimentos finos, calcários e silexitos, que representam processos químicos de precipitação e silicificação, essenciais para a criação de fósseis de árvores petrifica.

Figura 4 - Geologia da área de estudo



Fonte: IBGE (2023). Organização: Ferreira, N.F.(2025)

A paisagem deposicional da Formação Pedra de Fogo alternou-se entre ambientes lacustres, fluviais e marinhos rasos, espelhando alterações climáticas e tectônicas durante o Permiano, onde os processos diagenéticos mais significativos foram destacados.

SEPLAN (1999) destaca que a silicificação consiste na troca de tecidos vegetais por sílica presente na água subterrânea, levando à fossilização de árvores, cimentação carbonática, com concentração de sedimentos através de carbonato de cálcio, auxiliando na manutenção das estruturas sedimentares. Extinção de vapores,

que auxilia na liberação de sais solúveis na água subterrânea, afetando sua composição química.

SEPLAN (1999) aborda que a interação entre a litologia da Formação Pedra de Fogo e os recursos hídricos do MONAF é fundamental para entendermos os processos de salinização das águas, tanto superficiais quanto subterrâneas, essa relação é influenciada por diversos fatores. Destaca-se a presença de minerais evaporíticos, como gipsita e anidrita, que elevam a concentração de sódio, cálcio e sulfatos na água que a baixa taxa de infiltração combinada com uma elevada evapotranspiração, que intensificam a concentração de sais dissolvidos, especialmente durante os períodos de estiagem e a intensa alteração mineral, que resulta na liberação de elementos químicos que impactam a composição da água.

7. CARACTERIZAÇÃO DA FORMAÇÃO SAMBAÍBA

A caracterização geológica do local destaca a relevância da Formação Sambaíba, sendo esta formação sedimentar amplamente conhecida pela capacidade de acumular água, composta por rochas com alta porosidade e permeabilidade, que atua como um reservatório natural de água doce, desempenhando um papel crucial na conservação dos aquíferos locais e sendo utilizada por moradores da região para perfuração de poços artesianos.

A sua composição geológica facilita a infiltração e o armazenamento de água subterrânea, assegurando o fornecimento de água para as famílias locais, que dependem diretamente desses recursos para consumo, atividades domésticas, portanto, é essencial entender as características específicas da Formação Sambaíba para avaliar a disponibilidade de água e direcionar estratégias de uso sustentável da água na região.

SEPLAN (1999) aborda que a Formação Sambaíba é uma unidade geológica sedimentar que integra a Bacia do Parnaíba. Seus registros de deposição são datados do Período Triássico, aproximadamente entre 220 e 200 milhões de anos atrás. Essa formação é notável por sua composição arenosa, apresentando características com sedimentos que revelam a influência dos processos eólicos e fluviais no período de sua formação.

A Formação Sambaíba é predominantemente constituída pelos arenitos com texturas finas e médias com cores que variam do esbranquiçado ao amarelado, esses arenitos, por vezes, apresentam tonalidades avermelhadas que resulta com a presença de óxido de ferro, essa diversidade de cores é um reflexo dos processos diagenéticos que ocorreram ao longo do tempo os quais influenciaram na compactação dos sedimentos no solo.

SEPLAN (1999) enfatiza que as características sedimentares da formação revelam dois contextos deposicionais predominantes, onde o primeiro é a deposição eólica, que se manifesta por meio da estratificação cruzada em grande escala e pela excelente seleção dos grãos, isso indica a presença de ambientes de dunas estabilizadas e campos arenosos datados do Triássico, já no segundo contexto é a deposição fluvial, sugerida pelas intercalações de camadas de argila e arenito, que representam eventos de sedimentação em planícies e leques aluviais.

A Formação Sambaíba tem uma significativa influência na dinâmica hídrica da região, uma vez que suas características sedimentares influenciam a infiltração da água no solo, a qualidade dos recursos hídricos e os processos de salinização que podem ser observados no MONAF.

Brady; Weil (2013) destacam que laterita é um tipo de estrutura que passou por intenso processo de intemperismo ao longo de milhões de anos, sendo predominante em áreas tropicais e subtropicais com climas quentes e úmidos, sua formação é resultado da ação do intemperismo químico sobre as rochas, o que leva à dissolução e remoção dos minerais mais solúveis, enquanto os óxidos de ferro e alumínio se acumulam e esse extenso processo geológico confere à laterita uma antiguidade considerável, frequentemente relacionada a terrenos planos e estáveis.

A idade da laterita pode oscilar entre centenas de milhares e milhões de anos, influenciada pelas condições geológicas e ambientais do local, no Brasil, uma grande parte das lateritas consiste em paleossolos, que são solos originados em períodos geológicos remotos, como durante o Cretáceo e o Terciário, que ocorreram entre cerca de 100 milhões a 2,5 milhões de anos atrás.

Brady; Weil (2013) abordam que os solos derivados de lateritas possuem tonalidades que podem variar entre vermelha e marrom, resultado da elevada presença de ferro, ele pode apresentar diversas texturas, desde uma consistência solta até uma camada muito dura, chamada de canga laterítica, ao ser exposta ao ar e passar por ciclos repetidos de umidade e secagem, a laterita tende a endurecer de forma permanente, transformando-se em um material robusto e com baixa capacidade de drenagem.

Embora apresente baixa fertilidade em razão da perda de nutrientes essenciais ao longo dos anos, a laterita possui várias utilizações, além de ser importante na extração de bauxita, minério destinado à fabricação de alumínio, também foi utilizada historicamente na construção civil, na construção de templos e estradas em áreas tropicais, no Brasil, esse tipo de solo é frequentemente encontrado em regiões como a Amazônia, o Cerrado e certas partes do Nordeste, formando vastos platôs e estruturas geológicas antigas segundo Brady; Weil (2013) .

Assim, a laterita é um tipo de formação geológica muito antiga, cuja origem remonta a épocas geológicas remotas, seu extenso processo de desgaste natural

confere a ele características singulares, apresentando tanto desafios para a prática agrícola quanto uma significativa relevância econômica e geológica.

Segundo SEPLAN, (2004) o arenito, devido à sua alta permeabilidade, possibilita a infiltração rápida da água da chuva, o que resulta em uma redução na disponibilidade de água superficial durante a estação seca. Entretanto, a presença de camadas de argila intercaladas pode originar zonas de acúmulo de água subterrânea, atuando como barreiras hidráulicas locais, essa variação na permeabilidade afeta diretamente a distribuição da umidade no solo e o fluxo das águas subterrâneas.

Um aspecto importante ligado à Formação Sambaíba é a sua conexão com a salinização das águas superficiais e subterrâneas, esse fenômeno resulta de diversos fatores, como a dissolução de minerais presentes no arenito, que pode liberar sais na água.

Além disso, a elevada taxa de evaporação durante a estação seca pode concentrar os sais nos cursos d'água intermitentes, como os córregos Bananeira e Grotão, porém outro fator a ser considerado é a intensa lixiviação nos solos que facilita o transporte de elementos químicos para camadas mais profundas, assim afetando até mesmo a qualidade da água subterrânea.

SEPLAN, (2004), já os solos oriundos da Formação Sambaíba possuem uma fertilidade natural limitada, o que restringe o desenvolvimento de uma vegetação densa e favorece a presença de espécies que se adaptam a condições áridas e à escassez de nutrientes, entre os tipos de solos mais comuns nessa região, destacam-se os Neossolos Quartzarênicos e os Latossolos amarelos.

Os Neossolos Quartzarênicos resultantes da transformação dos arenitos da Formação Sambaíba são solos caracterizados por sua textura arenosa e alta permeabilidade, essa combinação favorece a infiltração da água, mas, ao mesmo tempo, limita a capacidade de retenção hídrica, como consequência, em algumas áreas do MONAF, essa condição contribui para a escassez de água, uma vez que a água se infiltra rapidamente, tornando-se difícil sua disponibilidade na superfície de acordo com Tocantins (2005).

Os Latossolos formados por longos processos de intemperismo possuem uma profundidade significativa e uma boa capacidade de retenção de umidade, no

entanto, enfrentam o desafio da lixiviação intensa de nutrientes, o que os torna naturalmente ácidos e com baixa fertilidade.

Brady; Weil (2013) apontam que os Plintossolos são solos que contêm plintita, uma substância rica em ferro e alumínio, capaz de endurecer de maneira irreversível quando exposta a ciclos de umedecimento e secagem, essa propriedade torna o uso agrícola desafiador, uma vez que o solo pode se tornar extremamente rígido, dificultando o desenvolvimento das raízes e a absorção de água.

Os solos em questão apresentam uma fertilidade natural reduzida, sendo mais adequados para pastagens e reflorestamento do que para a agricultura intensiva, porém esses tipos de solo são frequentemente encontrados em regiões tropicais úmidas, como a Amazônia e o Cerrado, onde o nível do lençol freático pode variar consideravelmente provocando essas eventuais mudanças.

Pode-se destacar que a quantidade de argila, nos solos podem ser classificados em duas categorias: os Plintossolos Argilúvicos, que possuem um maior teor de argila e apresentam drenagem deficiente, e os Plintossolos Háplicos, que têm um teor de argila menor e uma drenagem um pouco mais eficiente.

Brady; Weil (2013) enfatizam que os Cambissolos são solos jovens e em estágio inicial de desenvolvimento, caracterizados por um horizonte B ainda em formação, sua formação resulta do intemperismo inicial de rochas e são frequentemente encontrados em áreas de relevo acidentado, como encostas de morros e serras. Esses solos apresentam boa drenagem e sua fertilidade pode variar consideravelmente, sendo, em muitos casos, mais produtivos do que os Plintossolos, especialmente quando derivam de rochas ricas em minerais.

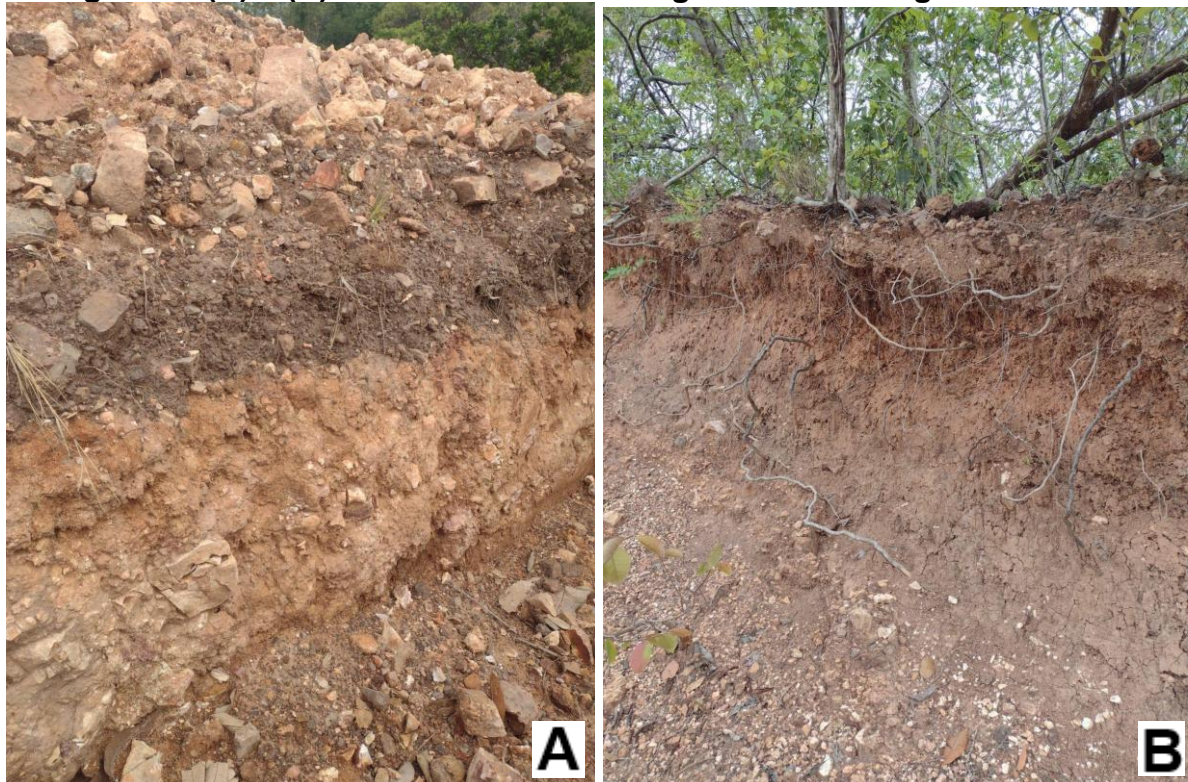
No entanto, por estarem localizados em áreas inclinadas, os Cambissolos estão mais vulneráveis à erosão, o que demanda a adoção de técnicas conservacionistas para seu manejo, como as curvas de nível e o terraceamento, esses solos podem ser classificados em diferentes tipos, sendo o Cambissolo Háplico aquele que não apresenta um acúmulo significativo de argila, enquanto o Cambissolo ta Eutrófico se destaca por sua maior fertilidade, resultado da presença de minerais no material de origem. Brady; Weil (2013)

Embora os Plintossolos ofereçam desafios à agricultura devido à presença de plintita e à sua baixa fertilidade, os Cambissolos, mesmo sendo jovens e vulneráveis

à erosão, têm potencial para serem mais férteis e podem ser utilizados para cultivos, desde que recebam o manejo adequado.

