



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII – ARARUNA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

JOÃO VÍTOR GUEDES PEREIRA

**MONITORAMENTO DE INDICADORES SENTINELA NA CIDADE DE ARARUNA
– PARAÍBA PARA FINS DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO**

ARARUNA – PB

2024

JOÃO VÍTOR GUEDES PEREIRA

**MONITORAMENTO DE INDICADORES SENTINELA NA CIDADE DE ARARUNA
– PARAÍBA PARA FINS DE VIGILÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Igor Souza Ogata.

ARARUNA – PB

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P436m Pereira, Joao Vitor Guedes.

Monitoramento de indicadores sentinela na cidade de Araruna – Paraíba para fins de vigilância da qualidade da água para consumo humano [manuscrito] / Joao Vitor Guedes Pereira. - 2024.

47 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS. "

1. Suprimento de água. 2. Racionamento de água. 3. Abastecimento de água. I. Título

21. ed. CDD 628.1

JOÃO VÍTOR GUEDES PEREIRA

**MONITORAMENTO DE INDICADORES SENTINELA NA CIDADE DE ARARUNA
PARAÍBA PARA FINS DE VIGILANCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento.

Aprovado em: 21 / 06 / 2024.

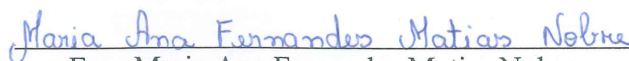
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Igor Souza Ogata (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Eng. Maria Ana Fernandes Matias Nobre

À toda minha família por todo amor, confiança
e apoio depositados em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, por sempre estarem cuidando de mim, por mais falho que eu seja.

A meus pais Josivaldo e Suely, por me ensinarem como ser um homem de respeito e caráter e serem exemplos na minha vida.

Ao meu irmão Pedro, por sempre estar comigo e ser um exemplo de ser humano e de profissional a ser seguido.

As minhas avós e tias, pela educação que me deram, e nossos momentos vividos que com toda certeza me deram forças para continuar na caminhada.

A todos os amigos que fizeram parte dessa caminhada, em especial William Carlos, Arthur Lima, Lucas Borges, Aluizio Filho, Alexandre Pimenta, Arthur de Gois, Thiago Dantas, Maria Ana por me ajudarem a vencer a luta cotidiana na faculdade.

A Letícia que por mais que tenha chegado recentemente, não deixou de me apoiar um minuto.

A professora Adriana Ribeiro, por aceitar fazer parte de banca e por todos os ensinamentos passados.

Ao meu orientador Igor de Souza Ogata, não somente pela confiança depositada em mim como orientando, como também pela sua amizade.

Aos funcionários da UEPB, pelos serviços prestados e pelo carinho de sempre.

RESUMO

A VQACH é uma atividade fundamental para garantir segurança no abastecimento de água e fornecimento de informações que auxiliem numa tomada de decisão eficiente. Ainda assim, não é uma prática tão bem implementada pelos municípios, devido à falta de coordenação entre as instituições interessadas no abastecimento de água. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo efetuar monitoramento físico-químico da água consumida pela população da cidade de Araruna – PB, contribuindo com as ações de VQACH. Para isso, foi elaborado um plano de amostragem com 12 pontos de coleta distribuídos pela área urbana do município, segregados em três pontos para cada tipo de infraestrutura de abastecimento utilizado em Araruna - PB, ou seja, rede de distribuição, cisterna, caixa de água e poços. As análises foram realizadas no Laboratório de Química e Saneamento do Campus VIII da UEPB, monitorando os indicadores de qualidade da água cloro residual livre (CRL), cloro residual combinado (CRC) e turbidez em triplicada, ao longo de 18 campanhas, espaçadas quinzenalmente entre janeiro e junho de 2023, e mensalmente entre junho e dezembro de 2023. Ao final da pesquisa, foi possível notar que todos os pontos estudados possuem problemas de qualidade da água, principalmente as infraestruturas de abastecimento ligadas as soluções alternativas, desse modo é possível afirmar que o SAA dentre os demais é o melhor tipo de infraestrutura para ser utilizado, uma vez que o mesmo possui tratamentos de limpeza no processo de produção da água.

Palavras-Chave: Indicadores Sentinelas; Soluções alternativas de abastecimento de água; Racionamento de água.

ABSTRACT

VQACH is a fundamental activity for guaranteeing water supply security and providing information to help make efficient decisions. Even so, it is still not a practice that is implemented very well by municipalities, due to a lack of coordination between the institutions involved in water supply. Therefore, the aim of this study is to carry out physical-chemical monitoring of the water consumed by the population of the city of Araruna - PB, contributing to VQACH actions. To this end, a sampling plan was drawn up with 12 collection points distributed throughout the urban area of the municipality, segregated into three points for each type of supply infrastructure used in Araruna - PB, i.e. distribution network, cistern, water tank and wells. The analyses were carried out at the Chemistry and Sanitation Laboratory on Campus VIII of UEPB, monitoring the water quality indicators free residual chlorine (FRC), combined residual chlorine (CRC) and turbidity in triplicate, over 18 campaigns, spaced every two weeks between January and June 2023, and monthly between June and December 2023. At the end of the research, it was possible to see that all the points studied have water quality problems, especially the supply infrastructures linked to alternative solutions, so it is possible to state that the SAA is the best type of infrastructure to use, since it has cleaning treatments in the water production process.

Keywords: Sentinel indicators; Alternative water supply solutions; Water rationing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da cidade de Araruna - PB e distribuição dos pontos de coleta.....	27
Figura 2 - Garrafa para armazenamento das amostras coletadas.....	31
Figura 3 - Turbidímetro	32
Figura 4 - Colorímetro e cubetas para pôr as amostras	344
Figura 5 - Resultados das análises das campanhas de janeiro a abril.....	355
Figura 6 - Resultados das análises das campanhas de maio a dezembro	35
Figura 7 - Quantidade de conformidades e não conformidades presentes no SAA ao longo do ano	366

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetivos do VQACH -----	18
Quadro 2 - Caracterização dos pontos de amostragem -----	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade mínima de pontos de amostragem para vigilância da qualidade da água para consumo humano----- 29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CGVAM	Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental
CQACH	Controle da qualidade da água para o consumo humano
CRC	Cloro Residual Combinado
CRL	Cloro Residual Livre
DPD	Sulfato de N, N – dietil – p fenilenediamina
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
SAA	Sistemas de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
SES	Secretaria Estadual de Saúde
SUS	Sistema único de Saúde
SVS	Secretaria em Saúde Ambiental
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
UT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
VIGIAGUA	Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da água para Consumo Humano
VQACH	Vigilância da qualidade da água para consumo humano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivo geral	14
1.2	Objetivos específicos	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano	16
2.2	Histórico da vigilância da qualidade da água para consumo humano	19
2.3	Indicadores sentinelas para qualidade da água para consumo humano	20
2.3.1	<i>Turbidez</i>	21
2.3.2	<i>Cloro Residual Livre</i>	21
2.3.3	<i>Cloro Residual Combinado</i>	23
2.4	Tipos de infraestruturas de abastecimento de água	23
3	METODOLOGIA	27
3.1	Plano de amostragem	29
3.2	Coleta de amostras	30
3.3	Procedimentos analíticos	31
3.3.1	<i>Turbidez</i>	32
3.3.2	<i>Cloro Residual Livre e Combinado</i>	33
4	RESULTADOS	34
4.1	SAA	34
4.2	Cisterna	36
4.3	Caixas de água	36
4.4	Poços	36
5	DISCUSSÃO	38
5.1	SAA	38
5.2	Cisterna	39
5.3	Caixas de água	40

