



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

MARIA THÁLIA DE MENEZES

**ACESSO À ÁGUA POTÁVEL EM COMUNIDADES RURAIS: ANÁLISE FÍSICO-
QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA COMUNIDADE RURAL DE PA
SANTA AGOSTINHA EM CARAÚBAS/RN**

CARAÚBAS

2024

MARIA THÁLIA DE MENEZES

**ACESSO À ÁGUA POTÁVEL EM COMUNIDADES RURAIS: ANÁLISE FÍSICO-
QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA COMUNIDADE RURAL DE PA
SANTA AGOSTINHA EM CARAÚBAS/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Leonete Cristina de Araújo Ferreira
Medeiros Silva, Profa.

CARAÚBAS

2024

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

M541a Menezes, Maria Thália de.
ACESSO À ÁGUA POTÁVEL EM COMUNIDADE RURAIS:
ANÁLISE FÍSICOQUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA
COMUNIDADE RURAL DE PA SANTA AGOSTINHA EM
CARAÚBAS/RN / Maria Thália de Menezes. - 2024.
42 f. : il.

Orientadora: Leonete Cristina de Araújo
Ferreira Medeiros Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Águas subterrâneas. 2. Zona Rural. 3.
Potabilidade. 4. Saúde. I. Silva, Leonete
Cristina de Araújo Ferreira Medeiros, orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

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

MARIA THÁLIA DE MENEZES

**ACESSO À ÁGUA POTÁVEL EM COMUNIDADES RURAIS: ANÁLISE FÍSICO-
QUÍMICA DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA COMUNIDADE RURAL DE PA
SANTA AGOSTINHA EM CARAÚBAS/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 22 / outubro / 2024

BANCA EXAMINADORA

Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva, Profa. (UFERSA)
Presidente

Marcelo Batista de Queiroz, Prof. (UFERSA)
Membro Examinador

Renata de Oliveira Marinho, Prof. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedicado à minha vizinha, Sebastiana Romana!

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus e a Nossa Senhora, por renovarem minhas forças a cada amanhecer e por me ajudarem a superar cada desafio.

Aos meus pais, José Diniz e Rozemeire do Vale, faltam palavras para agradecer por todo o apoio, dedicação, amor e por sempre acreditarem em mim. Obrigada por serem minha base.

À Tia Maria, por ser a melhor pessoa do mundo, minha segunda mãe.

Aos meus irmãos, Maria Nathália e Diniz Júnior, por serem uma das minhas maiores motivações.

Ao meu namorado, Francisco Dagoberto, por todo amor, apoio e incentivo.

A todos os meus familiares e amigos, que sempre torceram e vibraram pelas minhas conquistas.

À minha amiga Gabriela Nunes, que dividiu comigo o peso da vida acadêmica.

Ao meu padrinho, Francisco Evanildo, que se disponibilizou a me ajudar com a coleta das amostras.

À minha orientadora, Leonete Cristina, por acreditar na minha capacidade, pelo incentivo e por todo o conhecimento repassado.

Aos professores da Banca Examinadora, que se disponibilizaram a estar presentes em um momento tão importante da minha vida acadêmica.

E a todos aqueles que acompanharam minha jornada e que, de forma direta ou indireta, me ajudaram a nunca desistir, principalmente nos momentos mais difíceis.

“Consagre ao Senhor tudo o que você faz e os
seus planos serão bem-sucedidos”

provérbios 16:3

RESUMO

A água é um recurso fundamental para a vida e com a grande demanda populacional, a poluição e as baixas disponibilidade de água doce, faz esse recurso se tornar cada vez mais escasso. As zonas rurais são as áreas que mais sofre com a falta d'água e com isso, a busca por meios alternativos para abastecimento, como poço, cisternas e carros-pipas, tornam-se cada vez mais frequentes. As águas subterrâneas são bastante utilizadas, porém a qualidade dessa água pode sofrer contaminações de diversos fatores, proporcionando risco a saúde dos consumidores. Com isso, é necessário o monitoramento para avaliar a potabilidade da água, buscando garantir o consumo de água potável, dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água, por meio de análises físico-químicas, na comunidade PA Santa Agostinha, que tem como principal sistema de abastecimento, um poço subterrâneo. Para isso, foram coletadas amostras de água no poço e em 5 residências da comunidade, para analisar os seguintes parâmetros: pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, cloreto e nitrato. Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que todos os parâmetros apresentaram valores em conformidade com a Portaria do Ministério da Saúde nº 888/2021.

Palavras-chave: Águas subterrâneas. Zona Rural. Potabilidade. Saúde.

ABSTRACT

Water is a fundamental resource for life, and with the high population demand, pollution, and low availability of fresh water, this resource is becoming increasingly scarce. Rural areas are the areas that suffer most from the lack of water, and as a result, the search for alternative means of supply, such as wells, cisterns, and tanker trucks, is becoming increasingly frequent. Groundwater is widely used, but the quality of this water can be contaminated by several factors, posing a risk to the health of consumers. Therefore, monitoring is necessary to assess the potability of the water, seeking to ensure the consumption of drinking water, within the parameters established by current legislation. The present study aims to evaluate the quality of water, through physical and chemical analyses, in the PA Santa Agostinha community, which has an underground well as its main supply system. For this purpose, water samples were collected from the well and from 5 homes in the community, to analyze the following parameters: pH, turbidity, electrical conductivity, total dissolved solids, chloride, and nitrate. Based on the results obtained, it can be stated that all parameters presented values in accordance with the Ministry of Health Ordinance No. 888/2021.

Keywords: Groundwater. Rural Area. Potability. Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área de estudo, Assentamento Santa Agostinha – Caraúbas/RN.....	22
Figura 2 - Pontos de coleta na área coletiva	23
Figura 3 - Potenciômetro Digital	25
Figura 4 - Condutivímetro Digital	26
Figura 5 - Turbidímetro Digital	27
Figura 6 - Espectrofotômetro (UV/VIS).....	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação de turbidez	32
Gráfico 2 - Variação de pH.....	33
Gráfico 3 - Variação de condutividade elétrica	35
Gráfico 4 - Variação de SDT	36
Gráfico 5 - Variação de cloreto	38
Gráfico 6 - Variação de nitrato	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrão de potabilidade	20
Tabela 2 - Valores de turbidez.....	31
Tabela 3 - Valores de pH.....	33
Tabela 4 - Valores de condutividade elétrica	34
Tabela 5 - Valores de SDT	36
Tabela 6 - Valores de Cloreto.....	37
Tabela 7 - Valores de nitrato	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Desafios do Abastecimento de Água na Zona Rural	17
2.2	Água subterrânea como fonte de abastecimento	18
2.3	Qualidade da água e saúde pública	19
2.4	Parâmetros de qualidade da água	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	Área de estudo	22
3.2	Tipo de estudo	23
3.3	Processo de amostragem	23
3.4	Procedimento para a Coleta das Amostras	24
3.4.1	Recipientes.....	24
3.4.2	Instruções de coleta.....	24
3.4.3	Transporte da coleta.....	25
3.5	Análises físico-químicas	25
3.5.1	Potencial hidrogeniônico (pH).....	25
3.5.2	Condutividade elétrica	26
3.5.3	Turbidez.....	27
3.5.4	Sais dissolvidos totais	28
3.5.5	Cloreto	28
3.5.6	Nitrato	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31

4.1	Turbidez.....	31
4.2	Potencial hidrogeniônico (pH)	32
4.3	Condutividade elétrica (CE)	34
4.4	Sólidos dissolvidos totais	35
4.5	Cloreto	37
4.6	Nitrato.....	38
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A água é essencial para a preservação de todas as formas de vida no planeta. Embora cerca de dois terços da superfície da Terra sejam cobertos por água, apenas uma pequena parte é composta por água doce, que é fundamental para o consumo humano e para os ecossistemas. Além disso, a distribuição dessa água doce não ocorre de forma uniforme, o que gera um desequilíbrio significativo em diferentes regiões do mundo. Enquanto algumas áreas enfrentam severa escassez hídrica, outras apresentam relativa abundância. Esse cenário dificulta a gestão e preservação dos recursos hídricos, especialmente em áreas mais vulneráveis (Silva, 2020).