As Figuras 05 (A) e 05 (B) destacam solos com textura com grande quantidade de cascalho e baixa profundidade do perfil, características que afetam a infiltração de água e a disponibilidade de nutrientes, com essas condições e com a cobertura vegetal são fundamentais para preservar a qualidade e a quantidade de água no córrego Bananeira.

Figuras 5 (A) e (B) - Solos da bacia hidrográfica do córrego Bananeira



Fonte: Ferreira, N.S. (17/ outubro/ 2024)

8. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BANANEIRA

A caracterização da Bacia Hidrográfica do Córrego Bananeira, está inserida na grande bacia do rio Tocantins, sendo crucial para entender a dinâmica ambiental, hídrica e geográfica do território em que se encontra. Ao compreender os elementos físicos, climáticos e geomorfológicos que a constituem, podemos identificar os elementos que afetam os cursos de água da bacia no local e suas consequências para o meio ambiente e para as comunidades que dependem desse recurso.

Silva et al. (2021) destacam que uma Bacia Hidrográfica é definida por divisores de água, na qual um rio ou córrego principal recebendo água dos seus afluentes, os divisores de água são determinados pelas bacias de drenagem, formada pela elevação do relevo direcionando o fluxo da água diretamente para uma bacia principal formando uma rede de drenagem.

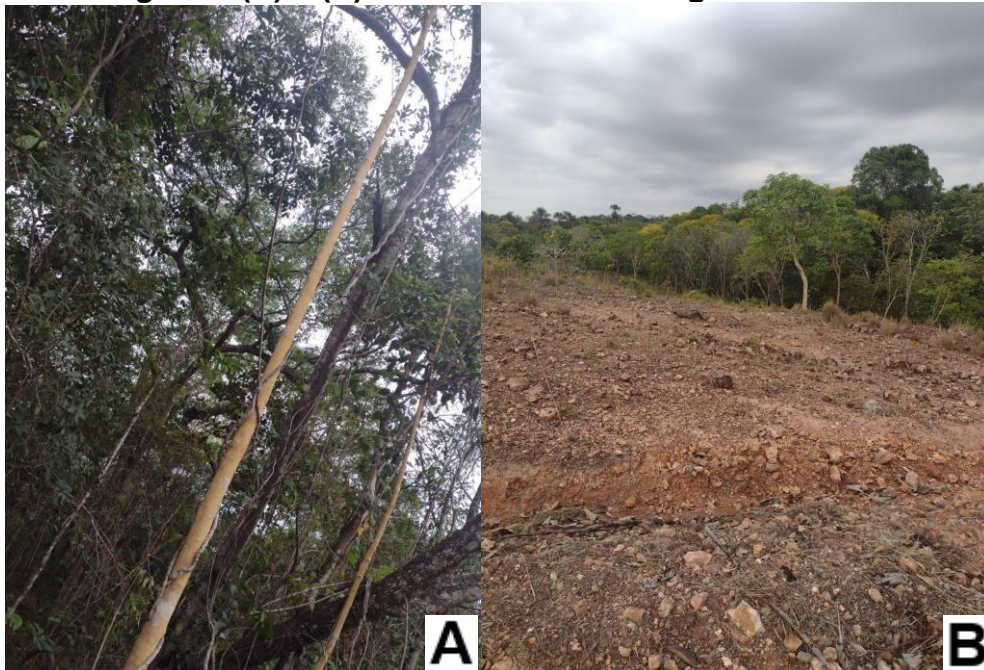
As bacias hidrográficas são fundamentais em desempenhar um papel significativo no ciclo hidrológico, tendo uma disponibilidade de água, onde conta com influência na erosão do solo e também na biodiversidade local. As bacias hidrográficas enquadram-se em diversas escalas, desde as pequenas que são chamadas de sub-bacias até mesmo as grandes bacias que abrangem vários estados ou até mesmo outro país como a bacia do rio Amazonas, de acordo com Silva et al. (2021).

A área da bacia hidrográfica do Bananeira é majoritariamente composta por vegetação com característica do bioma Cerrado, marcada por formações de arbustos e árvores de pequeno porte, destacando pelos fragmentos de matas ciliares, que podem ser encontrados ao longo do curso do córrego. No alto curso do córrego, a presença de atividade agropecuária transforma áreas naturais em pastagens, o que altera a dinâmica da cobertura da vegetação próximo ao córrego.

A mata ciliar do córrego Bananeira, em foco nas Figuras 06 (A) e (B) de dois ângulos facilita a compreensão de suas características estruturais e do estado de conservação. Destaca-se o interior da mata ciliar, onde uma densa cobertura com árvores de grande porte e copas entrelaçadas criando um ambiente que contribui para a diversidade da vegetação local. Essa vegetação é fundamental para a proteção do solo e o equilíbrio hídrico, evitando erosão e garantindo habitat para a fauna.

A relevância da preservação da mata ciliar para a proteção dos recursos hídricos quanto os perigos que áreas desmatadas nas proximidades podem representar para a estabilidade hídrica deste córrego, apresenta uma perspectiva que se expande, para uma visão externa da mata ciliar, evidenciando a transição entre a vegetação nativa e uma região de solo exposto e degradado. Este contraste destaca um processo de redução da cobertura vegetal com o uso humano do solo nas áreas adjacentes, o que pode afetar a integridade ecológica da floresta e aumentar os danos ambientais do córrego, como assoreamento e mudança na qualidade da água.

Figura 6 (A) e (B) - Mata ciliar do córrego Bananeira



Fonte: Ferreira, N.S. (17/outubro/2024)

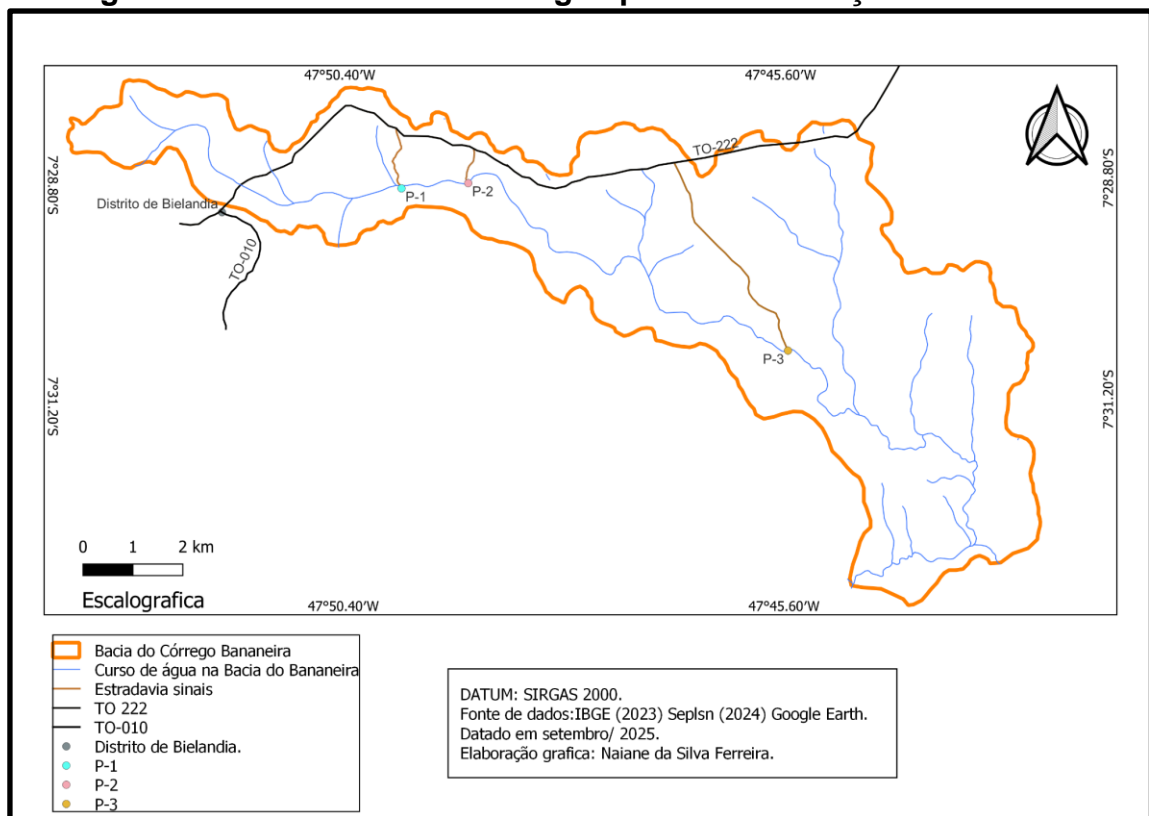
A Figura 07 ilustra a organização da drenagem na bacia do Córrego Bananeira e a localização e a distribuição dos pontos de coleta de água para análise da salinidade (P-1, P- 2 e P-3) ao longo do curso do córrego.

A rota de acesso ao Córrego Bananeira inicia-se em Araguaína tendo como ponto de referência o distrito de Bielândia, situado na parte oeste da bacia hidrográfica. A rota inicial é através da rodovia TO-222, a principal estrada asfaltada que liga o distrito às regiões rurais circundantes. A partir desta estrada, o trajeto realizou-se por estradas rurais adentrando na área da bacia e possibilitando o acesso aos diversos pontos de captação de água para a análise da salinidade.

A área da Bacia Hidrográfica em laranja destaca a delimitação geográfica da bacia do Córrego Bananeira, abrangendo toda a região de drenagem que auxilia no

escoamento das águas até o curso principal. O principal curso em linha azul é o Córrego Bananeira, sendo o eixo principal da drenagem, onde estão situados os locais de coleta, destaca-se que a maior parte dos afluentes se situa no lado esquerdo do curso principal.

Figura 7 - Pontos de coleta de água para determinação de salinidade



Organização: Ferreira, N.S. (2025)

O Distrito de Bielândia encontra-se no alto curso da bacia, sendo crucial como ponto de partida para as rotas de tráfego. Logo os pontos de coleta designados como P-1, em marrom, P-2 em lilás e P-3 em rosa representam os locais onde foram feitas as coletas de água, distribuídas estrategicamente ao longo da trajetória do córrego para acompanhar a salinidade em variados pontos.

O Córrego Bananeira é um curso d'água intermitente, na qual sua vazão varia de acordo com as sazonalidades da pluviosidade, sendo que no período chuvoso, o córrego tem um aumento considerável em seu volume de água, enquanto nos meses secos ocorre uma drástica diminuição, levando até mesmo a condições de intermitência total de água.

A Figura 08 destaca o alto curso do córrego Bananeira, em outubro na estação seca não sendo possível a coleta devido à seca total do canal, nota-se acúmulo de folhas e galhos acumulação de matéria orgânica no leito.