5.4	Poços	40
6	CONCLUSÃO	41
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	41
	REFERÊNCIAS	42
	APÊNDICE A – Resultados de cloro residual livre	45
	APÊNDICE B – Resultados de cloro residual combinado	46
	APÊNDICE C – Resultados de turbidez	47

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência dos seres humanos, das plantas e dos animais. além de ser útil para a sociedade, realizando as funções de abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, navegação, lazer, entre outras aplicações imprescindíveis para a humanidade (Melo et al., 2020). Entretanto, de acordo com Almeida e Souza (2019), esses usos só são satisfeitos quando a água apresenta qualidade compatível e, dentre estes, a que demanda o maior nível de qualidade é a água utilizada para consumo humano, a qual deve ser compatível com o padrão de potabilidade.

Diante dessa necessidade, o Brasil utiliza de seu Sistema Único de Saúde (SUS) para fiscalizar o abastecimento de água da população, o qual foi instituído em 1990, baseado em diretrizes básicas, como a descentralização de ações, atendimento integral e participação social. Quando esse sistema de saúde foi desenvolvido, houve a determinação de atribuições na gestão de saúde, a fim de planejar, organizar, controlar, avaliar e executar as ações e serviços de saúde em articulação com o conselho municipal e a esfera estadual para aprovar e implantar o plano municipal de saúde, incluindo a formulação da política e da fiscalização das ações de saneamento básico (Bevilacqua et al., 2013).

Para alcançar esse objetivo, por volta dos anos 2000, foi criado o Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA), executado pela Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental (CGVAM), órgão da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), com a finalidade de garantir água em quantidade suficiente e qualidade compatível com o padrão de potabilidade para a população brasileira. Esse programa define as ações estratégicas e básicas da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VQACH), com base nos princípios doutrinários, organizacionais e executivos do SUS, a fim de monitorar a qualidade da água para consumo humano nas mais diferentes infraestruturas de abastecimento de água (Bevilacqua et al., 2013).

Esse processo de monitoramento é realizado por meio de cadastro das infraestruturas de abastecimento de água e coletas periódicas da água consumida, para que seja construído um banco de dados com informações atualizadas, as quais, devem ser utilizadas para melhoria da qualidade da água fornecida e conseqüentemente da saúde da população. Nesse contexto, a diretriz nacional do plano de amostragem da VQACH aconselha o monitoramento com indicadores cloro residual livre e turbidez como indicadores sentinelas complementadas pelos indicadores coliformes totais, E. coli e flúor (Brasil, 2016). Desse modo, especificamente sobre os indicadores sentinelas, a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) (1998) relata que quando

são bem escolhidos, são capazes de garantir representatividade e qualidade as informações geradas, realizando um diagnóstico preditivo, de forma rápida, barata e fácil.

Dessa maneira, uma água potável é aquela que respeita o padrão de potabilidade (Brasil, 2021) podendo ser consumida sem riscos à saúde humana, bem como sem causar desaprovação em relação aos aspectos organolépticos. Sendo assim, a Portaria N° 888/2021 do Ministério da Saúde estabelece o padrão bacteriológico, de turbidez, de substâncias químicas inorgânicas, substâncias químicas orgânicas, agrotóxicos e metabólitos, subprodutos da desinfecção, cianotóxicas, organoléptico e radiológico.

Os parâmetros estabelecidos pelo padrão de potabilidade são necessários, tendo em vista que, nenhuma água natural é própria para o consumo humano, necessitando pelo menos de desinfecção. Contudo, visando a importância na qualidade da água deve-se buscar a devida atenção em todo seu tratamento que ocorre nas unidades do sistema de abastecimento conhecidas como Estações de Tratamento de Água (ETA), onde, normalmente, efetuam-se as operações de aeração, coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (Ogata, 2011).

É compreensível a relevância deste estudo, pois a partir do momento em que se entende a situação da qualidade da água consumida pela população, é possível partir em buscas de melhorias da qualidade de vida. Deste modo, com base nos resultados encontrados, este trabalho servirá de subsídio para que decisões sejam tomadas de maneira coerente quanto aos cuidados com as infraestruturas de abastecimento e qualidade da água utilizada.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo a verificação da qualidade da água para o consumo humano na cidade de Araruna - PB, efetuado por meio dos indicadores sentinelas, cloro residual livre e turbidez e do indicador auxiliar cloro residual combinado, em todo tipo de infraestrutura de abastecimento de água utilizada pela população local.

1.1 Objetivo geral

Monitorar a qualidade da água de abastecimento da cidade de Araruna - PB, através dos indicadores sentinela Cloro Residual Livre, Cloro Residual Combinado e Turbidez

1.2 Objetivos específicos

- Selecionar amostras dos tipos de infraestruturas de abastecimentos de água da cidade de Araruna – PB.

- Monitorar as amostras selecionadas através dos indicadores sentinelas Cloro Residual Livre, Cloro Residual Combinado e Turbidez.
- Verificar a conformidade dos indicadores monitorados com o padrão de potabilidade.
- Analisar a influência dos resultados do monitoramento dos indicadores sentinela na saúde da população ararunense.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano

Heller e Pádua (2010) dizem que somente o tratamento da água não certifica a manutenção da condição da potabilidade, uma vez que é possível ocorrer a deterioração da qualidade da água nas unidades subsequentes do sistema, como por exemplo a adução, a reservação, a distribuição e as instalações prediais. Desse modo, a legislação brasileira entende que a obtenção e a manutenção da potabilidade da água necessitam de uma visão sistêmica, abrangendo a dinâmica desde o manancial até o consumo (Brasil, 2011).

De acordo com a Portaria GM/MS N°888 de 4 de maio de 2021, a compreensão de VQACH baseia-se no conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento à legislação, considerados aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana.

No aspecto operacional, as atividades de VQACH seguem um padrão de descentralização, com direitos específicos nas três esferas do governo, sendo o município o executor primordial das ações. Dessa maneira, as técnicas de vigilância obedecem à regulação exercida pelo nível central, conservando, porém, a autonomia dos municípios, o que permite o acréscimo e/ou adequações das ações, levando em conta as características e necessidades locais (Guzman; Tovar; Bevilacqua, 2014).