O semiárido brasileiro enfrenta reservas de água insuficientes em seus mananciais, com temperaturas elevadas durante todo o ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e alta taxa de evapotranspiração. Além disso, a irregularidade dos índices pluviométricos, que variam de 300 mm a 1.300 mm conforme o município, contribui para a situação de escassez em determinadas regiões (Lordelo, 2018).

As áreas rurais, devido à dificuldade das Prefeituras ou Companhias Estaduais de Saneamento em garantir a distribuição de água potável, recorrem frequentemente a fontes alternativas, como poços subterrâneos. Essas fontes são essenciais para atender às necessidades da população local e sustentar suas atividades socioeconômicas (Silva, 2019).

A água subterrânea é aquela que se encontra abaixo da superfície da Terra, ocupando os poros e espaços entre os grãos das rochas sedimentares, bem como as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas. Influenciada pelas forças de adesão e gravidade, esse recurso é fundamental para manter a umidade do solo e sustentar o fluxo de rios, lagos e brejos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2024).

A água subterrânea é uma solução viável para a disponibilidade hídrica, pois representa uma grande reserva de água doce no planeta, tornando-se um recurso valioso para atender às necessidades humanas e econômicas. Seu uso para abastecimento de comunidades é considerado uma importante alternativa (Silva, 2019).

A caracterização da qualidade hidroquímica de aquíferos ou águas superficiais geralmente exige a realização de análises laboratoriais especializadas. Embora existam no mercado equipamentos científicos portáteis para a análise de parâmetros de qualidade da água, que podem ser facilmente transportados ao local de coleta, esse processo ainda apresenta desafios. Entre os principais obstáculos estão os altos custos dos equipamentos portáteis e a

infraestrutura necessária para garantir que os padrões adequados de coleta e análise sejam seguidos corretamente (Vasconcelos, 2019).

A qualidade das águas subterrâneas é inicialmente determinada pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que formam os aquíferos por onde a água percola. No entanto, outros fatores também podem influenciá-la, como a composição da água de recarga, o tempo de contato entre a água e o meio físico, o clima e a poluição resultante das atividades humanas (Ambiente Brasil, 2024). Essa qualidade da água é definida por suas características físicas, químicas e microbiológicas, que determinam sua pureza e adequação para diversos usos. Para garantir que a água atenda aos padrões exigidos pelas autoridades competentes, são avaliados parâmetros como pH, turbidez, presença de contaminantes químicos, além de bactérias, vírus e outros microrganismos (Pereira, 2023).

No Brasil, a Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021, publicada pelo Ministério da Saúde, estabelece que a água deve ser potável para ser considerada adequada ao consumo humano. Isso se aplica tanto à ingestão direta quanto à preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente de sua fonte. A água não deve representar nenhum risco à saúde do consumidor, sendo o Ministério da Saúde o órgão responsável por definir os Valores Máximos Permitidos (VMP) para os parâmetros de qualidade relacionados ao consumo humano (Pereira, 2024).

Nesse contexto, o presente trabalho trata-se da caracterização da qualidade da água do poço localizado na comunidade Santa Agostinha, município Caraúbas/RN. O poço foi perfurado em 2002 e atualmente é a principal fonte de abastecimento para a população local, atendendo 31 famílias e agregados. Tendo em vista a importância da potabilidade da água para o consumo humano e que última análise dos parâmetros da água proveniente do poço foi realizada em 2002, torna-se essencial realizar uma nova análise para caracterizar a qualidade atual da água do poço que abastece a comunidade.

Com isso, define-se para o problema de pesquisa o seguinte questionamento: A água fornecida à comunidade do P.A Santa Agostinha atende aos padrões de qualidade exigidos pela legislação vigente para o consumo humano?

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Caracterizar a qualidade da água do poço da comunidade PA Santa Agostinha, localizada no município de Caraúbas RN.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar análises laboratoriais para caracterizar os parâmetros físico-químicas das amostras coletas;
- Identificar possíveis riscos à saúde decorrentes do uso da água proveniente do poço;
- Apresentar propostas para melhorar a qualidade da água, se necessário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Desafios do Abastecimento de Água na Zona Rural

A dependência da água doce sempre foi fundamental para a sobrevivência e o desenvolvimento cultural e econômico das grandes civilizações, tanto no passado quanto no presente. Isso reafirma que o acesso à água é essencial para sustentar a vida, além de ser crucial para as atividades econômicas e o desenvolvimento (Tundisi, 2011).

Devido às condições naturais adversas do sertão, a disponibilidade hídrica para o abastecimento de água é desfavorável, com períodos em que a água é escassa ou inexistente durante meses do ano. Assim, o abastecimento de água para as famílias que residem na zona rural do sertão brasileiro representa sempre um desafio para os governantes e as empresas prestadoras desse serviço. As águas superficiais são escassas, uma vez que a maior parte dos rios apresenta regime intermitente. As águas subterrâneas, por sua vez, não dispõem de vazão suficiente e qualidade adequada para o abastecimento. Além disso, as precipitações pluviométricas são baixas (Lordelo, 2018).

A ocorrência de falhas no sistema de abastecimento de água ou a falta de água potável pode levar a comportamentos de risco, como o uso de fontes de água inadequadas para o consumo. Esse problema é especialmente relevante em áreas rurais, onde a população frequentemente não tem acesso a soluções adequadas de abastecimento de água ou, quando tem, essas soluções são geralmente precárias (Silva *et al.*, 2016). A disponibilidade de água para consumo é fundamental para o desenvolvimento social e econômico em qualquer esfera. Nas áreas rurais, é essencial que seu uso e fornecimento ocorram de forma sustentável e equitativa, garantindo a todos acesso à água em quantidade e qualidade adequadas (Silva, 2019).

Ao condicionar a oferta de água potável à construção e ao acesso a grandes infraestruturas, as áreas rurais acabam sendo excluídas do serviço. Isso ocorre devido a diversos fatores geográficos, como a grande dispersão das localidades, bem como à situação econômica dos municípios, que inclui o baixo nível de renda e o reduzido poder aquisitivo da população. Esses elementos, combinados, dificultam a implantação e a operação dessas infraestruturas nas áreas rurais, tornando-as precárias (Silva, 2019).

O acesso a água segura é promovido pela construção de infraestruturas de abastecimento de água tratada, garantindo sua potabilidade. No entanto, nas áreas rurais, o abastecimento é

frequentemente feito por fontes alternativas, como poços, para atender às necessidades da população e suas atividades socioeconômicas (Silva, 2019).

2.2 Água subterrânea como fonte de abastecimento

As águas subterrâneas são essenciais para a vida, pois não apenas fornecem água para áreas urbanas e rurais, mas também atuam como recurso em diversas atividades econômicas. Além disso, essas águas são fundamentais para a manutenção de ecossistemas aquáticos, incluindo rios, lagos, manguezais e pântanos. Diferentemente das águas superficiais, que são facilmente visíveis, as águas subterrâneas permanecem ocultas, o que torna sua gestão um desafio (Silva, 2020).