Figura 8- Alto curso do córrego Grotão na seca



Fonte: Ferreira, N.S. (17/outubro/2024)

A Figura 09, registrada em abril durante a estação chuvosa, apresenta uma mudança no cenário com a elevação do nível e do fluxo da água durante as fortes chuvas a partir de dezembro. O córrego Bananeira tende a apresentar uma coloração mais escura em razão do aumento de sedimentos e matéria orgânica em suspensão, sustentando uma vegetação ciliar, densa e fechada, ajudando a proteger o ecossistema ao manter o sombreamento e a estabilidade das margens.

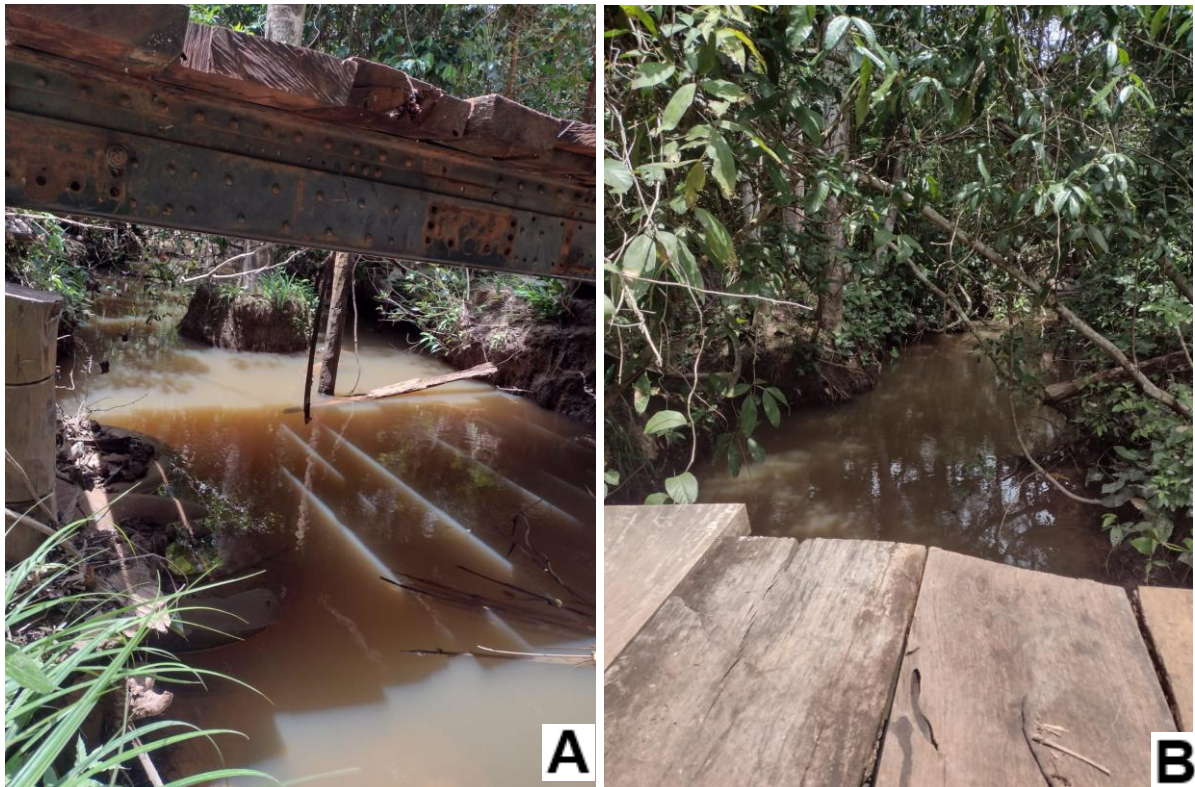
A comparação entre os dois períodos mostra como o regime de chuvas afeta a dinâmica hidrológica do córrego Bananeira, evidenciando diferenças significativas entre a escassez de água no período seco e a abundância de água no período chuvoso.

No alto curso do córrego Bananeira, destaca-se uma diminuição significativa do volume de água no mês de junho, em razão do período seco, essa redução no fluxo destaca a intermitência do curso d'água, pois o leito começa a mostrar trechos expostos, sendo uma predominância que tende a secar, nos meses seguintes o que evidencia a vulnerabilidade deste ambiente durante a estiagem.

O alto curso do córrego Bananeira enfatizando a largura média de 2 metros e profundidade média de 1 metro e condições de preservação da vegetação ciliar. Na Figura: 09 - (A) e (B), nota-se um corpo d'água de coloração amarronzada devido ao grande transporte de sedimentos e matéria orgânica devido às áreas desmatadas nos divisores de água

Uma perspectiva mais clara da densa vegetação, composta por árvores de médio e grande porte cujos galhos se estendem sobre o córrego é destacada na Figura: 09 (B), essa vegetação proporciona sombra, contribuindo para a regulação da temperatura da água e manutenção de um habitat apropriado para possíveis espécies aquáticas e terrestres.

Figuras 9 (A) e (B) - Preservação da mata ciliar do córrego Bananeira



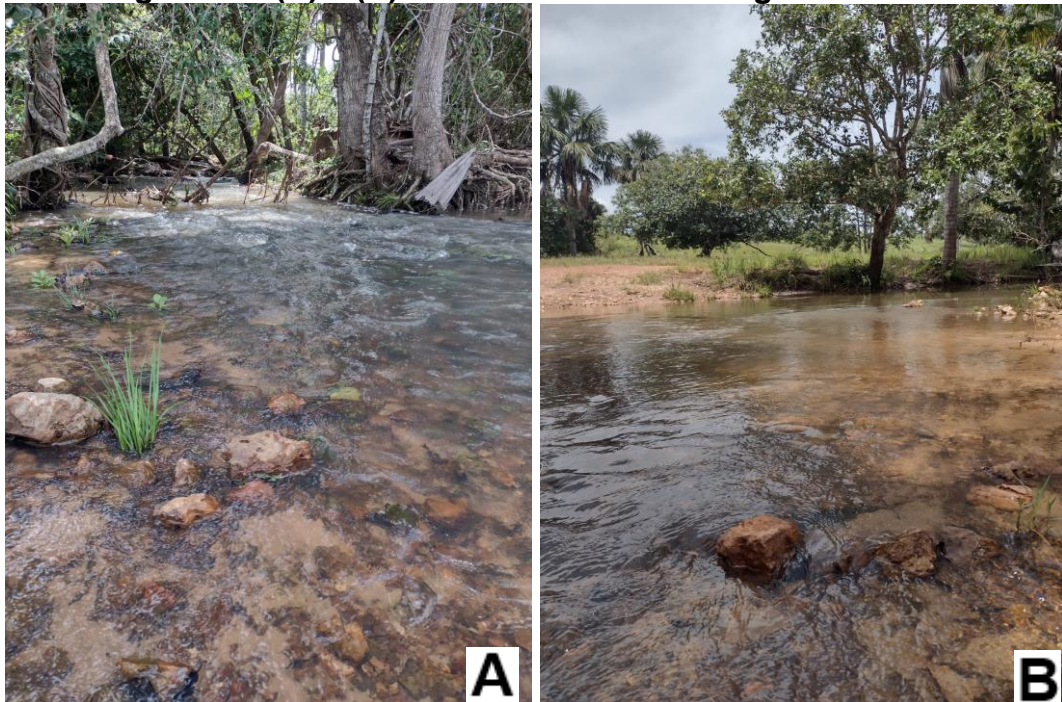
Fonte: Ferreira. N.S. (02/04/2025)

No médio curso do córrego Bananeira e de coleta para análises da salinidade do córrego Bananeira, os relevos apresentam declives suaves, com erosão lateral devido ao trecho da estrada que aumenta o assoreamento do córrego, especialmente durante a estação chuvosa, quando há um maior acúmulo de sedimentos e matéria orgânica.

Na Figura 10 o médio curso do córrego Bananeira apresenta o leito largo, raso e com fluxo constante e águas transparentes. O ambiente indica a presença de

rochas Formação Pedra de Fogo e vegetação aquática como os pés de buritis (*Mauritia Flexuosa*), neste local a mata ciliar é densa, formada por árvores de grande porte, desempenhando um papel crucial na proteção das margens, prevenindo a erosão e preservando o córrego.

Figuras 10 (A) e (B) - Médio curso do córrego Bananeira



Fonte: Ferreira. N.S. (02/04/2025)

O leito do médio curso do córrego Bananeira no mês de junho e sendo o início da estação seca possui um volume de água bastante reduzido, vide Figura 11 limitado a uma pequena poça no centro da imagem, sendo uma redução drástica na vazão do córrego na estação seca, tornando o leito exposto com rochas a vista e como uma vegetação rasteira.

O baixo curso do córrego Bananeira no mês de outubro, período correspondente ao final da estação seca, nota-se que o leito do córrego está completamente seco, sendo que as pequenas lâminas de água acabam concentrando o sal diluído nas épocas de cheia.

Figura 11 - Médio curso do córrego Bananeira



Fonte: Ferreira. N.S. (02/06/2025)

As margens do córrego estão claramente erodidas e demonstrando a intensidade da corrente em períodos de maior precipitação. A mata ciliar com a abertura da estrada para a construção da ponte e o pisoteio do gado que pastam na área, resultaram na substituição de parte da vegetação, alterando de forma significativa o ambiente, evidenciando os efeitos da ação humana neste local.

Há uma diferença entre cada período da visita no campo da pesquisa, na Figura 12 A, que se refere ao mês de outubro, mostra que, durante o período seco, o leito do córrego Bananeira está completamente sem água, o que evidencia a intermitência do curso d'água.

Por outro lado, a Figura 12 B, em abril, durante o período de chuvas, mostra que o córrego possui um volume significativo de água em seu leito, indicando uma maior disponibilidade hídrica e um fluxo constante.

Figura: 12 A - em outubro e 12 B - em abril do Baixo curso do córrego Bananeira



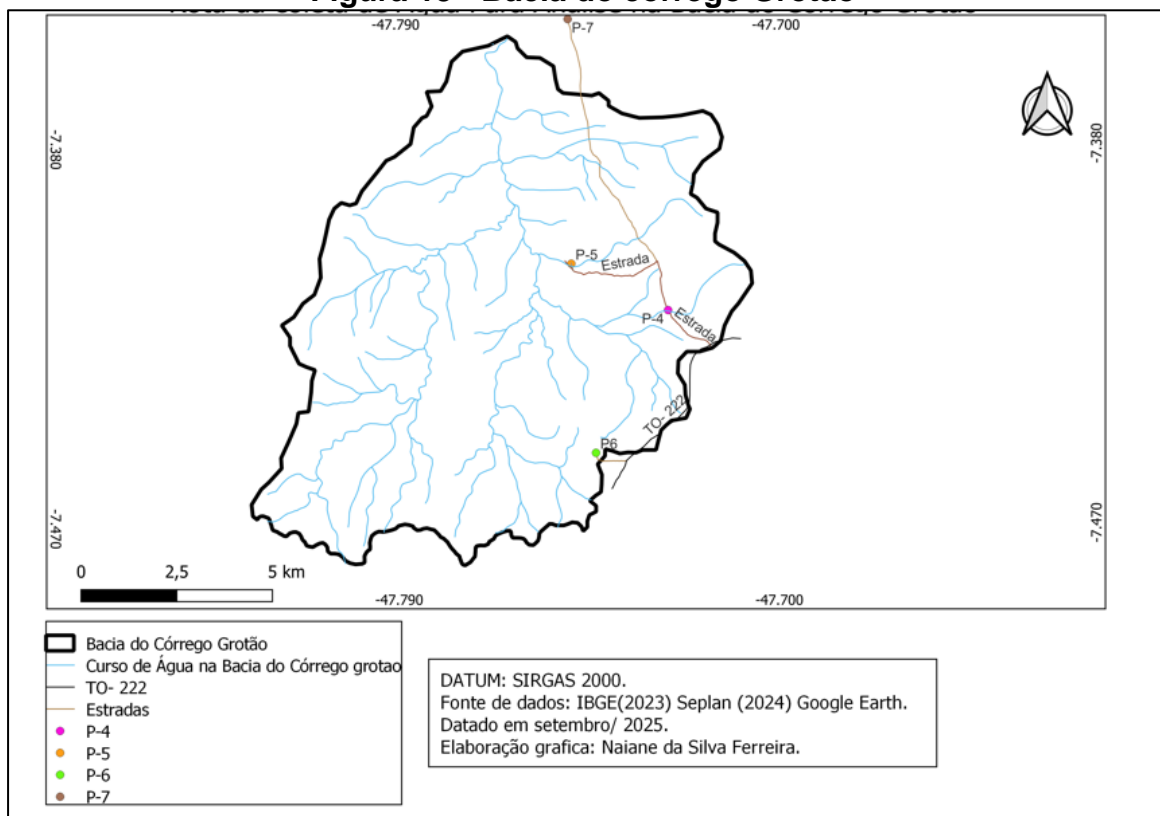
Fonte: Ferreira, N.S. (04/abril/2025)

9. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO GROTÃO

A bacia hidrográfica do córrego em questão contempla uma influência na elevação do relevo ao longo do seu curso de água e junto a estrada vicinal principal com um conjunto de chapadas areníticas da Formação Sambaíba. A opção por concentrar as análises de salinidade, visto que essa área se concentra o lado habitável com pequenas chácaras, fazendas e assentamento, em como a facilidade de deslocamento por uma estrada principal com várias ramificações. As demais áreas da bacia possuem pouquíssimas habitações.