Essas ações, objetivam garantir que a água utilizada pela população atenda ao padrão de potabilidade vigente e para examinar os riscos que a água de abastecimento, provinda de sistemas públicos e/ou soluções alternativas, podem apresentar à saúde humana. Para isso, Brasil (2006) comenta que os encarregados pela vigilância da qualidade da água no nível local, necessitam proceder às determinações do abastecimento e do consumo da água da população. Ou seja, a tomada de decisão acerca das ações preventivas e corretivas é de responsabilidade do gestor municipal (Frazão et al., 2013).

Dessa maneira, Brasil (2006) afirma que as ações de vigilância devem assumir o papel de “olhos e ouvidos da autoridade sanitária”, assessorando-a quanto à demanda e à propriedade de medidas de controle. Com isso, o mesmo evidencia que a vigilância não deve também ser compreendida como sinônimo de epidemiologia, sendo esta, como ciência ou prática da saúde, bem mais ampla que a vigilância.

Entretanto Waldman (1998) adverte que não se deve confundir as ações de vigilância com ações de controle, sendo que o controle da qualidade da água para o consumo humano (CQACH) é como o conjunto de atividades exercidas continuamente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a analisar se a água proporcionada à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição (Portaria GM/MS N°888 de 4 de maio de 2021).

A partir das definições de VQACH e CQACH, é possível verificar que o controle é responsabilidade única dos encarregados pela operação do sistema de abastecimento de água ou solução alternativa coletiva e vigilância deve ser aplicada em todas as infraestruturas de abastecimento de água pela autoridade de saúde. Ainda que executadas por entidades distintas, as ações de vigilância e controle recebem igual destaque, como medidas complementares no sentido último de gestão de riscos à saúde, certificando a potabilidade da água consumida pela população (Galdino, 2009).

De acordo com Porta, 2014, outro termo importante a se diferenciar nesse tema é o monitoramento, que consegue ser compreendido como a execução e análise de mensurações, visando detectar modificações no ambiente e/ou no estado de saúde da comunidade podendo ser a análise constante de indicadores da qualidade de produtos de consumo humano e de perigos ambientais. A separação entre vigilância e monitoramento residiria, por exemplo, no fato de que a vigilância acompanha a conduta de eventos específicos adversos à saúde da população, ao passo que o monitoramento atua especificadamente com indicadores, tais como de qualidade ambiental. Nisso, segundo Waldman (1998), o monitoramento seria um instrumento da vigilância quando posto em um sistema de informações para agilizar as medidas de fiscalização.

É importante que haja procedimentos corretos de VQACH e CQACH para que surjam informações mais abrangentes do cenário do abastecimento de água de uma população, inspecionando a água como um produto distribuído e consumido. Esta inspeção é realizada de forma probabilística, procurando determinar por meio de amostragem o risco à saúde da qualidade da água e acontece mediante a realização de testes físico-químicos e microbiológicos, que seguem um conjunto de parâmetros de qualidade, definidos em legislação (Brasil, 2006).

Além das ações clássicas de monitoramento a VQACH, apresenta várias outras, a exemplo do cadastramento que tem como finalidade a coleta de informações e a construção de indicadores que possibilitem mapear grupos, fatores e situações de risco e classificar sua distribuição e progresso num determinado período e lugar (Brasil, 2006). O autor ainda expressa que nesse cadastro devem ser incluídas informações relacionadas às unidades que constituem

os sistemas de abastecimento de água, bem como das soluções alternativas coletivas e individuais de abastecimento. Nesse caso, o monitoramento aplicado à VQACH apresenta os objetivos do Quadro 1.

Quadro 1 - Objetivos do VQACH

Objetivos
Avaliar a qualidade da água consumida pela população ao longo do tempo;
Subsidiar a associação entre danos à saúde e situações de fragilidade;
Reconhecer pontos críticos/vulneráveis (condições de risco) em sistema e soluções alternativas coletivas de abastecimento;
Identificar grupos populacionais expostos a situações de risco;
Monitorar a qualidade da água fornecida pelos responsáveis pelo controle;
Examinar a qualidade da água utilizada pela população não atendida pelos sistemas ou soluções coletivas;
Avaliar eficiência do tratamento da água;
Qualificar a integridade do sistema de distribuição;
Orientar os responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água à medida que divergências forem descobertas para que sejam tomadas ações imediatas
Conduzir as ações preventivas, tais como proteção de mananciais, melhoria do tratamento, revisão dos sistemas de distribuição, entre outras.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O período para atualização dos dados sobre as condições de abastecimento e consumo de água é definido. Contudo, a nível de orientação, compreende-se que o cadastramento deve condicionar dados atualizados em um intervalo de tempo não superior a um ano.

Os dados cadastrados devem ser anexados ao Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) para que ocorra sua sistematização de forma apropriada e sejam criados os indicadores necessários ao funcionamento da vigilância nas diversas esferas: municipal, regional, estadual e no nível central (Brasil, 2006). Vale a pena ressaltar que é de responsabilidade dos prestadores dos serviços tanto a coleta dos dados, quanto o preenchimento destes no SISAGUA, competindo à autoridade da saúde pública a revisão das informações do SISAGUA (Brasil, 2006).

Dessa maneira, os dados do cadastramento podem ser utilizados na elaboração de um plano de amostragem, viabilizando um monitoramento eficiente, que reconheça as fontes de riscos e estabeleça técnicas de melhoria da conjuntura atual, além da colaboração dos impactos resultantes das medidas instaladas (Brasil, 2006).

Com isso, para a construção de um plano de amostragem, deve ser extraído do cadastramento os dados com o reconhecimento dos problemas que atraem a preparação do

programa de monitoramento da qualidade da água para consumo humano com descrição dos objetivos de curto, médio e longo prazos, do programa de monitoramento e delimitação dos limites temporal e geográficos, para que seja analisada a problemática regional em determinado período (Brasil, 2006).

Sendo assim, o plano de amostragem deve conter a definição dos pontos de coleta de amostras definição do número e da frequência de amostras definição dos parâmetros a serem analisados e da coleta e análise laboratorial das amostras de água que ocorre e o monitoramento e verificação da potabilidade da água, como também de avaliação dos riscos que os sistemas de soluções alternativas de abastecimento de água possam representar para a saúde humana (Brasil, 2006).

2.2 Histórico da vigilância da qualidade da água para consumo humano

No ano de 1989, o Ministério da Saúde, por meio da extinta Divisão de Ecologia Humana e Saúde Ambiental, realizou um levantamento das atividades exercidas pelas Secretarias Estaduais de Saúde (SES), em relação ao que passou a se chamar de VQACH, ou seja, as ações realizadas para verificar se a água fornecida à população está de acordo com o padrão de potabilidade e livre de riscos à saúde humana (Galdino, 2009).

Nesse mesmo ano, o Ministério da Saúde teve a ideia de criar o VIGIAGUA, o qual, entre outros objetivos, apresentava o de prestar auxílio técnico e financeiro as SES para que estas dessem início a um programa de vigilância da qualidade da água regional. Além disso, o programa objetivava também que as SES revisassem sua legislação e capacitassem seus profissionais, para atuarem na VQACH e, determinando estratégias para garantir suporte laboratorial necessário à verificação do cumprimento da legislação quanto ao padrão físico-químico e bacteriológico da água (Galdino, 2009).