Elas desempenham um papel importante do ponto de vista natural, social e econômico. Elas não apenas sustentam a vida no planeta, mas também são um recurso fundamental para diversas atividades humanas e servem como matéria-prima em inúmeros processos industriais, contribuindo assim para o desenvolvimento econômico (Silva, 2019).

Em diversas regiões onde as condições são propícias para sua utilização, a água subterrânea se destaca como uma fonte importante para o abastecimento público. Isso se deve a várias vantagens, incluindo a dispensa de grandes obras hidráulicas, uma qualidade química, física e bacteriológica que geralmente é satisfatória, a facilidade de extração e captação, além do baixo custo de instalação dos sistemas de abastecimento (Silva, 2019).

Em relação à água superficial, a água subterrânea possui um risco de contaminação menor, graças ao processo de percolação que ocorre quando a água passa pelas camadas do solo. Essas camadas funcionam como filtros naturais, diminuindo a concentração de poluentes. Entretanto, uma vez que a água subterrânea é contaminada, sua qualidade se deteriora, o que pode resultar em sérios problemas de saúde pública (Oliveira, 2024).

As principais fontes de contaminação das águas subterrâneas incluem: lixiviados provenientes de lixões e aterros sanitários ou industriais mal operados e mal projetados; acidentes envolvendo substâncias tóxicas, especialmente no transporte rodoviário; práticas inadequadas de armazenamento, manuseio e descarte de matérias-primas, produtos, efluentes e resíduos em atividades industriais; vazamentos em redes de coleta de esgoto doméstico; além do uso inadequado de agrotóxicos e fertilizantes, que, junto à irrigação, podem provocar a infiltração de contaminantes nas águas subterrâneas (Barbosa; Maffessoni, 2023).

Com isso, fica claro que o tratamento da água captada de poços é indispensável para sistemas de abastecimento, exigindo uma série de etapas com processos físico-químicos e bacteriológicos, com o objetivo de melhorar sua qualidade e torná-la potável, promovendo assim o bem-estar da comunidade local (Pereira, 2024).

2.3 Qualidade da água e saúde pública

A potabilidade da água para o consumo humano é fundamental, pois está diretamente ligada à saúde pública e à sustentabilidade. A vigilância promovida pelas legislações atuais sobre recursos hídricos, como a Portaria 888/2021, é essencial para proteger a saúde da população e reduzir os custos com despesas médicas. Além disso, assegurar o acesso à água tratada vai além do bem-estar individual, representando um investimento na construção de uma sociedade mais saudável e próspera (Pereira, 2024).

A Portaria de Consolidação nº 888, de 4 de maio de 2021, do Ministério da Saúde, define a água potável como aquela que atende aos padrões de potabilidade e que pode ser utilizada para ingestão humana, preparo de alimentos e higiene pessoal, sem representar riscos à saúde. No entanto, há uma escassez de pesquisas sobre a qualidade da água para consumo humano em áreas rurais. Apenas estudos locais podem revelar a situação real de uma comunidade rural em relação ao uso de água potável. Somente após a realização desse estudo é viável propor aos moradores ações de saneamento, medidas mitigadoras e a implementação de tecnologias básicas que garantam o fornecimento de água de qualidade superior (Wakayama; Rocha, 2015).

Contudo, o monitoramento da qualidade sanitária da água deve ser constante e rigoroso, uma vez que a água contaminada eleva o risco de doenças transmitidas pela água, servindo como meio para a propagação de diversos patógenos. Apesar de as águas subterrâneas possuírem uma proteção natural maior, elas ainda estão suscetíveis à poluição e à exploração inadequada. Além de compreender as condições de armazenamento, circulação e uso atual, a gestão desse recurso estratégico requer um planejamento cuidadoso (Silva, 2020).

Do ponto de vista da saúde pública, a água desempenha um papel importante tanto na promoção da qualidade de vida quanto na transmissão de doenças ao ser humano. Portanto, é fundamental avaliar os fatores que podem impactar sua qualidade, especialmente aqueles que representam riscos significativos à saúde dos consumidores (Oliveira, 2016).

O acúmulo de determinados elementos na água destinada ao abastecimento público, como cálcio, sódio e flúor, pode trazer sérios riscos à saúde dos consumidores. A presença excessiva desses compostos pode, por exemplo, agravar condições de saúde já existentes, além de aumentar a probabilidade de surgimento de doenças crônicas não transmissíveis. Entre as enfermidades associadas a essa problemática, destacam-se a litíase renal e a hipertensão arterial, que podem impactar significativamente a qualidade de vida e a saúde da população em geral (Santos, 2011).

2.4 Parâmetros de qualidade da água

A qualidade das águas subterrâneas é inicialmente determinada pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que compõem os aquíferos por onde a água percola. No entanto, essa qualidade pode ser influenciada por uma variedade de outros fatores, como a composição da água de recarga, o tempo de contato entre a água e o meio físico, as condições climáticas e até mesmo a poluição resultante das atividades humanas. Com base nos valores obtidos para cada um desses parâmetros, é possível categorizar os diferentes usos da água, que incluem consumo humano, irrigação, aplicações industriais e outros (Santos, 2011).

Os padrões são utilizados para definir a qualidade desejada para diferentes usos específicos da água. O padrão de potabilidade estabelece os valores máximos, permitidos pela legislação, para alguns parâmetros indicadores presentes na água destinada ao consumo humano. Além disso, a avaliação da qualidade da água considera aspectos como sua qualidade microbiológica, física e química (Silva, 2019).

Parâmetros como pH, turbidez, presença de contaminantes químicos, bactérias, vírus e outros microrganismos são analisados para garantir que a água cumpra os padrões de qualidade estabelecidos pelas autoridades competentes (Pereira, 2023). Com base nos valores identificados para cada um desses parâmetros, é viável definir uma variedade de usos, incluindo consumo humano, irrigação, atividades industriais e outros (Ambiente Brasil, 2024).

A Tabela 1, mostra os valores máximos permitidos conforme estabelecidos pela Portaria nº 888/21.

Tabela 1 - Padrão de potabilidade

Parâmetro	Unidade	VMP
pH	-	6,0 à 9,0

Turbidez	NTU	5
Condutividade elétrica	µS/cm	-
Sais dissolvidos totais	mg/L	500
Cloreto	mg/L	250
Nitrato	mg/L	10