Visto que os pontos P-4 (lilás), P-5 (laranja), P-6 (verde) e P-7 (marrom) representam os locais escolhidos para a coleta de amostras de água, vide Figura 13 concentrando em apenas um lado da bacia predomina na área a Pedra de Fogo, mas com algumas áreas de Sambaíba. Esses locais foram alocados em várias partes da bacia, incluindo áreas próximas ao limite sul (como o P-6) e regiões mais internas e ao norte (como o P-7), assegurando uma avaliação representativa das condições da água em variados pontos da bacia as amostras foram concentradas devido a maior quantidade de pequenas propriedades e ao assentamento.

Figura 13 - Bacia do córrego Grotão



Organização: Ferreira, N.F. (2025)

Este tipo de formação rochosa tem efeito direto na drenagem e armazena mais água no solo, ao longo de sua extensão esse curso de água auxilia na distribuição por onde se faz presente no período chuvoso. Nesta área da bacia, os moradores canalizam água de algumas nascentes para o uso doméstico, que não foi feito análises dessas nascentes.

A análise da qualidade da água deste córrego é importante para compreender diferentes aspectos, como os parâmetros físico-químicos da água sendo eles o pH, condutividade elétrica e a salinidade, assim como destacar o nível de preservação da vegetação da mata ciliar, os efeitos da pecuária e das ações humanas dentro do MONAF. Esta segunda bacia hidrográfica é um afluente do rio Tocantins durante a estação chuvosa, sendo um córrego intermitente, pois o nível da água diminui chegando a secar durante a estação seca.

Já o clima presente nesta região da bacia hidrográfica do córrego Grotão, tem características sazonais, isso afeta diretamente ter uma disponibilidade hídrica durante todo o ano, conseqüentemente no período da seca chega a afetar diretamente o ecossistema local como a fauna e flora, entre outros, pois a falta de água nesse ambiente com características de cerrado é possível notar ao analisar a paisagem.

Nas formações geológicas desta região, predominam rochas sedimentares que influenciam diretamente a infiltração de água no solo, assim como no tipo de solo que se forma, sendo este solo que deve contribuir com seus nutrientes para ter uma vegetação, que atua como um escudo natural, assegurando a estabilidade do solo.

As Figuras 14 (A) e (B) evidenciam a variação sazonal no leito de um curso d'água, destacando as diferenças entre o período seco e o chuvoso. Na figura (A) registrada em outubro, nota-se um leito quase seco, com acúmulo de rochas, solo exposto e pequena poça d'água isolada.

Por outro lado, a Figura (B) retrata o mesmo leito durante a estação das chuvas, com o fluxo de água restabelecido e o nível do córrego claramente mais alto com profundidade de aproximadamente dois metros e em média um metro e meio de largura. Essa comparação visual destaca a relevância dos ciclos hidrológicos

para a preservação dos ecossistemas e ilustra como a sazonalidade afeta diretamente a paisagem e a dinâmica hídrica local.

Figura 14 - Afluente do córrego Grotão

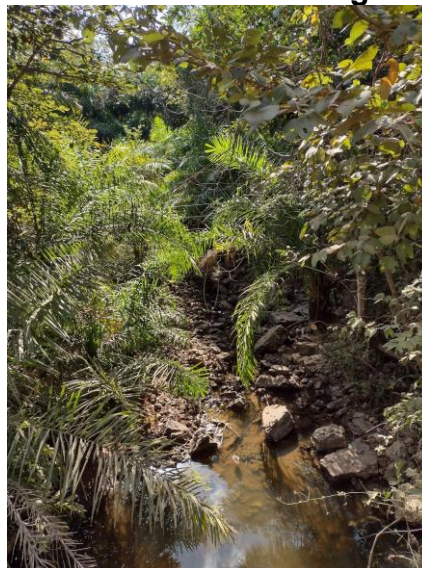


Fonte: Ferreira. N.S. (A) 17/10/2024

(B) 02/04/2025

No mês de junho focado na Figura - 15 ressalta um córrego com baixo nível de água em relação ao mês de abril visto na Figura - 14, logo em seu leito, percebe-se rochas à mostra e um pequeno volume de água acumulado, contendo em suas margens uma vegetação pouco densa, composta por palmeiras, arbustos e árvores de médio porte, que criam uma cobertura verde ao redor do curso d'água.

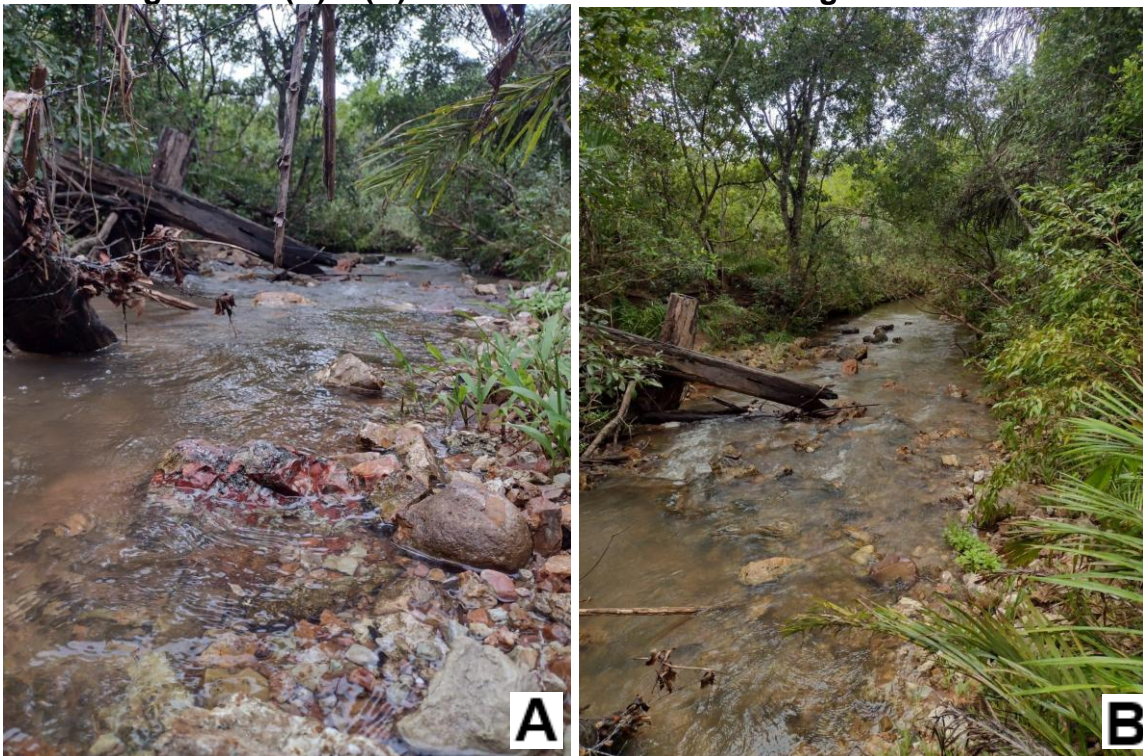
Figura 15 - Afluente do córrego Grotão



Fonte: Ferreira. N.S 11/06/2025

Na figura 16 (A) e (B) um dos pontos coleta para análises da salinidade no afluente, o local apresenta um terreno com áreas de mata ciliar conservada com plantas nativas e um relevo mais inclinado. O córrego apresenta um leito rochoso, que pode favorecer o acúmulo de sedimentos durante as enxurradas no período chuvoso, visto que os galhos de árvores se acumulam nas rochas. Porém com observação percebe-se uma velocidade elevada na drenagem da água, deixando galhos e rochas no curso do córrego.

Figuras 16 (A) e (B) - leito do afluente do córrego Grotão em abril



Fonte: Ferreira. N.S. (02/04/2025)

As Figuras 17 (A) e (B) representam o afluente Brejão no mês de abril, típico da época de chuvas na área em dois ângulos de visão no mesmo curso d'água que mostram variações nas características do volume de água e sedimentos no leito, semelhante ao córrego Bananeira. Na Figura 17 (A) o córrego exibe um segmento com afloramentos de rochas, por onde a água flui rapidamente, criando pequenas corredeiras, promovendo a oxigenação da água.

A análise das imagens de campo possibilita uma compreensão mais abrangente da relação entre a morfologia das bacias, a cobertura vegetal, a sazonalidade e as variações de salinidade e condutividade nos córregos. Essa

análise visual é essencial, pois enriquece os resultados numéricos ao fornecer evidências espaciais e temporais das mudanças que ocorreram neste ambiente.

Pode-se destacar que a morfologia do leito dos córregos, a cobertura vegetal e a sazonalidade são fatores cruciais para a variação da salinidade e da condutividade elétrica no MONAF. Por exemplo em trechos de alto curso, onde há maior declividade e fluxo rápido.

Na Figura: 17 (B) observa-se o leito com predominância nas margens e no fundo de sedimentos arenosos, na qual o fluxo da água é mais constante e menos agitado, essa característica indica uma maior deposição de sedimentos finos, carregados pelas fortes chuvas que costumam ocorrer durante o período.

Figuras 17 (A) e (B) - Afluente do córrego Brejão



Fonte: Ferreira. N.S. (02/04/2025)

Na Figura 18 destaca o leito do córrego no mês de junho, nota-se uma lâmina d'água rasa e limpa tendo o leito arenoso visível, com ondulações e pequenos movimento da água, que mostra a diminuição do volume no córrego, resultado da redução das chuvas nessa época do ano, o que intensifica a vulnerabilidade do córrego durante a estação seca que tende a torná-lo seco nos meses seguintes até iniciar o período chuvoso.

Figura 18 - Afluente do córrego Grotão



Fonte: Ferreira, N.S.11/06/2025

A Figura 19 retrata o Córrego Grotão durante o mês de outubro, nota-se que o nível da água está significativamente abaixo, essa água foi resultado de uma chuva no dia da visita de campo, sendo as primeiras chuvas após meses de seca, logo a água está com coloração turva, o que pode indicar acúmulo de sedimentos.