Por sua vez, no ano 2000, a CGVAM com o auxílio da FUNASA, implementou diretrizes com o intuito de possibilitar o desenvolvimento das ações de VQACH em todo o território nacional, nas quais se destaca a criação do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) que consiste num banco de dados disponibilizado para que as secretarias de saúde e empresas prestadoras de serviço de abastecimento de água insiram os dados adquiridos no monitoramento. De modo que, no ano de 2005, foi iniciado a reestruturação do VIGIAGUA, em que tem definido seu modelo, campo, forma de atuação e as ações básicas e estratégicas para operá-lo (Brasil, 2006).

Nessa reestruturação, o VIGIAGUA se desenvolveu tomando como base os princípios e diretrizes do SUS, com indicadores de qualidade da água para consumo humano definidos, através de metodologia proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS), subsidiando a alimentação do SISAGUA, que por definição deve se integrar com outros sistemas do Ministério da Saúde, possibilitando a integração do VIGIAGUA com outros setores e instituições (Galdino, 2009).

Ademais, a definição conceitual e gerencial desse modelo foi baseada nos princípios e diretrizes do SUS de integralidade, igualdade e equidade – princípios doutrinários – descentralização, regionalização, hierarquização – princípios organizacionais – e utilização da epidemiologia, integração de ações de saúde, meio ambiente e saneamento, organização dos serviços de modo a evitar duplicidade de meios para fins idênticos, divulgação de informações e participação da comunidade – princípios executivos – (Brasil, 2005).

Diante desse arcabouço criado ao longo de mais de duas décadas, a VQACH, apresenta benefícios como a divulgação permanente e contínua dos dados sobre a qualidade da água para o consumo e os riscos à saúde relacionados, a qual é regulada pelo Decreto Federal de Nº 5.440/2005 que disciplina os instrumentos para divulgação da informação à população sobre a qualidade da água. Essa sistematização e divulgação das informações de qualidade da água ao consumidor é um dos pontos de ação mais importantes da VQACH e, de acordo com a Organização Pan-americana da Saúde (OPAS), é a etapa mais dependente, pois para que esta apresente sucesso há obstáculos metodológicos que vão desde a criação e conversão dos dados em informações até a disponibilização destas para a sociedade (Fortes; Barrocas; Kligerman, 2019).

2.3 Indicadores sentinelas para qualidade da água para consumo humano

De acordo com Araújo (2010), inúmeros parâmetros, associados à qualidade da água, de natureza física, química ou biológica, são capazes de desempenhar o papel de indicadores para VQACH. Esses indicadores da qualidade da água possuem o papel primordial de converter dados em informações úteis para os tomadores de decisão e a população em geral (Calijuri et al., 2009).

Assim, é estabelecido pelo Plano de amostragem para vigilância da qualidade da água para consumo humano o número mínimo mensal de análises para cinco parâmetros julgados fundamentais para o monitoramento da qualidade da água que são: cloro residual livre, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli* (*E. coli*) e flúor (Brasil, 2016). Onde o grupo dos coliformes

totais representa as bactérias com vida livre que podem ocorrer de forma natural na água e nas plantas sem possuir nenhuma associação com a poluição da água por material fecal, enquanto o microrganismo do grupo E.coli é o mais indicado para contaminação da água por material fecal (Brasil, 2016).

Dessa maneira, os indicadores necessitam ser selecionados de acordo com o tipo de monitoramento que se deseja realizar, devendo-se escolher e avaliar os que sejam capazes de indicar riscos potenciais à saúde do consumidor. Com isso, é através da análise da concentração desses indicadores que ocorre a classificação das águas de abastecimento, partindo da hipótese de que há um vínculo semiquantitativo entre a mesma e a existência de agravos a saúde humana (Rodrigues; Diniz, 2019).

2.3.1 Turbidez

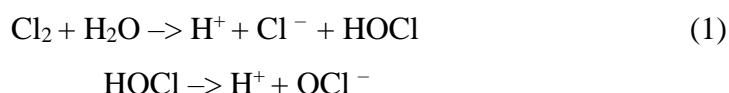
A turbidez pode ser interpretada como sendo a interferência da concentração de partículas suspensas na água, medida por meio do efeito da dispersão da luz que estas causam. Essa medida é dada em unidades de turbidez ou unidade Jackson ou unidade nefelométrica (Brasil, 2006). Entre os materiais que confirmam turbidez na água, evidencia-se a matéria sólida em suspensão a exemplo de silte, argila, sílica e colóides, além da matéria orgânica e inorgânica bem fragmentadas, organismos microscópicos e algas. Esses sólidos podem ser originários do solo, da mineração, das indústrias ou até mesmo do esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento (Richert, 2018).

Segundo Rodrigues e Diniz (2019), quantias excessivas de turbidez são capazes de prejudicar o processo de desinfecção no tratamento da água, em função do maior consumo de cloro e proteção aos microrganismos patogênicos, reprimindo a sua interação com o desinfetante aplicado. Valores elevados de turbidez também são indicativos de comprometimento no sistema de distribuição, uma vez que ocorrem infiltrações e a formação de biofilmes, causando mudanças na coloração da água.

Com isso, o valor máximo de turbidez que o Ministério da Saúde aprova, de acordo com a portaria Nº 888/2021, é de 5,0 UT para água subterrânea desinfetada e água filtrada após tratamento completo ou filtração direta, o mesmo segue como norma de aceitação para consumo humano. Para água proveniente de filtração lenta, o valor máximo permitido é 2,0 UT.

2.3.2 Cloro Residual Livre

O cloro residual livre (CRL) é constituído de ácido hipocloroso (HClO) e o íon hipoclorito (ClO⁻), devido a hidrólise do gás cloro (Cl₂), assim como apresentado no equilíbrio dinâmico das Equações 1. Esse equilíbrio dinâmico varia a produção de ácido hipocloroso e íon hipoclorito em função do pH, de modo que, quanto menor o pH maior a formação de ácido hipocloroso e quanto maior o pH maior a formação de íon hipoclorito (VIEIRA, 2012).



O ácido hipocloroso (HClO) possui ação bactericida bem mais forte que o íon hipoclorito (ClO⁻), com uma capacidade de desinfecção aproximadamente 80 vezes maior. Essa distinção da eficiência de desinfecção do ácido hipocloroso é proveniente não somente da sua forte habilidade de oxidação, mas também do tamanho reduzido de sua molécula e sua neutralidade elétrica, que concedem uma rápida penetração nas células. Por sua vez, a limitada ação bactericida dos íons hipoclorito é associada à sua carga negativa, que provavelmente impede sua penetração na célula (Galdino, 2009).

Segundo Galdino (2009), à medida em que a água é conduzida no sistema de abastecimento, este sofre um decaimento de sua concentração, o que pode desencadear na redução da barreira de proteção contra a contaminação de natureza microbiológica. Essa diminuição ocorre devido às reações com diversas espécies orgânicas e inorgânicas existentes.