Fonte: Portaria nº 888/2021

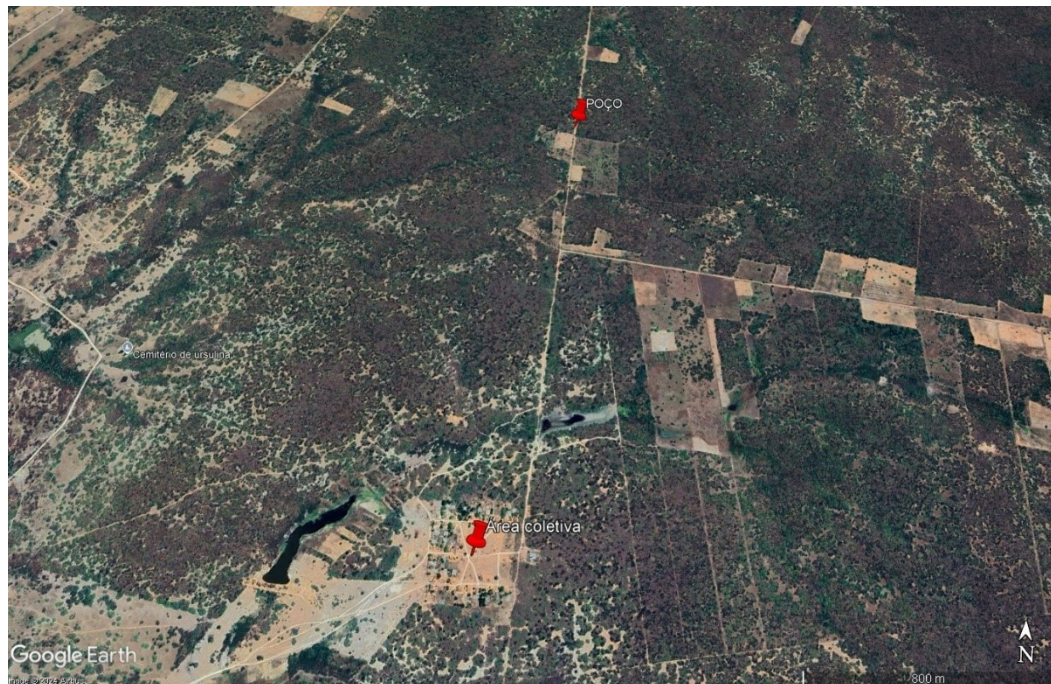
3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Assentamento PA Santa Agostinha, estabelecido em 1996, na zona rural de Caraúbas/RN, com uma área total de 992,12 hectares, distribuída entre 31 famílias. Devido à escassez de água, a comunidade adquiriu diversas fontes de recursos hídricos para atender às suas necessidades, incluindo três açudes, um cacimbão, sete barragens subterrâneas e um poço. Cada família possui, no mínimo, duas cisternas domiciliares para aproveitamento de águas pluviais, instaladas por meio de projetos, e o assentamento também dispõe de duas cisternas comunitárias abastecidas pelo exército por meio de carro-pipa.

A figura 1 mostra a localização do poço, da área coletivo e do açude principal do Assentamento Santa Agostinha.

Figura 1 - Área de estudo, Assentamento Santa Agostinha – Caraúbas/RN



Fonte: Google Earth, 2024.

O objeto de estudo trata-se da água proveniente do poço que abastece a comunidade. O poço do tipo tubular, perfurado em 2002, possui 80 metros de profundidade e uma vazão de 2 500 l/h. O mesmo está situado a aproximadamente 1,90 km da área coletiva do assentamento.

3.2 Tipo de estudo

Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico em artigos científicos, teses e revistas especializadas, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre os temas relevantes à área de interesse.

Esse estudo tem caráter de pesquisa exploratória, buscando caracterizar a qualidade da água com base em informações obtidas por meio de análises laboratoriais, correlacionadas aos valores máximos permitidos pela legislação vigente que determina os parâmetros de potabilidade da água.

Realizou-se uma análise quantitativa, com os resultados apresentados por meio de tabelas e gráficos percentuais elaborados no Microsoft Office 365 Excel® (2016). Proporcionando uma visão mais ampla e organizada dos dados obtidos nas análises.

3.3 Processo de amostragem

Foi realizada a coleta de 11 amostras, sendo 1 retirada do poço e as demais coletadas em 5 residências diferentes, denominadas R.1, R.2, R.3, R.4 e R.5. Nas residências, uma amostra foi coletada na tubulação logo após a passagem do hidrômetro, denominada amostra a, e a segunda, na torneira da pia da cozinha, denominada amostra b.

Figura 2 - Pontos de coleta na área coletiva



Fonte: Google Earth, 2024.

3.4 Procedimento para a Coleta das Amostras

Para a coleta das amostras, foi seguido as recomendações do Manual De Coleta De Amostras De Água Para Consumo Humano (Funasa, 2023).

3.4.1 Recipientes

- a) Frascos plásticos com tampas rosqueáveis, com capacidade para 500mL, previamente lavados e descontaminados com detergente neutro e água;
- b) no ponto de amostragem, foi coletado aproximadamente 500mL de amostra (não se encheu até o gargalo do frasco);
- c) evitou-se tocar nas partes internas dos frascos, assim como nas tampas;
- d) a coleta e manuseio dos recipientes foram feitos com cuidado, para evitar contaminação química ou microbiológica da amostra;
- e) as mãos foram lavadas antes de realizar o procedimento de coleta;
- f) os recipientes foram abertos somente no momento da coleta da amostra e pelo tempo necessário para seu preenchimento;
- g) não foi indicado o uso de luvas, que geralmente contêm talco e podem contaminar a amostra;
- h) poeiras e fumos de qualquer natureza foram evitados durante a coleta.

3.4.2 Instruções de coleta

- a) lavou-se as mãos com água e sabão;
- b) a torneira foi aberta e deixou-se escorrer a água durante 1 ou 2 minutos;
- c) coletou-se a amostra de água;
- d) o frasco foi preenchido com pelo menos 3/4 de seu volume;
- e) o frasco foi tampado, identificado, anotando endereço, hora, e nome do coletor, etc;
- f) marcou-se o frasco com o número da amostra, correspondente ao ponto de coleta;
- g) preencheu-se a ficha de identificação da amostra de água;
- h) o frasco da amostra foi colocado na caixa de isopor com gelo.

3.4.3 Transporte da coleta

- a) as amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas contendo gelo reaproveitável ou gelo embalado em saco plástico hermeticamente fechado. (Temperatura de $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$);
- b) o tempo entre a coleta e a entrega da amostra no laboratório não excedeu 48 horas.

3.5 Análises físico-químicas

Para esse estudo, foram determinados os testes de pH, condutividade elétrica, turbidez e teor de nitrato através de equipamentos específicos para cada parâmetro. Para a determinação dos sólidos dissolvidos utilizou-se o valor da condutividade elétrica e o teor de cloreto foi obtida por meio da titulação.

Os ensaios da Condutividade elétrica e turbidez foram realizados no laboratório de química que fica localizado no bloco de laboratório I da UFERSA Caraúbas. Já os ensaios do pH e dos teores de cloreto e nitrato, foram realizados no laboratório de saneamento, que está instalado no bloco de laboratório II, na mesma universidade.

3.5.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH foi feita através do equipamento chamado potenciômetro, indicador na Figura 3, seguindo os seguintes passos:

- a) ligou-se o aparelho e esperou-se a sua estabilização;
- b) lavou-se os eletrodos com água destilada e secando em seguida com papel absorvente;
- c) calibrou-se o aparelho com as soluções padrão (pH 4 – 7);
- d) lavou-se novamente os eletrodos com água destilada;
- e) introduziu-se os eletrodos na amostra a ser examinada;
- f) fez-se a leitura.

Figura 3 - Potenciômetro Digital



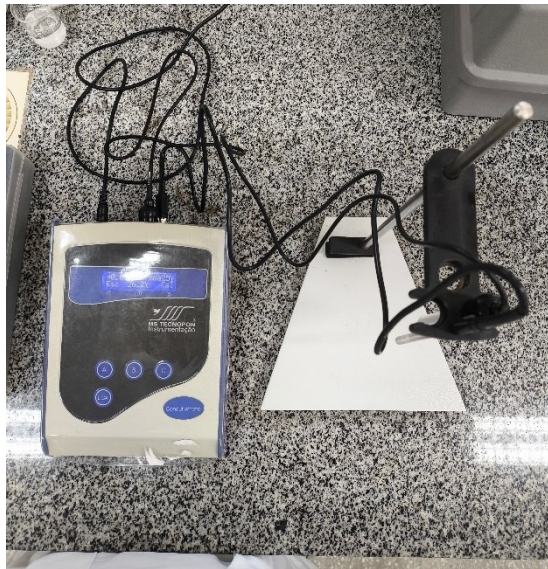
Fonte: Autora, 2024.