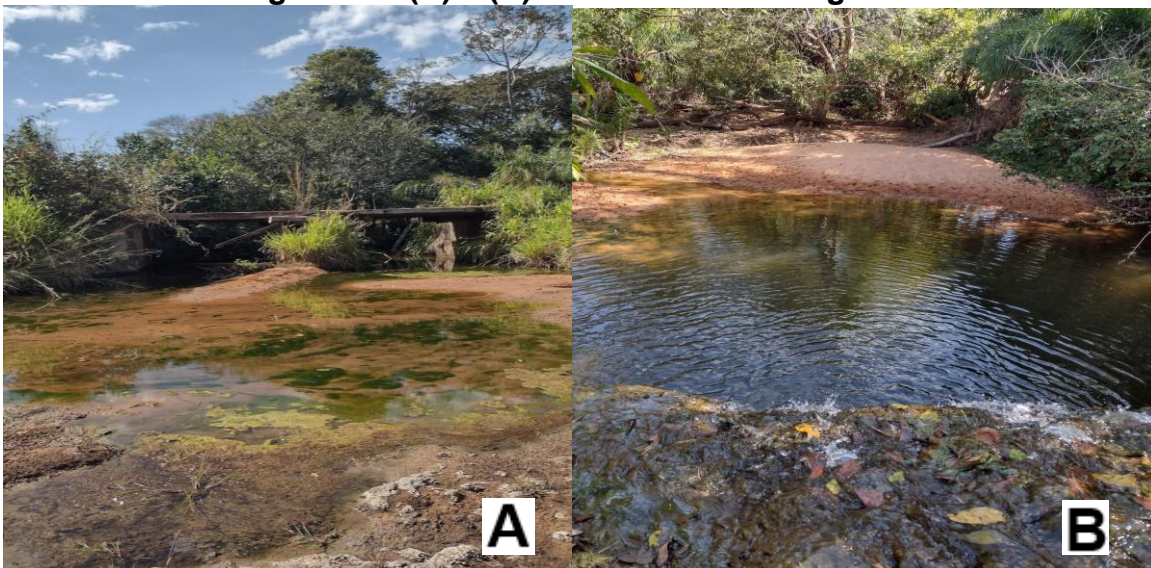
Na Figura 19 (A) ressalta-se o Córrego Grotão no mês de junho, observa-se que o leito hídrico apresenta um volume de água maior em relação ao registrado na figura anterior (outubro), cobrindo uma grande parte do leito. A água parece mais limpa e com vazão.

Figura 19 (A) e (B) - Afluentes do córrego Grotão



Fonte: Ferreira. N.S. 17/10/2024.

Figuras 19 (A) e (B) - Afluente do córrego Grotão

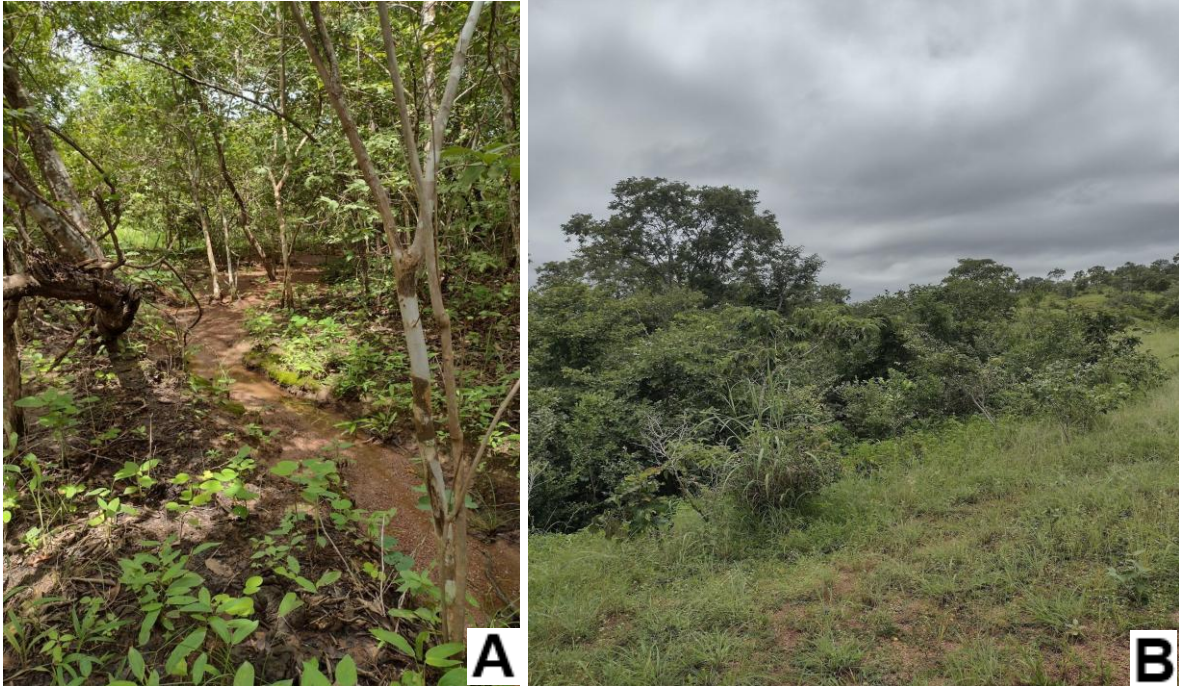


Fonte: Ferreira. N.S. 11/06/2025

As Figuras 20 (A) e (B) retratam um afluente do córrego Grotão, caracterizado como um curso d'água intermitente, ou seja, que apresenta fluxo apenas durante o período mais chuvoso do ano. A imagem apresenta o leito do afluente totalmente seco, coberto por vegetação densa característica de mata ciliar, com árvores de médio porte verde, sendo um ambiente úmido e sombreado.

Por outro lado, a Figura 20 (B) tem uma perspectiva mais abrangente, destacando a mata ciliar do córrego com árvores de pequeno porte, visualmente com árvores entrelaçadas, porém nota-se a existência de áreas transformadas em pastagem, o que indica a utilização do solo ligada à atividade de pecuária.

Figuras 20 (A) e (B) - Afluente do alto curso do córrego Grotão



Fonte: Ferreira. N.S. (02/04/2025)

A renovação da água ocorre de forma mais constante, o que pode resultar em menor acúmulo de sais e níveis de salinidade mais baixos, porém por outro lado, nas áreas de baixo curso e áreas planas, sendo onde o escoamento é mais lento e tem uma deposição de sedimentos maior, a evaporação contribui para uma maior concentração de sais nesses locais.

As características dos tipos de leito seja eles arenoso ou rochoso, também exerce uma influência notável, como em trechos rochosos e inclinados que favorecem a drenagem rápida, mantendo uma condutividade moderada, ao passar por essas áreas com sedimentos finos e baixa declividade apresentam concentrações mais elevadas da salinidade.

A presença ou falta de mata ciliar influencia nesses processos, como uma barreira física que diminui o transporte de sedimentos e sais para o leito, a análise dos períodos de cheia e seca evidencia que a falta de água não só diminui sua disponibilidade, mas também intensifica a salinização da superfície, transformando-a em um desafio de manejo na Unidade de Conservação.

Percebe-se que os aspectos físicos e biológicos das duas bacias hidrográficas do MONAF em análise têm um impacto direto na qualidade da água e no nível de salinidade, como isso pode se confirma a hipótese principal deste estudo de que a morfologia do leito, a cobertura vegetal e a sazonalidade são fatores

essenciais para entender a concentração salina e direcionar estratégias de manejo e conservação dos recursos hídricos na Unidade de Conservação.

Fatores como o tipo de solo, o regime de chuvas, a presença de rochas com minerais solúveis e a maneira do manejo no uso da podem exercer influência sobre a concentração de sais dissolvidos na água. No capítulo a seguir os níveis de concentração da salinidade da água na Bacia do Grotão e Bananeira na unidade de conservação serão avaliados para melhor detalhamento da questão.

10. ANÁLISE DA SALINIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO BANANEIRA E GROTÃO

As Tabelas 01 e 02 apresentam todos os locais de coleta utilizados na pesquisa nos córregos Bananeira e no córrego Grotão. Os locais de coleta abrangem áreas de alto, médio e baixo curso, e para cada um deles estão disponíveis as coordenadas de latitude, longitude e altitude obtidas por meio de um GPS.

Os pontos dos locais de coleta consideraram as características do ambiente, incluindo a inclinação do relevo, a largura do leito do córrego, a presença ou ausência de vegetação nas proximidades e o uso da terra. Por exemplo, nas áreas elevadas, observou-se uma maior conservação da vegetação e água fluindo com mais rapidez, enquanto nas regiões inferiores, os espaços são mais extensos, com acúmulos de sedimentos e uma influência maior das ações humanas.

Os dados apresentados na Tabela 1 demonstram que no Ponto 1, localizado no alto curso do córrego Bananeira, a concentração de STD foi de 420 mg/L durante o período de chuvas e 394 mg/L na estação seca, ou seja, a quantidade de sais minerais, matéria orgânica dissolvida e outras substâncias presentes na água, expressa em miligramas por litro (mg/L).

No ponto P2 no médio curso do córrego, notou-se que perto do término do período chuvoso em abril, o STD foi de 450 Mg/L que reflete a maior disponibilidade de água, que dilui os sais dissolvidos, no entanto, em junho início do período seco o STD aumentou significativamente para 521 Mg/L essa variação pode estar ligada à redução do volume de água durante o período seco.

Em contraste, no Ponto 3, situado no baixo curso do córrego, a salinidade permaneceu elevada em ambos os períodos, registrando 580 Mg/L quando o córrego estava cheio e 662 Mg/L na seca, essa situação indica que as características do local e a correnteza lenta da água pode contribuir para a acumulação de sais mesmo em épocas de chuvas.

A análise do STD no Córrego Bananeira evidencia variação moderada entre os pontos e os períodos de coleta em abril e junho de 2025, indicando tendência de aumento da concentração período seco, visto que a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece para águas doces salinidade inferior a 0,5‰ aproximadamente 500 mg/L STD.

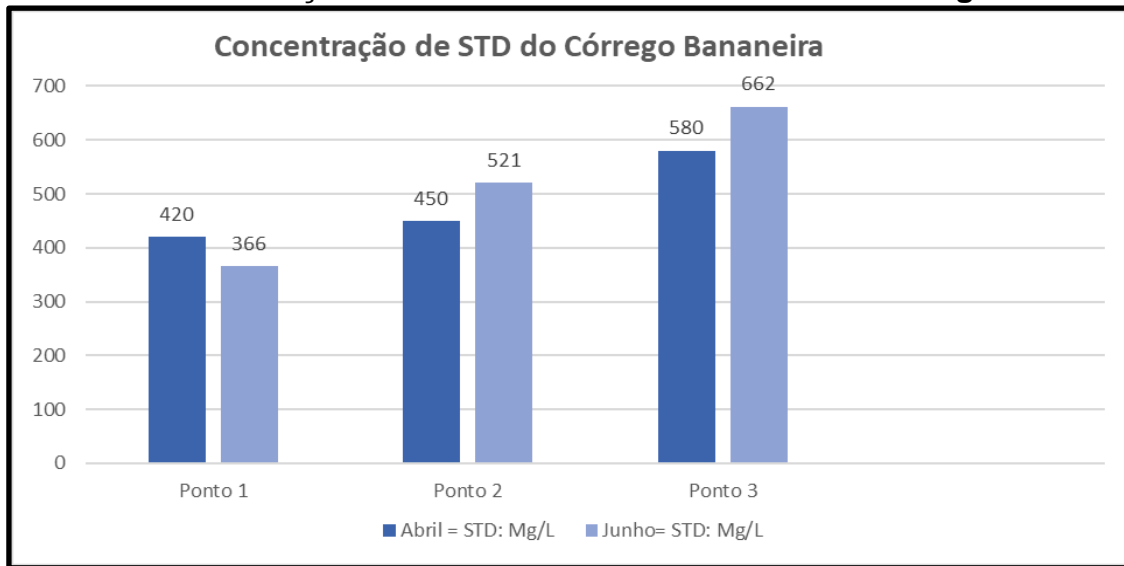
Os dados evidenciam uma tendência de elevação da salinidade nos pontos de menor altitude, indicando possível concentração progressiva de sais ao longo do curso do córrego, além disso, o aumento observado entre abril e junho nos pontos P2 e P3 está relacionado a fatores sazonais, como redução do volume hídrico, maior evaporação ou influência de escoamento superficial na área da bacia.

Esta diferença reforça a importância do monitoramento da qualidade da água, nas áreas do baixo curso da microbacia onde há maior acúmulo de água. Além deste fato, o aumento observado entre abril e junho nos pontos P2 e P3 está relacionado a fatores sazonais, como redução do volume hídrico, maior evaporação ou influência de escoamento superficial na área da bacia. Esta diferença reforça a importância do monitoramento da qualidade da água, nas áreas mais baixas da microbacia onde há maior acúmulo de água.