A baixa concentração de cloro presente na água, adicionado a disponibilidade de nutrientes e a temperatura elevada da água, ocasiona sua contaminação, por meio do acúmulo de sedimentos e de matéria orgânica, bem como de algumas amebas e bactérias do grupo coliforme E. coli ou termotolerantes.

Entretanto, estudos realizados no início da década de 1970 comprovaram que fatores como o uso excessivo do cloro, pH da água e temperatura, ao reagir com a matéria orgânica presente na água formam subprodutos prejudiciais à saúde como os trihalometanos. As pesquisas também indicaram a correlação entre o emprego dos compostos de cloro e as propriedades carcinogênicas dos subprodutos. Devido a isso, atualmente é permitido a utilização de outros desinfetantes que causem menos malefícios à saúde (Brasil, 2006).

Portanto, é determinado pela portaria de potabilidade um teor mínimo de cloro residual livre de 0,2 mg/L, e um valor máximo permitido de 5,0 mg/L, sendo exigida a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/ em qualquer ponto da rede de distribuição, é recomendado que a cloração seja produzida em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

2.3.3 Cloro Residual Combinado

A depender de fatores como o pH da água, a relação cloro/ nitrogênio amoniacal e eficiência da mistura, o cloro residual combinado (CRC) é o resultado da ação compostos nitrogenados presentes na água, juntamente com o ácido hipocloroso, gerando cloraminas (monocloramina, dicloramina e tricloramina) (Araújo, 2010). Conforme Ogata (2011), a eficiência do CRL é aproximadamente 200 vezes maior que do CRC, o que leva a considerá-lo o melhor desinfetante, e se tratando das cloraminas, a dicloramina é cerca de 3 vezes mais potente que a monocloramina, enquanto a tricloramina não possui nenhuma capacidade desinfetante

Em relação as cloraminas, apenas a monocloramina é padronizada, com seu valor máximo permitido de 3 mgCl₂/L, valor adotado para que a água passe a ter sabor e odor específicos, a fim de causar desconforto aos consumidores.

2.4 Tipos de infraestruturas de abastecimento de água

De acordo com Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021, existem três tipos de infraestruturas de abastecimento de água, sendo denominadas de Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Solução Alternativa Coletiva (SAC), e Solução Alternativa Individual (SAI).

Conforme Ceci (2020) o SAA é um conjunto de obras civis, equipamentos, materiais e serviços destinados ao fornecimento de água potável para população por meio de rede de distribuição, incluindo as unidades de manancial, captação, adução, recalque, tratamento, reservação e distribuição.

Sabendo disso, a partir de dados extraídos do banco de dados do SISAGUA, no ano de 2019 identificou-se que 82,24% da população brasileira possuía cadastros com formas de abastecimento distintas, onde 78,93% da população era abastecida por SAA, 2,70% por SAC e 0,61% por SAI. Os dados revelam que na Paraíba, 80,23% da população é abastecida por SAA (Brasil, 2020)

O manancial é o corpo de água encontrado acima ou abaixo do solo ou até mesmo da chuva, de onde a água é extraída para o abastecimento. Este necessita oferecer quantidade e qualidade suficiente para satisfazer o sistema (Monteiro et al. 2008) e, caso o manancial não atenda aos requisitos propostos, podem ser feitos barramentos ou utilizados mais de um

manancial. O fato de estar mais propenso aos impactos naturais e antrópicos, faz com que ele seja o elemento mais vulnerável do SAA (Brasil, 2006).

Por sua vez, o conjunto de equipamentos que retiram água do manancial é conhecido como captação, que varia sua infraestrutura conforme o tipo de manancial (Rebouças, 2006), ou seja, se o manancial for subterrâneo, a captação acontece essencialmente através de poços (artesianos e freáticos) ou por floração, caso o manancial seja acima do solo, Brasil (2006b) comenta que os métodos mais comuns de retirada da água são por barramento, captação direta com proteção, captação direta com canal e torre de tomada.

As adutoras são canalizações que possuem a finalidade de conduzir a água através das unidades que antecedem as redes de distribuição (Monteiro et al. 2008), sendo classificadas de acordo com o regime de escoamento, o tipo de água transportada e a energia usada para o escoamento. Quanto ao regime de escoamento a adutora pode ser em conduto forçado, quando a água escoar acima da pressão atmosférica, ou em conduto livre, quando a água escoar com pressão igual à atmosférica. Em relação ao tipo de água, a adutora pode ser bruta ou tratada, quando transporta água sem tratamento e com tratamento respectivamente. Por fim, quanto a energia consumida para escoamento, a adutora pode ser por gravidade, quando o local inicial de adução é mais elevado que o ponto final, pode ser por recalque, quando se exige um sistema elevatório por questões de relevo, ou até mesmo de maneira mista, quando for por parte por gravidade e parte por recalque (Brasil, 2006b).

Dentre as unidades de um SAA que ocorre eventualmente, existem as estações elevatórias, as quais se baseiam em um sistema de bombas que possuem o intuito de recalcar a água para a unidade seguinte, ultrapassando algum obstáculo. No geral, é mais usual nas tubulações de captação e adução, mas também, é possível ser encontrado em pontos baixos de rede distribuidora, nesse caso são conhecidos como boosters, que são destinados a aumentar a pressão e/ou vazão (Brasil, 2006b).

Para adequar a água de abastecimento ao padrão de potabilidade, esta passa pela Estação De Tratamento de Água (ETA) que é um complexo de operações unitárias que modificam as características da água bruta. Com esse objetivo, Ogata (2011) confirma que cabe as estações de tratamento de água modificar as propriedades físicas, químicas e biológicas da água, para fins sanitários – remoção de microrganismos, substâncias nocivas ao homem e matéria orgânica –, econômicos – retirada de ferro, manganês, dureza e cloretos – e estéticos – adequação de cor, turbidez, odor e sabor –, sendo convencional o uso das operações unitárias de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

De acordo com Monteiro et al. (2008), o reservatório é o componente do processo de distribuição de água que possui o intuito de organizar as oscilações entre as vazões de adução e de distribuição, estando localizados entre a ETA e a rede de distribuição, assegurando o fornecimento de água em momentos de maior consumo e paralizações circunstanciais de abastecimento. Vale salientar que nessa unidade do SAA existe ainda um fator muito importante no cuidado da qualidade da água no sistema, de forma que, quando ocorre uma má reservação ou maus cuidados de manutenção, a água degrada sua qualidade (Coutinho, 2011).

Por fim, a rede de distribuição é a unidade que contém as tubulações destinada a fornecer água potável à serviço da população continuamente, em quantidade e pressões indicadas (Monteiro et al. 2008). De acordo com Ogata (2011), as tubulações da rede de distribuição operam em regime forçado, dessa forma é possível um controle maior na pressão para manter a estanqueidade, uma vez que se acontecer um excesso de pressão, pode acontecer o rompimento da tubulação, e por sua vez, possíveis desperdícios juntamente com a contaminação da água, e caso haja essa sobrepressão, a água não alcançará os pontos mais distantes que devem ser abastecidos.