3.5.2 Condutividade elétrica

Para a determinação da condutividade elétrica, utilizou-se um condutivímetro, como mostra a Figura 4, seguindo os seguintes passos:

- Ligou-se o aparelho e aguardou-se por 15 minutos;
- Lavou-se a célula com água destilada;
- Secou-se com papel absorvente macio, tomando cuidado para não atingir as platinas;
- Calibrou-se a célula e o sensor de temperatura na solução padrão de KCl ($146,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e esperou-se até que estabilizasse;
- Inseriram-se os eletrodos na amostra a ser analisada;
- Anotou-se o valor da condutividade.

Figura 4 - Condutivímetro Digital



Fonte: Autora, 2024.

3.5.3 Turbidez

Para a determinação da turbidez, utilizou-se o turbidímetro, indicado na figura 5, seguindo os seguintes passos:

- a) Ligou-se o turbidímetro por 15 minutos;
- b) Retiraram-se as ampolas da embalagem de proteção;
- c) Limpou-se o vidro das ampolas para remover as impurezas;
- d) Calibrou-se o aparelho com as amostras padrões, 0,1 NTU, 0,8, NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU;
- e) Inseriu-se a amostra a ser analisada;
- f) Realizou-se a leitura.

Figura 5 - Turbidímetro Digital



Fonte: Autora, 2024.

3.5.4 Sais dissolvidos totais

De acordo com o Ministério de Minas e Energia, a condutividade elétrica, quando multiplicada pelo fator 0,65, indica a quantidade de sólidos dissolvidos totais presentes nas águas de poços subterrâneos (SILVA, 2014).

Com isso, adota-se a seguinte equação:

$$\text{SDT}_{(\text{mg.L})} = 0,65 * \text{CE}_{(\mu\text{S.cm})}$$

3.5.5 Cloreto

A determinação do teor de cloreto foi através do método de Mohr, realizando a volumetria de precipitação, com uma solução de nitrato de prata (AgNO_3) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, e o indicador K_2CrO_4 .

A titulação foi realizada três vezes em cada amostra, seguindo os procedimentos abaixo:

- Mediu-se em uma proveta 50 mL de água;
- Transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionou-se 1 ml de cromato de potássio;

- d) Em seguida titulou-se a solução com nitrato de prata (AgNO_3) $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$, até atingir o ponto de viragem;
- e) Anotou-se o volume gasto.

O valor da concentração da solução de AgNO_3 foi dada pela seguinte equação:

$$M_{\text{AgNO}_3} = \frac{100 \times 0,0141 \text{ M}}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

Onde:

M_{AgNO_3} = Concentração molar de AgNO_3 ;

V_{AgNO_3} = Volume de solução de AgNO_3 em mL.

Para a determinação do valor da concentração dos íons cloreto, usou-se a seguinte equação:

$$\text{MgCl}^-/\text{L} = \frac{(A - B) \times M \times 35453}{V_{\text{am}}}$$

Onde:

A = Volume da solução AgNO_3 gasto para titular a amostra, mL;

B = Volume da solução AgNO_3 gasto para titular o branco, mL;

M = Concentração molar da solução;

V_{am} = Volume utilizado na amostra, em mL.

3.5.6 Nitrato

A determinação do Nitrato foi feita através do equipamento chamado espectrofotômetro (UV/VIS), apresentado na Figura 6, seguindo os seguintes passos:

- a) Preparou-se padrões com concentrações de 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mg L^{-1} de nitrato para a curva de calibração do nitrato.
- b) Realizou a leitura com o espectrofotômetro seguindo uma repetição de 3 vezes em cada amostra

Figura 6 - Espectrofotômetro (UV/VIS)



Fonte: Autora, 2024.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Turbidez

A turbidez é um parâmetro relevante na avaliação da qualidade da água, pois níveis elevados podem sugerir a presença de poluentes, excesso de sedimentos ou materiais suspensos que comprometem a sua potabilidade. Essas partículas podem dificultar a passagem da luz, resultando em dispersão e diminuindo a transparência da água (PEREIRA, 2023).

A Tabela 2 apresenta os valores de turbidez encontrados nas amostras analisadas:

Tabela 2 - Valores de turbidez

Pontos de coleta	Valores de Turbidez (NTU)	VMP Port. N° 888/21
POÇO	0,04	5
R.1.a	0,04	
R.1.b	0,04	
R.2.a	0,04	
R.2.b	0,04	
R.3.a	0,04	
R.3.b	0,04	
R.4.a	1,29	
R.4.b	0,04	
R.5.a	0,04	
R.5.b	0,04	

Fontes: Autora, 2024.

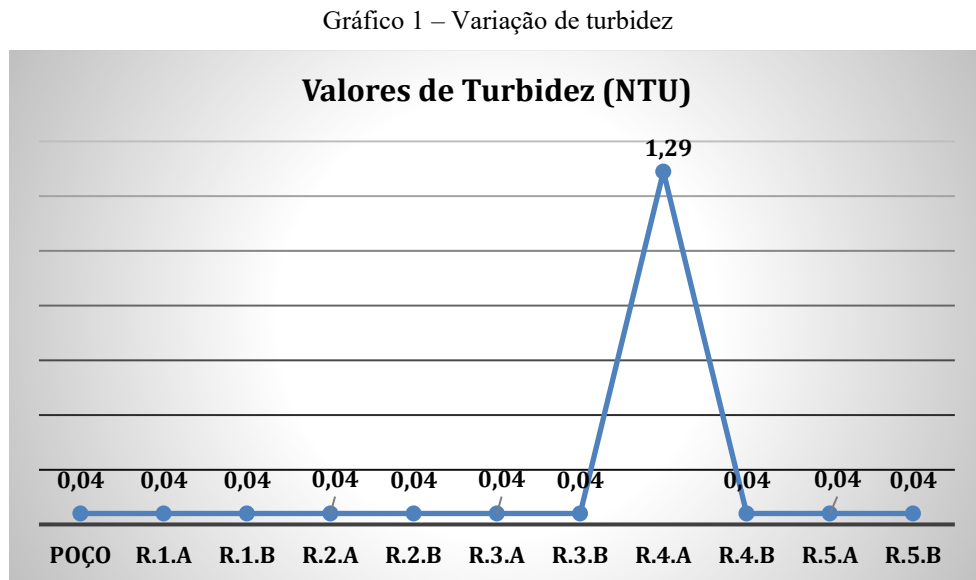
A tabela mostra que no ponto de coleta do poço, e os pontos residenciais R.1, R.2, R.3 e R.5 apresentaram baixos valores turbidez, de apenas 0,04 NTU. Entretanto, no Ponto R.4, houve uma variação entre as amostras. A amostra R.4.a apresentou uma turbidez de 1,29 NTU e a amostra R.4.b uma turbidez de 0,04 NTU.

De acordo com a Portaria n° 888/21, o limite máximo de turbidez para qualquer amostra pontual deve atender a um padrão de até 5,0 UNT para ser considerado aceitável para o consumo humano (BRASIL, 2021).

Apesar do aumento da turbidez na amostra do ponto R.4.a, que apresentou um valor mais elevado em relação às demais amostras, todas as amostras analisadas permanecem dentro do limite de 5 NTU, conforme estabelecido pela Portaria N° 888/21. Esse resultado indica que

a água analisada está em conformidade com os padrões de potabilidade estabelecidos para turbidez.

O gráfico 1 apresenta a variação dos valores de turbidez das amostras do poço e das residências.



Fontes: Autora, 2024.