Tabela 01 - Resultados da salinidade da água do córrego Bananeira

Data e Ponto	Altitude	STD Mg/L	Resolução Do Conama	Temperatura	Coordenadas
2/04/2025 P1	266 m	420	Água doce menos de 500 mg/L	26°C	07°28' 51.6" S 47° 49' 44".0 Wgr
11/06/2025 P1	266 m	394	Água doce menos de 500 mg/L	27°C	07°28' 51.6" S 47° 49' 44" Wgr
02/04/2025 P2	255 m	450	Água doce menos de 500 mg/L	26°C	07° 28' 48.3" S 47° 49' 0.5" Wgr
11/06/2025 P2	255 m	521	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	27°C	07° 28' 48.3"s 47° 49' 0.5"Wgr
02/04/2025 P3	220m	580	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	26°C	07° 30' 38.8"S 47° 45' 32.3" Wgr
11/06/2025 P3	220m	662	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	27°C	07° 30' 38.8" S 47° 45' 32.3" Wgr

Organização: Ferreira, N. S. (2025)

Gráfico 01 Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos do córrego Bananeira

Organização: Autora (2026)

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises da água em diversos pontos de coleta (P4, P5, P6 e P7), realizadas em dois momentos diferentes, em abril de 2025, que marca o término da estação das chuvas e em junho de 2025, quando começa a estação seca. Analisaram-se fatores como, condutividade elétrica, salinidade, Sólidos totais dissolvidos, temperatura e altitude e localização geográfica como apoio a análise da situação.

Tabela 02- Resultado da análise dos afluentes do córrego Grotão

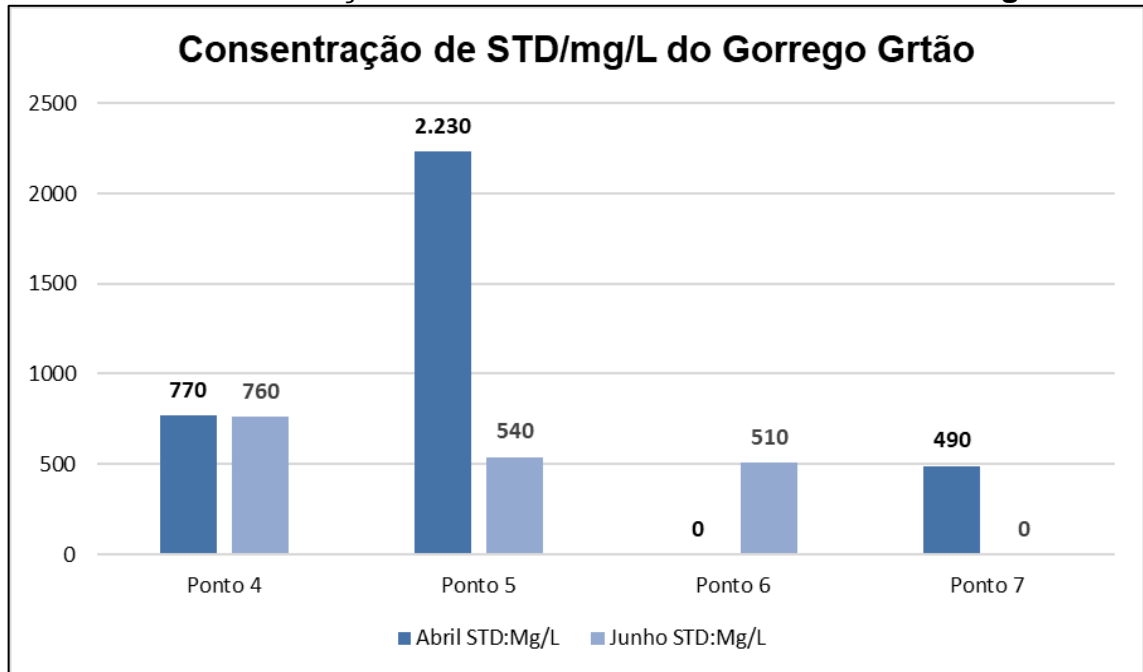
Data e Ponto	Altitude	STD Mg/L	Resolução do Conama	Temperatura	Coordenadas
02/04/2025 P4	238	770	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	26°C	07° 25' 11.8" S 47° 44' 36 Wgr
11/06/2025 P4	238	760	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	26°C	07° 25' 11.8" S 47° 44' 36 Wgr
02/04/2025 P5	206	2.230	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	26°C	07° 25' 7.4" S 47° 43' 33" Wgr
11/06/2025 P5	206	540	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	27°C	07° 25' 7.4" S 47° 43' 33" Wgr
02/04/2025 P6	0	0	0	0	0
11/06/2025 P6	183	610	Água salobra entre 500 mg/L e 30.000 mg/L	27°C	07° 24' 29.7" S 47° 44' 57" Wgr
11/06/2025 P7	176	490	Água doce menos de 500 mg/L	27°C	07° 20' 58.5" S 47° 44' 57" Wgr
02/04/2025 P7	0	0	0	0	0

Organização: Ferreira, N. S. (2025).

Os dados evidenciam as diferenças que serão apresentadas no gráfico, evidenciando variação espacial e sazonal na concentração de STD no Córrego Grotão, a variação observada está associada principalmente à dinâmica hidrológica e à influência geológica local, e não a mudanças de temperatura, que permaneceram estáveis (26–27°C).

A análise da concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no Córrego Grotão evidencia variações espaciais e sazonais significativas, com destaque para o valor elevado registrado no Ponto 5 no mês de abril de 2.200 mg/L, superior aos demais pontos amostrados.

Gráfico 02 - Concentração de Sólidos Totais Dissolvidos do Córrego Grotão



Organização: Autora (2026)

A análise da concentração de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) no Córrego Grotão evidencia variações espaciais e sazonais significativas, com destaque para o valor elevado registrado no Ponto 5 no mês de abril de 2.200 mg/L, superior aos demais pontos amostrados.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, embora não haja limite específico estabelecido para STD, a avaliação da qualidade da água pode ser correlacionada ao parâmetro de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) ou à salinidade, sendo que para águas doces de Classe 2 que são destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional, à proteção da vida aquática e à irrigação, a salinidade não deve ultrapassar 0,5‰ ou 500 mg/L de sais dissolvidos.

Nesse contexto, os valores observados nos Pontos 4, 6 e 7 entre 490 e 750 mg/L situam-se no limiar ou ligeiramente acima do recomendado para águas doces de melhor qualidade, enquanto o valor extremo do Ponto 5 em abril ultrapassa significativamente esse referencial, indicando possível comprometimento da qualidade da água para determinados usos. Tal resultado sugere influência direta da geologia local e do processo de lixiviação intensificado no período chuvoso, configurando um cenário que requer monitoramento contínuo e enquadramento adequado do corpo hídrico.

11. TÉCNICAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO PERÍODO DE ESTIAGEM E TÉCNICAS DE DESSALINIZAÇÃO PARA A ÁREA DA PESQUISA.

A falta de água é um dos maiores obstáculos que vários locais do Brasil enfrentam, particularmente nas caracterizadas pela irregularidade das precipitações e pelo aumento dos períodos de seca, tornando uma restrição no acesso à água que afeta não só as populações, mas também as atividades produtivas, as práticas agrícolas e a preservação dos ecossistemas locais.

Nesse contexto, é fundamental o desenvolvimento e a implementação de estratégias eficazes no armazenamento e tratamento de água para a segurança hídrica das pessoas, especialmente em regiões rurais.

Com base nos estudos de campo, é crucial as propostas ou soluções de práticas para o armazenamento e preservação da água, particularmente destinadas aos proprietários que lidam com períodos de seca prolongada. As tecnologias propostas visam satisfazer as demandas locais, levando em conta aspectos como baixo custo na construção e na manutenção.

Entre as opções viáveis, destacam-se a edificação de cisternas para a coleta de água pluvial, a instalação de barragens para armazenamento de águas superficiais e a formação de pequenos reservatórios que aumentam a independência hídrica durante a estação das chuvas.

Alves et al. (2012) realçam que as cisternas para armazenamento de água pluvial é uma tecnologia social que já é implementada em áreas semiáridas devido à sua eficácia e simplicidade na construção. Normalmente erguida em concreto ou alvenaria, essa estrutura é posicionada perto da casa e está ligada ao telhado através de calhas que conduzem a água da chuva para o interior do reservatório.

Figura 21 - Captação da água da chuva



Fonte: Click Petróleo e Gás (2026)

Cada uma dessas cisternas pode ter uma capacidade média que oscila de 8 mil a 16 mil litros, de acordo com o projeto e o custo que cada um pode fazer. Esta tecnologia, devido ao seu baixo custo e sua longa durabilidade, pode armazenar água apropriada para consumo humano, preparação de alimentos e outras tarefas domésticas segundo Alves et al (2012)

Por outro lado, as barragens para armazenamento de água superficial são estruturas maiores, projetadas para coletar e guardar água proveniente de inundações, como rios ou córregos temporários ou pequenas drenagens. Essas represas podem ser erguidas utilizando terra compactada, pedras ou concreto, de acordo com a disponibilidade de recursos e o propósito do armazenamento.

Visto que a barragem interrompe o curso natural da água, formando um pequeno reservatório, essas estruturas são essenciais para a alimentação de

animais, regar as hortas domésticas, assim como o reabastecimento de aquíferos e preservação da flora regional. A construção inclui a escavação, elevação do terreno, a compactação do solo, deve ser colocado sangradouro para prevenir rupturas durante períodos de chuva intensa, dependendo do tamanho das contrações, é necessária orientação técnica para segurança e o funcionamento adequado.

Os pequenos reservatórios ou açudes de contenção de água, também referidos como reservatórios que podem ser comunitários, representam soluções intermediárias para a coleta e o armazenamento da água pluvial. Esses reservatórios, normalmente localizados em regiões estratégicas do terreno, são escavados no solo e cobertos com lona plástica ou argila compactada para minimizar infiltrações excessivas.

A Figura 22 apresenta um pequeno reservatório de água construído em zona rural, com base revestidas por lona plástica impermeável (geomembrana), utilizada para evitar infiltrações no solo e garantir uma maior capacidade de armazenamento de água. Já a estrutura de abastecimento lateral, a água é lançada por meio de um tubo ou calha inclinada diretamente do telhado das casas.

Figura 22- Cisterna de lona para captação de água da chuva



Fonte: Cuiket (2026)

No interior do reservatório deve conter um sistema de movimentação da água que provoca agitação superficial da água, esse mecanismo é importante para melhorar a oxigenação da água para evitar o processo de estagnação e proliferação

de microrganismos. Vale ressaltar que sempre deve conter uma cerca evitando o contato direto de animais se o reservatório for direcionado ao uso doméstico.

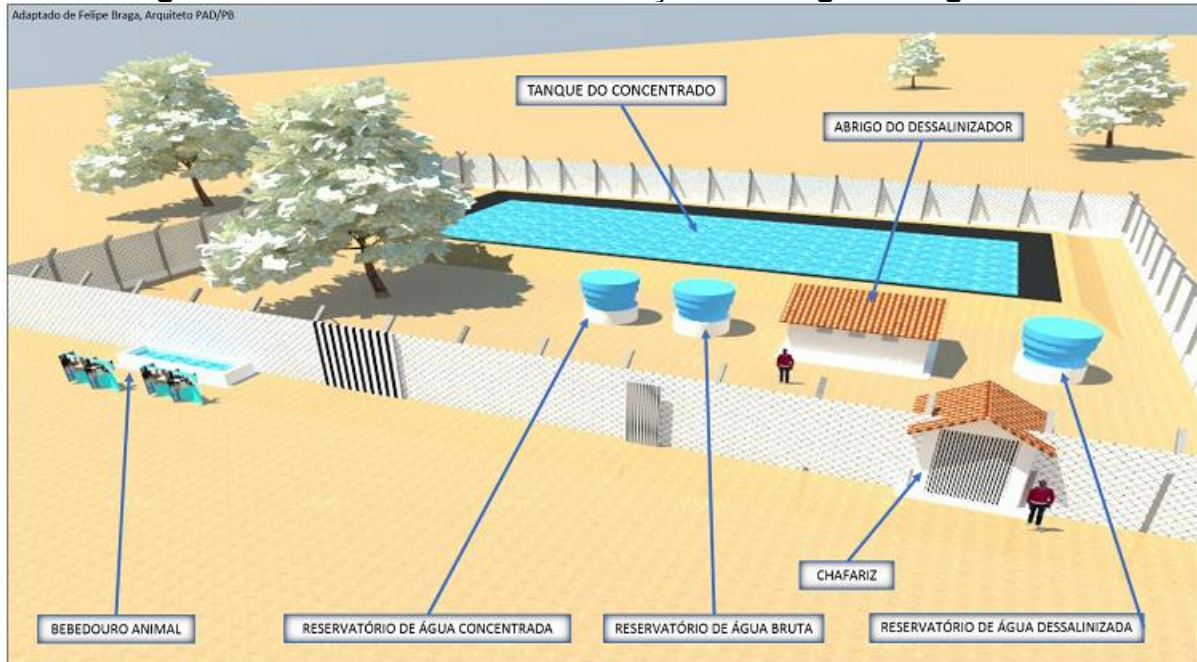
Simultaneamente, há locais que além da escassez de água, existe a concentração com teores de salinidade, para esses locais são eficazes o desenvolvimento das técnicas de dessalinização, tem se firmado como uma alternativa viável para a utilização de águas salobras ou salinas, particularmente em áreas semiáridas. A integração entre armazenamento e dessalinização representa, portanto, uma abordagem estratégica para enfrentar os desafios impostos pela variabilidade climática e assegurar o uso sustentável dos recursos hídricos.