As SAC podem ser interpretadas como toda variedade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água que abastece diversas famílias em condomínios horizontais ou verticais, por meio de poços comunitários distribuição por veículo transportador e outras (Brasil, 2007). Ou seja, são todos os tipos de fornecimento de água coletiva com o intuito de oferecer água potável, com ou sem canalização, uma vez que não é necessariamente regida sob responsabilidade do poder público, entretanto, é de obrigação de seus responsáveis realizar ações de CQACH (Brasil,2006).

Nessa Solução Alternativa é possível encontrar diversas variações de captação da água, podendo ser agrupadas de acordo com o tipo de manancial seja ele subterrâneo (Estação de Tratamento, poços comunitários, mananciais) ou superficial (captação de água da chuva, veículos transportadores) (Brasil, 2016).

Contudo, as SACs por possuírem a captação de água através de mananciais superficiais e subterrâneos, estão propensas à contaminação, uma vez que seu ponto de coleta esteja contaminado devido a alguma infiltração na tubulação, ou até mesmo poços situados próximos a esgotos e fossas podem desencadear impurezas físico-químicas e bacteriológicas (Frade, 2017).

Diferente das SACs, as SAI são um tipo de infraestrutura de abastecimento de água que serve a habitações que residem apenas uma única família, podendo incluir agregados familiares (Brasil,2005). Estas são constituídas por no mínimo uma região de captação e uma

forma de reservação sendo mais utilizado águas subterrâneas (poços rasos, profundos, freáticos ou artesianos, nascentes ou minas) e água da chuva, entretanto também existem as que utilizam métodos de captação de água superficial (Vasconcelos et al., 2016).

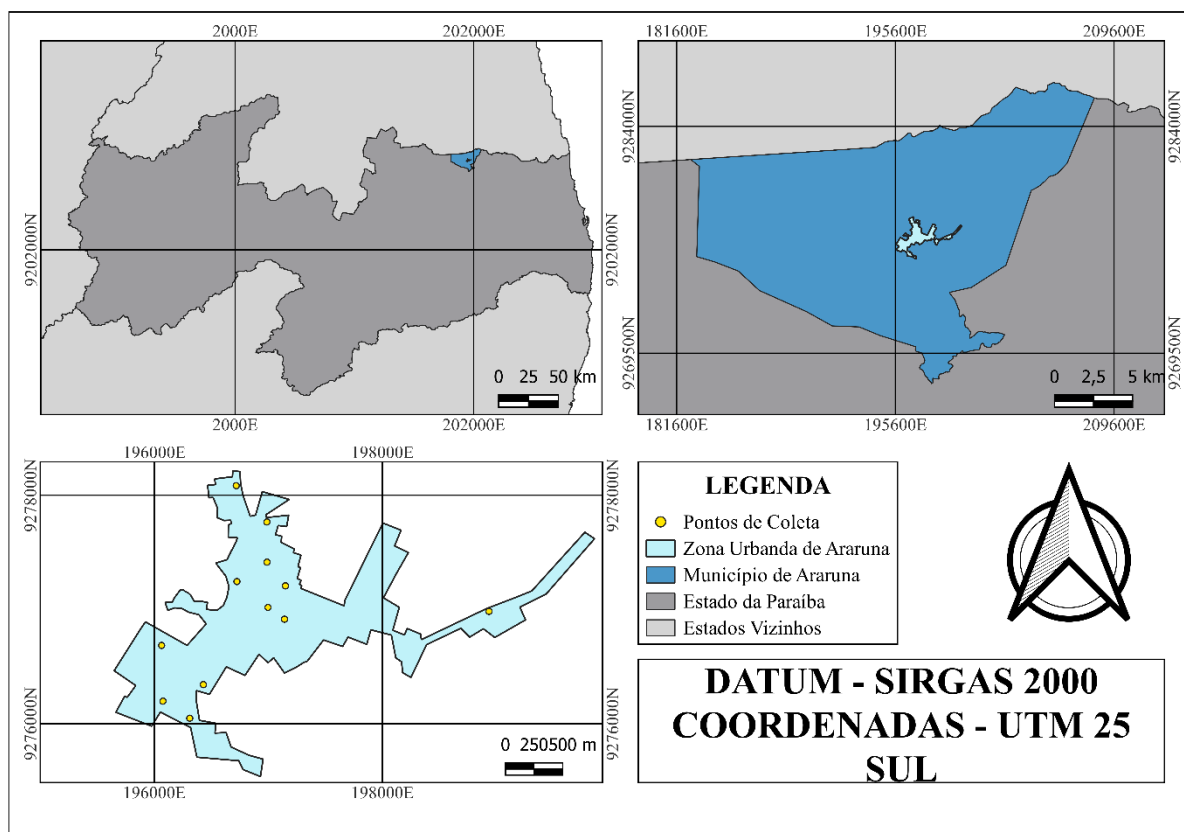
Nesse contexto, as SAIs além de geralmente serem construídas pelos próprios consumidores, possuem uma parcela grande de importância para atender a necessidade hídrica em regiões periféricas, pobres, em especial do semiárido brasileiro, de modo particular as localidades que não são atendidas por uma rede de fornecimento de água.

3 METODOLOGIA

Para esta pesquisa, foi adotado o estilo de metodologia experimental, o qual consiste em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, com a finalidade de analisar os resultados produzidos pela variável no objeto de estudo. Assim, foram analisadas as interações dos indicadores da qualidade da água, com o sistema de fornecimento de água e suas respectivas infraestruturas do município em questão.

Diante dessa classificação, a pesquisa foi realizada na cidade de Araruna (Figura 1), localizada no estado da Paraíba, entre as coordenadas geográficas de 6,53 S 35,75 O, com o município apresentando uma área territorial de 246,72 km² - fazendo fronteira com os municípios paraibanos Cuité, Cacimba de Dentro, Dona Inês, Riachão e Tacima e com os municípios potiguares de Japi, Monte das Gameleiras, Serra de São Bento e Passa e Fica – fica a uma altitude de 590 m acima do nível do mar e distante da capital João Pessoa em 165 km (IBGE, 2023).

Figura 1 - Localização da cidade de Araruna - PB e distribuição dos pontos de coleta



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2024.

No município há 17.189 habitantes, sendo 49% da zona urbana e 51% da zona rural, o IDH médio é de 0,567. Nesse contexto, suas condições socioeconômicas se equivalem a de um município de pequeno porte do semiárido nordestino, possuindo um produto interno bruto per capita de R\$ 9.067, entretanto, apenas 6,3% da população possui ocupação formal, a taxa de não concluintes no ensino fundamental é de aproximadamente 60%, enquanto a de mortalidade infantil é de 28‰ nascidos vivos (IBGE, 2023).