O gráfico acima, mostra claramente a variação do valor da turbidez de 0,04 a 1,29. A amostra R.4.a do ponto de coleta R.4 foi retirada da tubulação após a passagem pelo hidrômetro, enquanto a amostra R.4.b foi retirada da torneira da pia da cozinha. A variação considerável entre os valores de turbidez das duas amostras pode estar relacionada a um fluxo maior ou a uma variação na pressão da água durante a coleta da amostra R.4.a, o que pode ter causado o deslocamento de sedimentos acumulados no fundo dos canos, resultando em um aumento significativo da turbidez na água coletada, porém não houve coloração diferente.

4.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a concentração de íons de hidrogênio em uma solução. O pH é medido em uma escala de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam água ácida, e valores acima de 7, água alcalina. Quando o pH é 7, a água é considerada neutra (BRASIL, 2013). Esse parâmetro é fundamental na avaliação da qualidade da água, pois influencia

diretamente os processos de tratamento. A adequação dos valores de pH é essencial para garantir a eficiência desses procedimentos e o fornecimento de água segura (PEREIRA, 2023).

A tabela 3 mostra que os resultados obtidos na análise do pH das amostras

Tabela 3 - Valores de pH

Pontos de coleta	Valores de pH	VMP Port. N° 888/21
POÇO	7,73	6,0 a 9,0
R.1.a	7,92	
R.1.b	8,68	
R.2.a	8,08	
R.2.b	8,33	
R.3.a	8,22	
R.3.b	8,30	
R.4.a	8,12	
R.4.b	8,59	
R.5.a	8,33	
R.5.b	8,70	

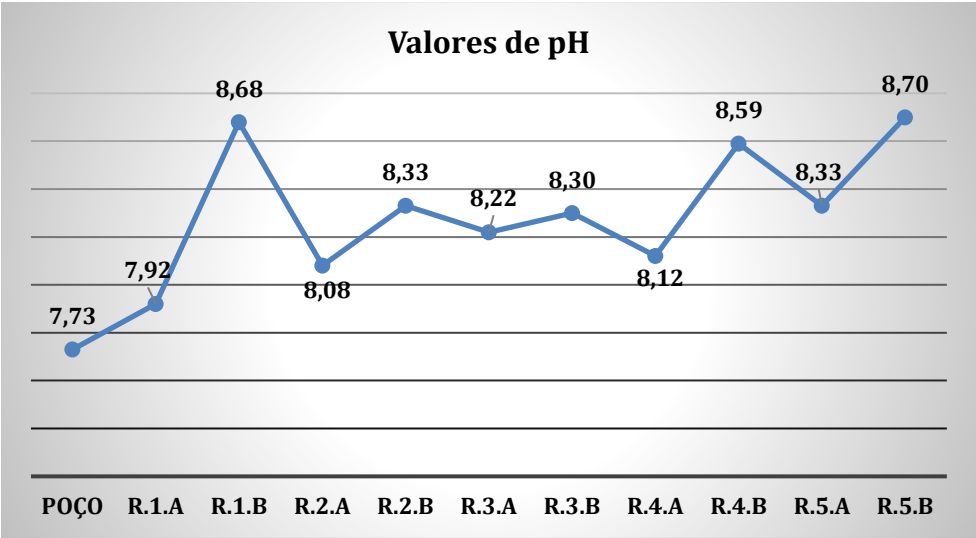
Fontes: Autora, 2024.

De acordo com os dados obtidos, os valores de pH das amostras analisadas variam entre 7,73 e 8,70. Todos os pontos de coleta apresentam valores de pH dentro dos limites estabelecidos pela Portaria nº 888/21, assegurando que a água está adequada para consumo em termos de potencial hidrogeniônico.

A Portaria nº 888/21 estabelece que o pH da água no sistema de distribuição deve ser mantido entre 6,0 e 9,0 (BRASIL, 2021). Essa faixa é essencial para reduzir o risco de corrosão, que ocorre em valores de pH mais baixos, e a formação de incrustações, que se intensifica em valores mais altos, assegurando a preservação das redes de distribuição (SILVA, 2014).

Conforme representado no Gráfico 2, houve baixa variação entre os resultados de cada amostra.

Gráfico 2 – Variação de pH



Fontes: Autora, 2024.

4.3 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica da água é um parâmetro físico usado para determinar as características de um meio líquido. No caso das águas subterrâneas, essa medição é rápida e simples, sendo uma maneira eficaz de caracterizar o meio. De forma geral, a condutividade reflete a capacidade da água de conduzir corrente elétrica (VASCONCELOS, 2019).

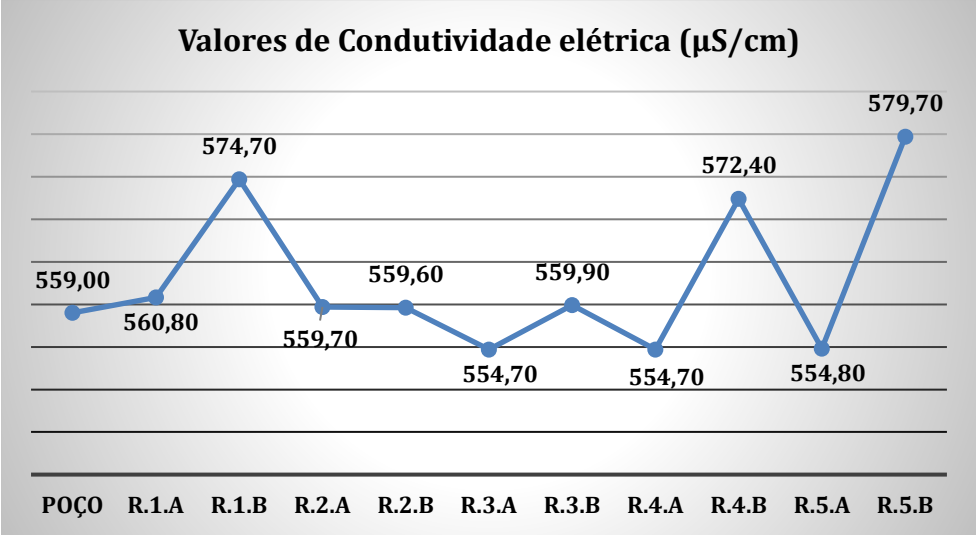
Na Tabela 4 estão os valores de condutividade obtidos na análise

Tabela 4 - Valores de condutividade elétrica

Pontos de coleta	Valores de Condutividade elétrica (µS/cm)	VMP
POÇO	559,00	-
R.1.a	560,80	
R.1.b	574,70	
R.2.a	559,70	
R.2.b	559,60	
R.3.a	554,70	
R.3.b	559,90	
R.4.a	554,70	
R.4.b	572,40	
R.5.a	554,80	
R.5.b	579,70	

Fontes: Autora, 2024.

Gráfico 3 – Variação de condutividade elétrica



Fontes: Autora, 2024.

Conforme apresentado na Tabela 4 e no Gráfico 3, os valores de condutividade das amostras variam de 554,70 a 579,70 µS/cm. Nota-se que o valor da amostra do poço é bem próximo aos valores das amostras coletadas das residências abastecidas, principalmente nos pontos de coleta após a passagem do hidrômetro. As amostras com maior condutividade elétrica foram aquelas coletadas da torneira da pia da cozinha, indicando possíveis influências de fatores presentes nos reservatórios.

As legislações vigentes não estabelecem um limite máximo para a condutividade elétrica que permita avaliá-la como aceitável (LORDELO, 2018). Embora este parâmetro não apresente riscos diretos à saúde humana, seu valor permite calcular a concentração de Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), que pode representar um grande problema (OLIVEIRA, 2016).