Considerando a existência de salinidade nas fontes de água usadas pelos moradores do local da pesquisa, é crucial analisar tecnologias de dessalinização que possam ser implementadas de maneira segura, eficaz e economicamente viável. A escolha do método correto leva em conta não só a habilidade de eliminar os sais, mas também o investimento na compra dos aparelhos, o uso de energia, a complexidade de operação, a manutenção e o efeito dessa tecnologia na vida diária das famílias.

A estrutura da Figura 23 abrange a captação, o tratamento, o armazenamento, a distribuição e o gerenciamento do resíduo, estabelecendo uma política pública focada na proteção da água e no desenvolvimento sustentável do Programa água doce segundo Braga (2023).

Inicialmente o depósito utilizado para armazenar a água obtida de poços subterrâneos, geralmente com altos níveis de sais, essa água é direcionada ao local do dessalinizador, um abrigo que resguarda o equipamento de osmose, protegido contra condições climáticas e exposição direta ao sol.

Figura 23 - Sistema de Dessalinização do Programa Água Doce



Fonte: Braga (2023)/ Coordenação do Programa Água Doce no Estado da Paraíba

Depois da dessalinização, a água tratada é conduzida ao reservatório de água dessalinizada, onde é distribuída à comunidade, possibilitando o acesso controlado para consumo humano. Simultaneamente, o sistema inclui um depósito de água concentrada sendo onde se destina o resíduo salino, que guarda a porção com maior concentração de sais resultante do procedimento de filtragem.

A existência de um tanque para o concentrado, serve para evaporação ou gestão ambientalmente correta do resíduo, nesse modelo também tem um bebedouro para animais, evidenciando o uso planejado da água de acordo com sua qualidade de consumo.

Visto como uma técnica de dessalinização promissora para áreas com alta incidência de radiação solar tem-se a destilação solar, considerada um dos métodos mais simples e baratos de dessalinização de água, este sistema utiliza energia solar para evaporar a água salgada armazenada em um recipiente raso coberto com vidro ou plástico transparente. À medida que a água evapora, ela deixa sais e impurezas, o vapor condensa na superfície fria do vidro e flui para o coletor lateral, produzindo água potável, segundo Embrapa (2006).

Os dispositivos podem ser feitos de materiais baratos, como madeira, vidro, lona e recipientes de metal, embora seja uma tecnologia simples e econômica, a sua produtividade diária é limitada, tornando-a ideal para pequenas quantidades destinadas ao uso doméstico, a manutenção é mínima, limitando-se à limpeza do

coletor de água e substituição de peças desgastadas com o tempo, de acordo com Embrapa (2006).

A Figura 24 mostra um sistema de dessalinização de pequena escala, construído com materiais de fácil acesso e ajustado às condições climáticas locais, cuja utilidade está diretamente ligada ao uso da energia solar na geração de água potável, este é um dessalinizador já utilizado no semiárido brasileiro.

Figura 24 - Dessalinizado solar



Fonte: Aliança Energia (2022)

O dessalinizador tem uma cobertura inclinada feita de material transparente como o vidro, possibilitando a incidência direta da radiação solar interna para a evaporação. Na parte inferior do equipamento está a área destinada à deposição da água salgada, local onde se dá o processo de evaporação. A proposta da inclinação da cobertura visa facilitar a condução do vapor condensado até o sistema de escoamento pela calha, visto que Junto ao sistema principal, é possível colocar recipientes de plástico como baldes e caixas d'água, que pode ser usado tanto para o fornecimento de água bruta salobra quanto para o armazenamento da água dessalinizada (EMBRAPA, 2006).

A Figura 25 demonstra um sistema doméstico de dessalinização por osmose reversa instalado sob a pia, utilizado para remover sais e impurezas da água. Seu custo inicial varia, em média, entre R\$ 800,00 e R\$2.500,00, com gastos periódicos para troca de filtros e membranas. Apesar da necessidade de manutenção e da geração de água de rejeito, apresenta bom custo-benefício em locais com água salobra, pois reduz a compra de água mineral e garante maior qualidade para consumo, esse equipamento pode ser encontrado no mercado livre.

Figura: 25- Dessalinizado de pequena capacidade



Fonte: Mercado Livre (2026)

Os processos de dessalinização podem variar desde grandes escalas como de pequenas escalas, como à grande usina projetada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece), que se estimou um investimento de cerca de R\$ 480 milhões para sua construção. com uma capacidade de produção é de 1 m³ por segundo, o que representa um aumento de 12% no fornecimento para a Região Metropolitana de Fortaleza. A água dessalinizada por osmose reversa é a tecnologia mais utilizada globalmente, tem um custo aproximado de US\$2 por m³, aproximadamente R\$8/m³, um valor superior ao tratamento convencional de água doce, que geralmente custa em média R\$ 3/m³.

No caso do semiárido do Nordeste, através do Programa Água Doce, o investimento médio para a instalação de um dessalinizado é de aproximadamente R\$ 278 mil por unidade, produzindo aproximadamente 4 m³/dia e servindo aproximadamente 400 pessoas. A manutenção anual desses sistemas custa cerca de R\$18 mil, levando em conta a substituição e higienização das membranas.

Ainda que o custo por metro cúbico da água dessalinizada seja superior ao do tratamento convencional, sua relevância socioambiental é inquestionável, sobretudo em contextos de vulnerabilidade hídrica. Assim, a dessalinização deve ser

compreendida não apenas sob a visão econômica, mas como política pública estratégica de segurança hídrica, cujo êxito depende de planejamento técnico, viabilidade financeira e gestão adequada para garantir continuidade e eficiência dos sistemas implantados segundo Andrade (2019).

Os sistemas de dessalinização apresentam custos variados conforme a escala de implantação. Em grandes projetos, como a usina planejada pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), o investimento estimado é de cerca de R\$ 480 milhões, com capacidade de produção de 1 m³ por segundo, ampliando em aproximadamente 12% o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza.

Andrade (2019) aborda que são as tecnologias mais utilizadas é a osmose reversa, cujo custo médio da água dessalinizada é de cerca de US\$ 2 por m³ (aproximadamente R\$ 8/m³), valor superior ao tratamento convencional de água doce, que gira em torno de R\$ 3/m³. Em menor escala, como no Programa Água Doce, no semiárido nordestino, o investimento médio para instalação de um dessalinizado é de aproximadamente R\$ 278 mil, com produção de cerca de 4 m³ por dia, atendendo aproximadamente 400 pessoas, além de custos anuais de manutenção em torno de R\$ 18 mil. Esses dados demonstram que, apesar do alto investimento inicial e dos custos de manutenção, a dessalinização se configura como uma alternativa estratégica para garantir segurança hídrica em regiões com escassez de água.

Sistemas com menor capacidade, como o Tipo I (400 L/h), exigem um investimento inicial de aproximadamente R\$16.935,06, enquanto o Tipo II (600 L/h) necessita de aproximadamente R\$18.215,06. Conforme a capacidade cresce, os preços também sobem, passando de R\$ 20.092,69 para o Tipo III (800 L/h) para R\$ 22.905,83 para o Tipo IV (1.200 L/h) e R\$ 26.745,83 para o Tipo V (1.800 L/h). Nota-se que o dessalinizado constitui a maior parte do investimento total do sistema, com o custo das membranas podendo chegar a até 67% do valor do equipamento, particularmente nos modelos de maior capacidade (Silva et al., 2017).

Em relação aos custos operacionais anuais, que incluem gastos com eletricidade, reposição de peças, produtos químicos e manutenção preventiva e corretiva, nota-se que os montantes estão em conformidade com a dimensão do sistema. O Tipo I tem um custo anual de R\$2.169,50, enquanto os tipos II e III

registram R\$ 2.266,35 e R\$ 2.346,15, respectivamente. Por outro lado, os sistemas com maior capacidade têm custos mais altos, com R\$3.062,63 para o Tipo IV e R\$3.461,55 para o Tipo V. Esses números indicam que, mesmo que os sistemas maiores requerem um maior investimento anual, sua capacidade produtiva é consideravelmente maior, impactando positivamente a relação custo-benefício quando adequadamente dimensionados (Silva et al., 2017).

Os métodos de armazenamento de água durante períodos de seca, como cisternas e reservatórios, são opções de baixo custo e manutenção simples, contudo, dependem das precipitações e têm capacidade limitada, por outro lado, a dessalinização possibilita o uso de águas salobras até mesmo durante longos períodos de seca, porém requer um investimento inicial mais alto, além de custos constantes com energia e manutenção especializada.

Portanto, cada sistema tem seus próprios limites, custos e graus variados de complexidade, é crucial selecionar a tecnologia mais apropriada às circunstâncias econômicas, técnicas e socioambientais da comunidade para assegurar a sustentabilidade e eficácia no fornecimento. Nas considerações finais, destaca-se que o desenvolvimento da pesquisa demonstrou que a proposta inicial foi essencial para orientar e fundamentar a realização deste trabalho.

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na abordagem utilizada, que se baseia na avaliação integrada da paisagem, na elaboração de mapas, na aplicação de geotecnologias, na coleta e análise de amostras de água, conseguimos identificar os elementos essenciais ligados à dinâmica da água na região em análise. Visto que a variação sazonal, é traço característico das áreas situadas no bioma Cerrado, onde há uma alternância entre períodos de chuva e períodos de seca distintos na unidade de conservação.

No período de seca, notou-se uma diminuição considerável no volume de água nos córregos analisados, especialmente nos pontos de menor fluxo e nos afluentes temporários, o que evidencia a variação de parte da rede de drenagem local. Simultaneamente, observou-se a existência de sais dissolvidos na água, com diferenças nos índices nos sólidos totais dissolvidos entre os diversos locais de coleta.

Mesmo com essas flutuações, as análises mostraram que nem todas as amostras de águas coletadas e analisadas se encaixam na categorização de água doce definida pela Resolução CONAMA no 357/2005, evidenciando que, mesmo com a presença de sais, em alguns pontos de análises os níveis permanecem dentro dos limites adequados para consumo.

A análise unificada dos resultados possibilitou entender que a concentração de salinidade nas águas superficiais da área de pesquisa está diretamente ligada às propriedades naturais do local. Dentre os fatores mais relevantes identificados, a influência das formações geológicas existentes na área, particularmente a Formação Pedra de Fogo, cuja composição mineral favorece para os cursos de água através de processos de dissolução mineral. Visto que, a Formação Sambaíba exibe propriedades sedimentares que facilitam os processos de infiltração e armazenamento de água subterrânea, auxiliando na dinâmica da água na região e com águas sem salinidade ou pouca salinidade.

Um aspecto significativo diz respeito às condições climáticas da área, marcadas por altas temperaturas e alta evaporação durante a estação seca, o que favorece a acumulação de sais nos corpos de água. Este processo também é fortemente influenciado pelas características pedológicas, pois os solos predominantemente na área possuem baixa permeabilidade e baixa capacidade de

retenção de água, favorecendo a rápida infiltração da água da chuva e diminuindo sua permanência na superfície.