É de grande importância ressaltar as condições sanitárias do município, onde apenas 58% dos domicílios possuem acesso a coleta de resíduos sólidos, 39% com rede de esgoto sanitário e 59% com rede de abastecimento de água, os quais estão, em geral, localizados na zona urbana (IBGE, 2023). A cerca da rede de distribuição de água, esta é parte do sistema integrado Canafístula II, gerenciado pela Companhia de Estadual de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), que faz uso dos mananciais Canafístula II e Jandaia para conceder 125 L/s de água – dos quais 7 L/s são utilizados nas estações de tratamento – aos municípios de Solânea, Bananeiras, Cacimba de Dentro, Araruna, Riachão, Damião, Dona Inês e Tacima, conseguindo abastecer um total de aproximadamente 40.000 pessoas. Nesse sistema contém três estações de tratamento de água, cinco conjuntos elevatórios, englobando dezoito sistemas de recalque, e dez conjuntos de reservação, compostos por dezoito reservatórios de distribuição (OGATA, 2023).

O abastecimento de água acontece por meio dos açudes Canafístula II – localizado na bacia do Rio Mamanguape, no município de Borborema, possuindo capacidade para 4 milhões de m³ de água – e Jandaia – localizado na bacia do Curimataú, no município de Bananeiras, possuindo capacidade para 10 milhões de m³ de água e captação flutuante. Nisso, a captação acontece por meio de uma adutora de água bruta que possui 28 km de extensão de tubos de ferro, com diâmetros que variam entre 300 mm e 400 mm, e um conjunto elevatório de duas bombas centrífugas de 162 kW de potência cada.

Dessa maneira, o tratamento da água em estação convencional desse sistema acontece no município de Cacimba de Dentro, possuindo capacidade de tratamento de 64 L/s e uso de 6 L/s para a manutenção, a qual, tem sua água conduzida por uma adutora de 17 km de extensão e 250 mm de diâmetro, com o auxílio do sistema elevatório preparado com duas bombas centrífugas de 55kW de potência cada, até um reservatório elevado tipo Hintre, com 500 m³ de volume, localizado na cidade de Araruna – PB.

Com relação ao fornecimento, a rede dispõe de tubos de policloreto de vinila com 23km de extensão e diâmetros variando de 50 mm a 250 mm, conseguindo abastecer 5.096

economias, sendo 96% residenciais, 2% comerciais 2% públicas e 4 ligações do tipo industrial (Ogata, 2023).

O município de Araruna foi selecionado, pelo fato de ser uma cidade de pequeno porte com problemas frequentes de segurança hídrica, estando, durante o período de análise em estado de racionamento. Tal prática ocorre devido à paralisação completa do abastecimento de água no sistema Canafístula II devido ao baixo índice de pluviosidade desde o ano de 2012. Devido a isso, os habitantes são forçados a procurar por outras formas de abastecimento de água, como poços, cisternas, caixas de água e veículos transportadores.

3.1 Plano de amostragem

O plano de amostragem foi desenvolvido tomando como base os princípios da Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Brasil, 2016) e foi escolhido o trabalho de Ogata (2023) como base dos dados de cadastramento, pois nele foi realizado um cadastramento em todas as residências da cidade, de modo que seria possível ter um panorama de todas as infraestruturas de abastecimento de água.

Em relação ao plano de amostragem, de acordo com a Tabela 1, a quantidade mínima de pontos de monitoramento para uma população de 17.189 habitantes é de 11 localidades. Logo, de acordo com Ogata (2023), a quantidade ideal de pontos de amostragem por zona de pressão numa rede de distribuição varia entre 2 e 5. Como no SAA do sistema em questão possui apenas uma zona de pressão, foram definidos 3 pontos de amostragem.

Tabela 1 - Quantidade mínima de pontos de amostragem para vigilância da qualidade da água para consumo humano

Indicadores	População					
	0 a 5 mil	5 a 10 mil	10 a 50 mil	50 a 200mil	200 a 500 mil	Maior que 500 mil
CRL						
CT	6	9	8 + 1 Para cada 7,5 mil habitantes	10 + 1 para cada 20 mil habitantes	20 + 1 para cada 20 mil habitantes	35 + 1 para cada 50 mil habitantes
Turbidez						

Fonte: Brasil (2016).

Os 8 pontos restantes foram distribuídos tomando como base a proporção de tipos de abastecimentos verificados no cadastro das SAI e SAC. Portanto, foi verificado que as caixas de água e reservatórios plásticos representam 35,08% dos tipos de abastecimento, as cisternas 33,70% e os poços de aquífero livre 24,18%, de modo que a distribuição ficaria 2,81 pontos

para caixas de água, 2,70 para cisternas e 1,93 para poços de aquífero livre. Assim, a fim de padronizar, ficou definido que cada um desses tipos de abastecimento teria 3 pontos de monitoramento, de modo que, somados aos pontos de SAA, o monitoramento foi realizado com 12 pontos de amostragem como é possível ver na Figura 01 e Quadro 02.

Quanto as análises, aconteceram num período de janeiro a dezembro de 2023, utilizando os indicadores Turbidez, Cloro Residual Livre e Cloro Residual Combinado para o monitoramento da qualidade da água, de forma que, inicialmente, para entender como o sistema se comportava, foram efetuadas duas coletas por mês num intervalo de quinze dias entre elas, após entender o comportamento do sistema, a partir do mês de junho, o intervalo entre as coletas passou a ser de trinta dias, o mesmo exemplo aconteceu na pesquisa de Dovidauskas et al (2017).

Quadro 2 - Caracterização dos pontos de amostragem

Pontos	Localização	Tipo de infraestrutura abastecimento
P1	Rua Benjamin Gomes do Mará	SAA
P2	Conjunto Maquiné, Nº 312	SAA
P3	Rua Perfilio de Oliveira, Nº 520	SAA
P4	Avenida Coronel Luiz Targino Pereira, Nº 890	Cisterna
P5	Rua João Batista Lins Fialho, Nº 17	Cisterna
P6	Rua Epitácio Pessoa, Nº 204	Cisterna
P7	PB 111, S/N	Caixa de água
P8	Rua Francisco Odon de Melo, Nº 30	Caixa de água
P9	Rua Pedro Moreira Sobrinho, Nº 154	Caixa de água
P10	Rua Dr. José Targino Maranhão, 179	Poço raso
P11	Conjunto Maria de Fátima Targino, S/N	Poço raso
P12	Rua Francisco Fialho, Nº 138	Poço raso

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.2 Coleta de amostras

As amostras foram coletadas preferencialmente em uma torneira que possuía acesso direto à infraestrutura de abastecimento de água, logo após proceder com a esterilização por meio do álcool 70% e da descarga de água excedente da tubulação, escoando por 2 a 3 minutos. Nos casos de ausência de torneira com acesso direto à infraestrutura, como é o caso dos pontos de cisternas P4 e P5, os frascos foram submersos para posteriormente proceder com a abertura

da tampa, e ainda com o frasco submerso foi fechada a tampa, evitando a coleta da água superficial.