4.4 Sólidos dissolvidos totais

Os sólidos totais dissolvidos na água consistem principalmente em substâncias inorgânicas e elementos dissolvidos, que geralmente correspondem a cerca de 95% do peso total dos sólidos presentes (OLIVEIRA, 2024). Água com alto teor de SDT apresenta alteração no gosto, pode causar corrosão nas tubulações e, ao ser consumida, pode levar ao acúmulo de sais no sangue e possibilitar a formação de cálculos renais (OLIVEIRA, 2016).

A tabela 5 mostra os valores dos sólidos dissolvidos totais conforme a condutividade elétrica de cada amostra.

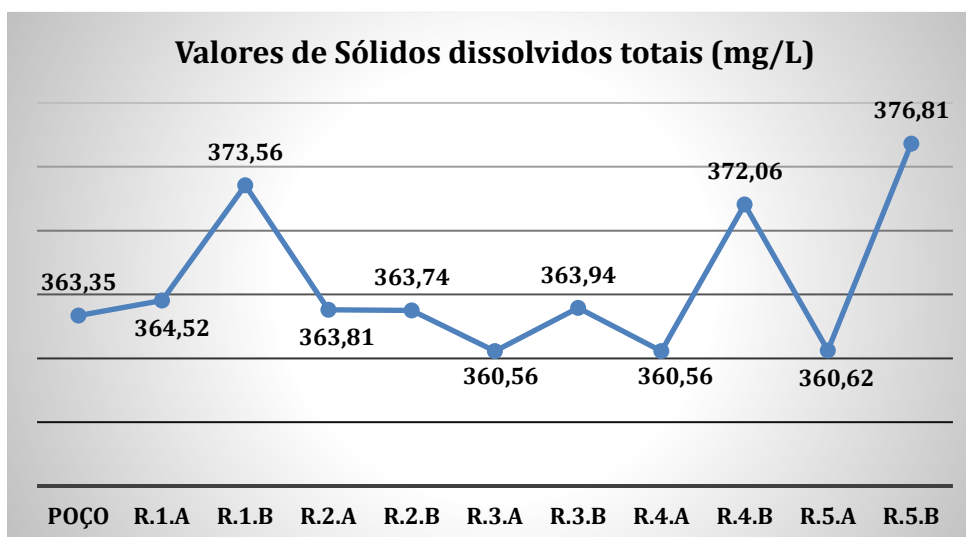
Tabela 5 - Valores de SDT

Pontos de coleta	Valores de Condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$)	Valores de Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	VMP Port. N° 888/21
POÇO	559,00	363,35	500
R.1.a	560,80	364,52	
R.1.b	574,70	373,56	
R.2.a	559,70	363,81	
R.2.b	559,60	363,74	
R.3.a	554,70	360,56	
R.3.b	559,90	363,94	
R.4.a	554,70	360,56	
R.4.b	572,40	372,06	
R.5.a	554,80	360,62	
R.5.b	579,70	376,81	

Fontes: Autora, 2024.

O gráfico 4 mostra com mais clareza a variação das amostras entre cada ponto de coleta.

Gráfico 4 - Variação de SDT



Fontes: Autora, 2024.

Conforme a tabela 5 e o gráfico 4, nota-se que os valores de SDT variam de 362,25 a 376,81 mg/L, apresentando valores bem próximos. As amostras coletadas nos pontos R.1, R.4

e R.5 foram os que apresentaram maior variação, mas dentro dos limites de padrão de potabilidade.

De acordo com a portaria nº 888/2021, o valor máximo permitido para os sólidos dissolvidos totais é de 500 mg/L, destinada para o consumo humano. Portanto, todas as amostras apresentaram valores abaixo do valor máximo, estando de acordo com a legislação.

4.5 Cloreto

Entre os íons de Importância técnica, destaca-se o cloreto, que resulta da dissolução de sais. Em concentrações elevadas, ele pode proporcionar um sabor salgado à água e provocar corrosão em estruturas hidráulicas, além de possivelmente indicar a presença de águas residuárias (SANTOS, 2011).

Os cloretos geralmente estão presentes tanto em águas brutas quanto tratadas, com concentrações que podem variar desde pequenos traços até centenas de mg/L. Eles aparecem na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio (SILVA, 2014).

Os dados obtidos durante a análise estão representados na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores de Cloreto

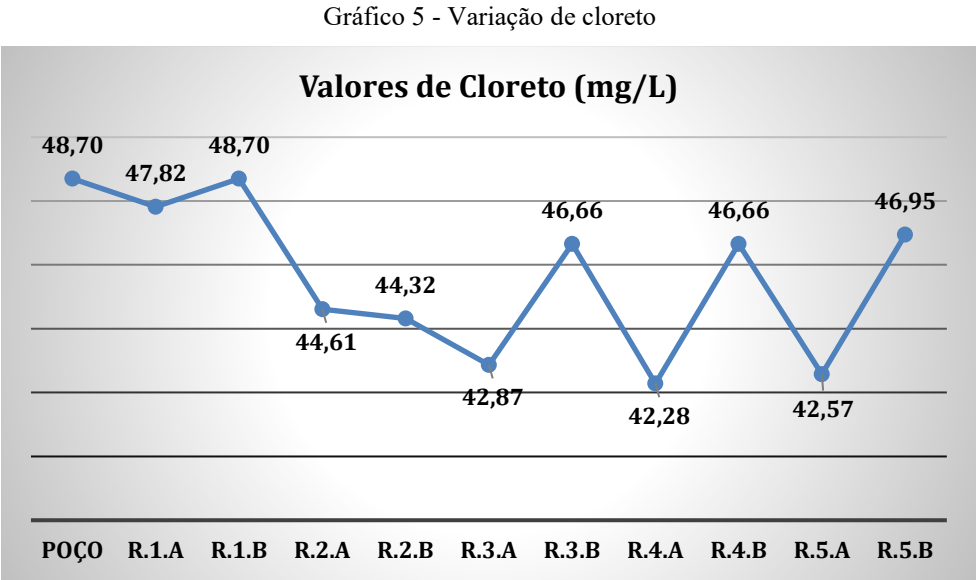
Pontos de coleta	Valores de Cloreto (mg/L)	VMP Port. N° 888/21
POÇO	48,70	250
R.1.a	47,82	
R.1.b	48,70	
R.2.a	44,61	
R.2.b	44,32	
R.3.a	42,87	
R.3.b	46,66	
R.4.a	42,28	
R.4.b	46,66	
R.5.a	42,57	
R.5.b	46,95	

Fontes: Autora, 2024.

Conforme os dados obtidos, os valores de cloreto das amostras analisadas variam entre 42,28 a 48,70. Isso indica que todas as amostras estão dentro dos padrões de potabilidade em

termo de cloreto, pois apresentam valores bem abaixo do limite máximo estabelecido pela Portaria nº 888/21 que estabelece valor máximo permitido de 250 mg/L.

O gráfico 5 mostra a pequena variação dos valores.



Fontes: Autora, 2024.

4.6 Nitrato

O nitrato é o contaminante mais comum em águas subterrâneas, devido à sua alta solubilidade, o que representa uma séria ameaça aos recursos hídricos (OLIVEIRA, 2020). O nitrato é um dos elementos mais preocupantes para a saúde humana, pois, ao ser ingerido, pode ser convertido em nitrito no trato digestivo. O excesso de nitrito pode provocar doenças como a metahemoglobinemia, conhecida como síndrome do Bebê Azul. Além disso, está associado a outros problemas graves, como o câncer e o nascimento de bebês com deficiências motoras e/ou mentais (OLIVEIRA, 2016).