Deste modo, a hipótese que norteou a pesquisa se confirmou, evidenciando que a salinidade encontrada nas águas superficiais das bacias dos córregos Bananeira e Grotão no MONAF está principalmente ligada a elementos naturais, particularmente à interação entre litologia, solos, clima e a dinâmica da água regional, em outros casos enfocados por outros estudos estão ligados ao manejo da água, irrigação, entre outros. Simultaneamente, a falta de água durante a época de seca está ligada à dinâmica ambiental do Cerrado e às particularidades hidrogeológicas da área afetam diretamente a quantidade e qualidade de água superficial disponível.

Além de solucionar o problema principal do estudo, os resultados obtidos evidenciaram a relevância de implementar estratégias que auxiliem na administração sustentável dos recursos hídricos na área. Portanto, métodos de acumulação de água, tais como cisternas, reservatórios de pequeno porte e sistemas de captação de água pluvial, surgem como opções viáveis para aumentar a disponibilidade de água durante os períodos de seca.

Assim como as tecnologias de dessalinização, particularmente aquelas adaptadas à realidade local e de pequena escala, podem servir como uma estratégia adicional para assegurar o acesso à água em circunstâncias de maior concentração de sais dissolvidos, conforme os recursos econômicos da população e um maior investimento do órgão estadual e municipal.

Também se destaca a relevância do monitoramento constante da qualidade da água e da conservação das bacias hidrográficas no MONAF, pois essa unidade de conservação tem um papel crucial no patrimônio natural, geológico e paleontológico da área. Preservar a vegetação ciliar, o uso do solo e monitorar as condições ambientais são componentes cruciais para preservar o equilíbrio ecológico e a disponibilidade de água na região.

É importante ressaltar que este estudo auxilia na expansão do entendimento científico acerca da dinâmica hídrica nas bacias dos córregos Bananeira e Grotão no MONAF no norte do Tocantins, fornecendo subsídios para o planejamento ambiental e a administração dos recursos hídricos em áreas de preservação.

Sugere-se a expansão das análises da água em todos os cursos de água na UC, além do acompanhamento a longo prazo das bacias hidrográficas analisadas, para entender mais profundamente os impactos das alterações climáticas, do uso do solo e das variações hidrológicas nos recursos hídricos da área.

Compreende que a salinidade e a falta de água no MONAF estão interligadas a uma complexa interação entre elementos geológicos, climáticos e ambientais, enfatizando a relevância de análises integradas da paisagem para entender e administrar de forma sustentável os recursos hídricos em áreas naturais protegidas.

Portanto, o conhecimento gerado por este estudo não só responde às perguntas iniciais, mas também intensifica a discussão científica sobre a administração da água em áreas sujeitas à variação climática e à dinâmica natural de salinização, auxiliando na criação de estratégias mais eficientes de preservação e utilização sustentável dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Água. Drenagem e Controle de Salinidade na Irrigação. Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada. Disponível em: https://capacitacao.ana.gov.br/images/curso_drenagem_e_controle_de_salinidade_na_irrigacao/Drenagem_4h.pdf acesso em: 06 mar. 2026.

ALIANÇA ENERGIA. Implantação do projeto inovação vencedor de 2022: dessalinizador solar. Disponível em: <https://aliancaenergia.com.br/noticias/implantacao-do-projeto-inovacao-vencedor-de-2022-dessalinizador-solar>. Acesso em: 6 mar. 2026

ANDRADE, Natanael Ruiz de. "Escassez de água no Brasil: racionamento e reuso." **Fortaleza** – CE 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/35459>. acesso em: 06 mar. 2026.

ANDRADE, Rodrigo de Oliveira. O sal da água: Ceará planeja construir a primeira grande usina de dessalinização do país; novas tecnologias são pesquisadas no Brasil e no exterior para reduzir o custo do processo. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 279, p. 64–68, maio 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/05/Revista-Pesquisa-FAPESP-279.pdf> acesso em: 10. nov. 2025.

ALVES, Telma Lucia Bezerra; AZEVEDO, Pedro Vieira de; Pereira, Suellen Silva; FARIAS, André Aires de; CABRAL, Laíse da Nascimento. Vantagens e Desvantagens das Tecnologias de Armazenamento de Água no Semiárido Brasileiro. **8º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Campina Grande-PE**, agosto, 2012. Disponível em: https://www.abcmmac.org.br/simposio8/files/anais/Vantagens_e_Desvantagens_das_Tecnologias_de_Armazenamento_de_Agua_no_Semiarido_Brasileiro.pdf acesso em: 10. nov. 2025.

ARAÚJO, Raphael Neto. "**Depósitos lacustres rasos da Formação Pedra de Fogo, Permiano da bacia do Parnaíba, Brasil.**" (2015). Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/server/api/core/bitstreams/4f3fe3e4-ebb3-4e03-be2a-658a492697ed/content> acesso em: 06 mar. 2026.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE (SEPLAN). *Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial.* Palmas: **SEPLAN**, 1999.

BRAY, Nyle. C; WEIL, Ray. R. **elementos da natureza e propriedades dos solos.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Programa Água Doce.** Brasília, DF: MDR, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr>. acesso em: 06 mar. 2026.

BRITO, L.T. de L; SRINIVASAN, V.S; SILVA, A.de S; GREYI, H.R. GALVÃO, C. de O; HERMES, L.C. Fatores Relacionados à Salinidade das Águas da Bacia Hidrográfica do Salitre. **Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva**, Juazeiro-BA, p.01-09, 2003. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB556.pdf acesso em: 06 mar. 2026.

CLICK PETRÓLEO E GÁS. Equipamento de dessalinização de água (imagem). Disponível em: <https://clickpetroleogas.com.br/wp->

content/uploads/2025/05/a8b1de80-2b92-430c-85e8-674520409c91-730x730.jpg.
Acesso em: 6 mar. 2026.

CUIKET. Imagem de dessalinizador/empresa (fotografia). Disponível em: https://www.cuiket.com.br/imagenes/company_photo/33933_big.jpg. Acesso em: 6 mar. 2026.

BERGER, Elisabeth; FRÖR, Oliver; SCHÄFER, Ralf B. Salinity impacts on river ecosystem processes: a critical mini-review. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 374, n. 1764, p. 20180010, 2019. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/rstb/article/374/1764/20180010/42244>. acesso em: 06 mar. 2026.

Barros, Larissa Suassuna Carvalho; Marcia Dieguez Leuzinger. "Planos de manejo: Panorama, desafios e perspectivas." **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito–PPGDir./UFRGS** 13.2, 2018. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ppgdir/article/view/81895/52015>. acesso em: 06 mar. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resoluções do CONAMA: resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. **Brasília: Ministério do Meio Ambiente**, 2012. Disponível em: <https://conama.mma.gov.br/images/conteudo/LivroConama.pdf>. acesso em: 10 fev. 2026.

Cañedo-Argüelles, Miguel, et al. "Salinisation of rivers: an urgent ecological issue. **Environmental pollution**, 173 (2013): 157-167. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749112004502>. Acesso em: 10 fev. 2026.

CASTRO, Ana Lídia de Almeida; Andrade, Edilene Pereira; Ugaya, Cássia Maria Lie; Figueiredo Maria Cléa Brito de. "**Escassez hídrica.**" p, 1-34 (2017).

COSTA, Margarida Regueiro da; LIMA, Edimilson Barbosa; DAMASCENO, Solange Batista. Salinidade das Águas em Barragens Subterrâneas no Semi-Árido do Nordeste do Brasil. **XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica**, Gramado-RS, p.1113-1116, outubro, 2011. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/items/34acb5dd-516d-4ee9-8173-b4affa47989b>. acesso em: 06. mar. 2026.

MACHADO, Carlos Augusto; SOUZA, Benilson Pereira de. Potencial Paisagístico Na Unidade De Conservação Monumento Natural Das Árvores Fossilizadas Do Tocantins (MONAF), Município De Filadélfia (TO). **Revista caminhos de geografia**, Uberlândia-MG, v19, n. 68, p.250- 265. Dez/2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40722/> acesso em: 06. mar. 2026.

MATTOS, Luis Claudio; FERREIRA, Ana Paula; MAY, P. Seca e estiagem: dois sentidos para o mesmo fenômeno. **A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no Nordeste semiárido brasileiro**. Rio de Janeiro: EdUERJ, p. 29-46. 2020. Disponível em: <https://hal.science/hal-04429433/file/A%C3%A7%C3%A3o%20P%C3%BAblica%20de%20adapta%C3%A7%C3%A3o%20no%20Nordeste%20Brasil%2C%20Sabourin%20et%20al%202021.pdf#page=32>. acesso em: 06. mar. 2026.

MERCADO LIVRE. Dessalinizador doméstico para água salobra de baixa vazão (20 L/h). Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/dessalinizador-domestico-p-agua-salobra-baixa-vazao-20lh/up/MLBU2337360966>. Acesso em: 6 mar. 2026.

PEDROTTI, Alceu; CHAGAS, Rogerio Moreira; RAMOS, Victor Callegari; PRATA, Ana Paula da Nascimento; LUCAS; Ariovaldo Antônio Tadeu; SANTOS, Priscila Barbosa dos. **Causas e Consequências do Processo de Salinidade dos Solos.** Revista eletrônica em gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v.19, n. 2, p.1308-1324, mai-ago. 2015.

PEREIRA, Luciene; SANTIAGO, Maria Marlúcia Freitas; FRISCHKORN, Host; ARAÚJO, José Carlos de; LIMA, José Ossian Gadelha. A Salinidade Das Águas Superficiais E Subterrâneas Na Bacia Da Gameleira, Município De Aiuaba/CE. **Águas subterrâneas**, v.20, n.2, p.9-18, 2006. Disponível em: <https://aguassubterraneas.emnuvens.com.br/asubterraneas/article/view/10434> acesso em: 06. mar. 2026.

DIAS, Ricardo; BORGES, Sabino Teixeira (org.). *Projeto de Gestão Ambiental Integral do Bico do Papagaio: Geomorfologia da folha SB.22-Z-B – Carolina, Estado do Tocantins.* Escala 1:250.000. Palmas: **SEPLAN/DZE**, 2004.

RIBEIRO, Wagner Costa; dos Santos, Cinthia Leone Silva; da Silva, Luis Paulo Batista da Silva "Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: Marcos teóricos." **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política** 1.2 p, 11-11. (2019). Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/23619>. acesso em: 06. mar. 2026.

Silva, Fábio Leandro, et al. "Gestão de recursos hídricos e manejo de bacias hidrográficas no Brasil: elementos básicos, histórico e estratégias." **Revista Brasileira de Geografia Física** 14.3 (2021): 1626-1653. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Silva-11/publication/353496778_Gestao_de_recursos_hidricos_e_manejo_de_bacias_hidrograficas_no_Brasil_elementos_basicos_historico_e_estrategias/links/61008e7c1e95fe241a918a32/Gestao-de-recursos-hidricos-e-manejo-de-bacias-hidrograficas-no-Brasil-elementos-basicos-historico-e-estrategias.pdf. acesso em: 06. mar. 2026.

SILVA, Alexsandro Oliveira da; KHAN, Ahmad Saeed; LIMA, Patrícia Verônica Pinheiro Sales. Avaliação benefício-custo de sistemas de dessalinização de água em comunidades rurais cearenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília**, v. 55, n. 4, p. 769-788, out./dez. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/hwYNdGkSbvN6dCsB4dLVBqw/?lang=pt&format=html> acesso em: 06. mar. 2026.

SILVEIRA, Ana Paula Pereira; Nuvolari, Ariovaldo; Degasperi, Francisco Tadeu Firsoff, Wladimir. Dessalinização de águas. São Paulo. **Oficinas de textos** 2015.

Tocantins (Estado) Plano de Manejo do Parque Estadual Monumento Natural das Árvores Fossilizadas. **Consórcio OIKOS- MRS Estudos Ambientais**, 2005.

APÊNDICE



Naiane
DECLARAÇÃO DE AL