Na tabela 7 mostra que os valores de nitrato estão abaixo do limite máximo estabelecido pela legislação vigente. A portaria nº 888/21 mostra que os valores máximos permitidos em relação ao nitrato é de até 10 mg/L.

Conforme apresentado na tabela, a variação do nitrato é de 0,36 a 0,76mg/L, indicado que todas as amostras se encontram dentro do padrão de potabilidade em relação ao nitrato.

Tabela 7 - Valores de nitrato

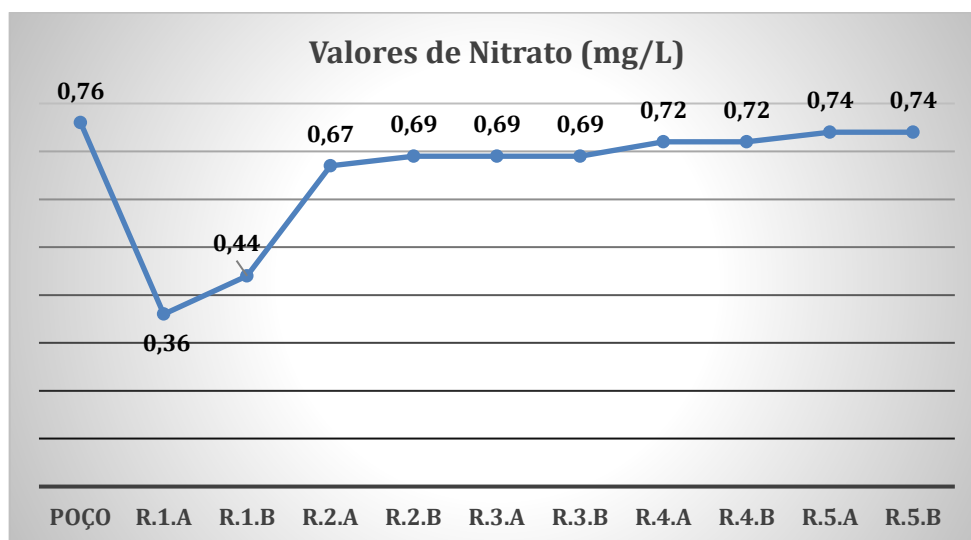
	Valores de Nitrato	VMP
--	--------------------	-----

Pontos de coleta	(mg/L)	Port. N° 888/21
POÇO	0,76	10
R.1.a	0,36	
R.1.b	0,44	
R.2.a	0,67	
R.2.b	0,69	
R.3.a	0,69	
R.3.b	0,69	
R.4.a	0,72	
R.4.b	0,72	
R.5.a	0,74	
R.5.b	0,74	

Fontes: Autora, 2024.

O Gráfico 6, mostra com clareza a pequena variação das amostras em cada ponto de coleta. Nota-se que os pontos de coletas nas residências possuem valor de nitrato próximo ao valor da amostra coletada no poço. Com exceção ao ponto R.1 que possui maior variação, apresentando um valor bem abaixo em relação aos demais pontos.

Gráfico 6 - Variação de nitrato



Fontes: Autora, 2024.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo teve como principal objetivo avaliar a qualidade da água do poço subterrâneo que abastece o Assentamento PA Santa Agostinha, zona rural do município de Caraúbas/RN, através da análise de parâmetros que detectam possíveis fatores que podem influenciar negativamente na qualidade da água consumida pela população da comunidade. Os resultados obtidos de cada análise foram comparados com a Portaria nº 888/2021, que tem como órgão responsável o Ministério da Saúde, que estabelece os limites dos valores máximos permitidos para cada parâmetro para que a água seja potável e adequada para consumo humano.

Após as análises do pH, da turbidez, da condutividade elétrica, dos sólidos dissolvidos totais, cloreto e do nitrato, verificou-se que todos os valores dos parâmetros citados estão dentro dos limites dos valores máximos permitidos estabelecidos pela legislação vigente. Esses valores indicam que água fornecida apresenta boa qualidade para consumo, sem que haja risco a saúde à população da comunidade.

Contudo, é importante destacar a necessidade de monitoramento mais frequente, tendo em vista que muitas famílias utilizam a água proveniente do poço para preparação de alimentos e ingestão.

REFERÊNCIAS

AMBIENTE BRASIL. **Qualidade das Águas Subterrâneas**. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/aguas_subterraneas/qualidade_das_aguas_subterraneas.html. Acesso em: 23 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS (ABAS). Disponível em: <https://www.abas.org/educacao/>. Acesso em: 23 maio 2024.

BARBOSA, Francis André Triches; MAFFESSIONI, Daiana. Qualidade dos poços de águas subterrâneas no município de Farroupilha, Rio Grande do Sul, Brasil. **Águas Subterrâneas**, [S.L.], v. 37, n. 3, 18 ago. 2023. Lepidus Tecnologia.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual Prático De Análise de Água. 4. ed. Brasília, Funasa, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 21 de maio de 2021.

LORDELO, Lidiane Mendes Kruschewsky *et al.* Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.14295/ras.v32i1.28896>. Acesso em: 12 out. 2024

OLIVEIRA, Ariaveni Flores de *et al.* Avaliação da contaminação de nitrato e Escherichia coli em água subterrânea no município de Carapicuíba (SP). **J Health Sci Inst.** 38(2):107-16, 2020.

OLIVEIRA, Jonas Maurício Bertoldo. **QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA REGIÃO DO DISTRITO INDUSTRIAL DE SÃO LUÍS-MA**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Algem, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

OLIVEIRA, Mayara Mendes Gonçalves de. **GERENCIAMENTO, QUALIDADE E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**. 2024. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2024.

PEREIRA, Debora Quezia Melquíades. **ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO POÇO QUE ABASTECE O RESIDENCIAL CASA FORTE NO BAIRRO DO ANTARES EM MACEIÓ – AL**. 2023. 69 f. TCC - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

PEREIRA, Mayra Camila Rodrigues. **AValiação da Qualidade da Água de Captação Subterrânea: Estudo de Caso no Setor de Distribuição Souza Franco, Localizado no Distrito de Icoaraci, Belém, Pará**. 2024. 54 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis., Universidade Federal Rural da Amazônia –, Belém, 2024.

SANTOS, Raimundo Nonato dos. **TEOR DE SÓDIO E OUTROS ÍONS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO (MA) E SUAS POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DA POPULAÇÃO.** 2011. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2011.

SILVA, Andréa dos Santos. **QUALIDADE DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO NA ZONA RURAL DE SANTA RITA – PB E PROPOSTAS DE MELHORIA.** 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

SILVA, Josivânia Medeiros da. **AValiação DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ÁGUAS DE CISTERNAS E POÇOS SUBTERRÂNEOS DA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE CUITÉ – PB.** 2014. 63 f. Monografia (Licenciatura em Química) – Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

SILVA, Lindamar Bezerra da. **QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA QUE ABASTECE JUAZEIRO DO NORTE - CE:** relação com cobertura de esgoto e densidade populacional. 2020. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, Sumé 2020.

SILVA, W.T.P.A et al. Otimização multiobjetivo de sistema de abastecimento de água rural. **Ingeniería del Agua**, v. 20, n. 1957, p. 217-232, out. 2016.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos hídricos no século XXI.** Oficina de Textos, 2011.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior; et al. Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., 2019, Foz do Iguaçu – PR. **Anais [...]** Foz do Iguaçu: SBRH, 2019. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=6031>. Acesso em: 12 out. 2024.

WAKAYAMA, Juliana Nikaido; ROCHA, Fernanda Maria da. **AValiação DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL NA ZONA RURAL DE PASSOS - MG.** In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2015, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: SEMESP, 2015.