É importante salientar que em casos que as cisternas estavam com o nível de água baixos, a água foi coletada com um balde – utilizado pelos moradores para o abastecimento – e depois depositada nos frascos.

As amostras eram armazenadas em frascos de polietileno de alta densidade, pintados com tinta preta para evitar a entrada de luz (Figura 02), pois esta reage com o cloro fazendo-o volatilizar. Pela impossibilidade de realizar as análises *in loco*, para reduzir o tempo entre elas e uma vez que as amostras não poderiam demorar para efetuar as análises de cloro residual livre e combinado, a coleta ocorreu em duas etapas, pegando 6 pontos cada e levando ao Laboratório de Química e Saneamento do Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), o que levava em torno de 30 min.

Figura 2 - Garrafa para armazenamento das amostras coletadas



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

3.3 Procedimentos analíticos

Os procedimentos analíticos foram realizados a partir da normatização do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WPCF, 2023), empregando o método nefelométrico para as análises de turbidez e o método colorimétrico do DPD para as análises de CRL e CRC. Essas análises foram realizadas em triplicata no

Laboratório de Química e Saneamento localizado no Campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba, no Bloco de Engenharia Civil e Licenciatura em Física, nas coordenadas geográficas 6,53 S e 35,73 O. Uma descrição mais detalhada sobre cada método analítico está apresentada nas Seções 3.3.1 e 3.3.2. Vale salientar que os valores em triplicata passaram por um tratamento estatístico de moda, nos lugares onde não havia moda, foi adotado a média, é possível ter uma visão melhor desses valores nos apêndices A, B e C.

3.3.1 *Turbidez*

O método nefelométrico consiste na comparação da intensidade de luz desviado pela amostra, com a intensidade de luz desviada por uma suspensão padrão de referência. Portanto, o valor gerado, estará diretamente ligado à intensidade da luz desviada. Ou seja, as escalas dos nefelômetros que transformam as medidas de turbidez em unidades nefelométricas de turbidez (UNT), são calibradas com interrupções nos padrões de referência. Nisso, o método nefelométrico foi executado com o auxílio do turbidímetro (Figura 3) de marca Tecnopon, modelo TB - 1000 realizando calibração com os padrões 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU a cada início de coleta.

Figura 3 - Turbidímetro



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

3.3.2 Cloro Residual Livre e Combinado

Para as análises de cloro residual livre (CRL) e cloro residual combinado (CRC), foi utilizado o método DPD colorimétrico, no qual após a aplicação do composto DPD na água, ele é oxidado com o CRL presente na amostra, resultando numa solução com intensidade de cor – rosada –proporcional à concentração de CRL presente (SOARES, 2016).

Dessa maneira, para realizar essa análise é necessário preparar os reagentes CL-S1, CL-S2 e CL-S4, que são soluções de tampão de fosfato, solução indicadora de DPD e solução de iodeto de potássio, respectivamente.

Para realizar esse processo, foi utilizado um colorímetro (Figura 4) de cloro, marca PoliControl, modelo AquaCloro Cloro, com capacidade de medição entre 0 e 500 uC de CRL. O procedimento analítico consistiu em adicionar cinco gotas de CL-S1 juntamente com duas gotas de CL-S2 em uma cubeta, procedendo com a homogeneização dos reagentes, em seguida a amostra foi colocada na cubeta completando 10 ml de volume, sendo, em seguida medida sua coloração no colorímetro supracitado, obtendo o resultado de CRL. Após o registro da concentração de CRL, são adicionadas duas gotas do reagente CL-S4, procedendo com agitação e aguardando 1 minuto para completa reação, seguindo com medição no equipamento, obtendo o resultado da concentração de cloro total, de modo que a subtração entre os resultados de cloro total e CRL, determinam a concentração de CRC.

Figura 4 - Colorímetro e cubetas para pôr as amostras



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

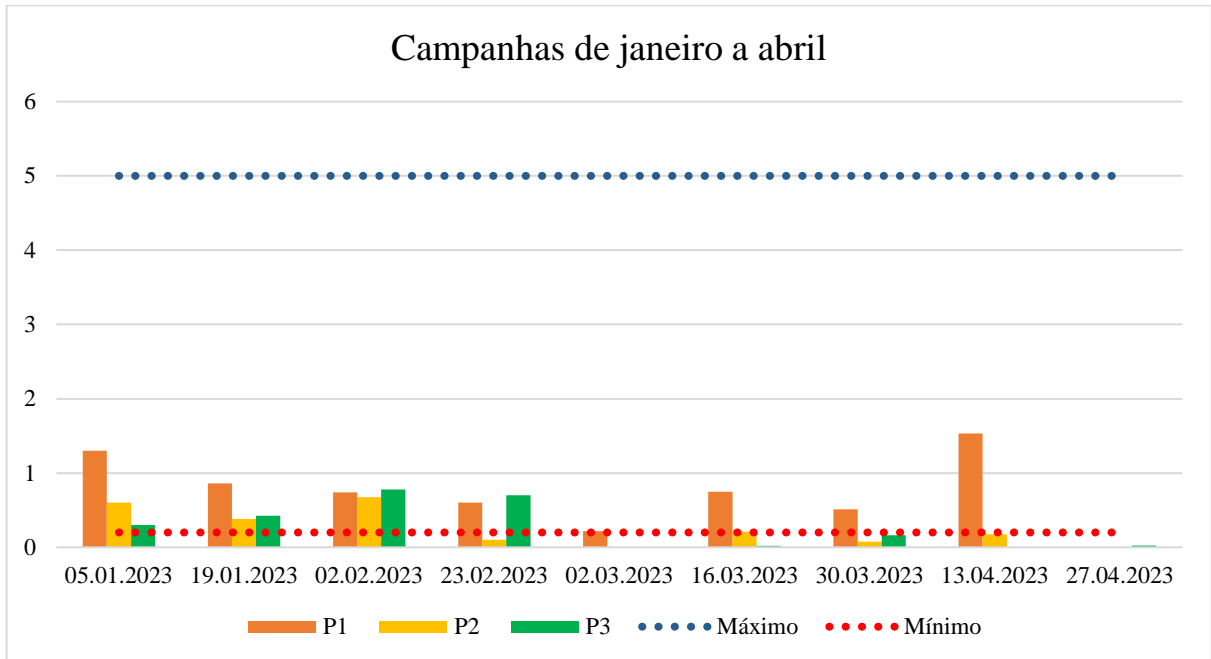
4 RESULTADOS

Os resultados das análises de CRL, CRC e Turbidez estão apresentados nos Apêndices A, B e C, respectivamente. Contudo, para fins de simplificação desses resultados, foram elaborados gráficos para o SAA, apresentando um perfil anual das análises realizadas e um resumo da quantidade de não-conformidades registradas. Esses dados são exibidos na Subseção 4.1, enquanto nas demais subsecções, são explicados os valores abaixo dos padrões de potabilidade obtidos pelas suas respectivas infraestruturas de abastecimento.

4.1 SAA

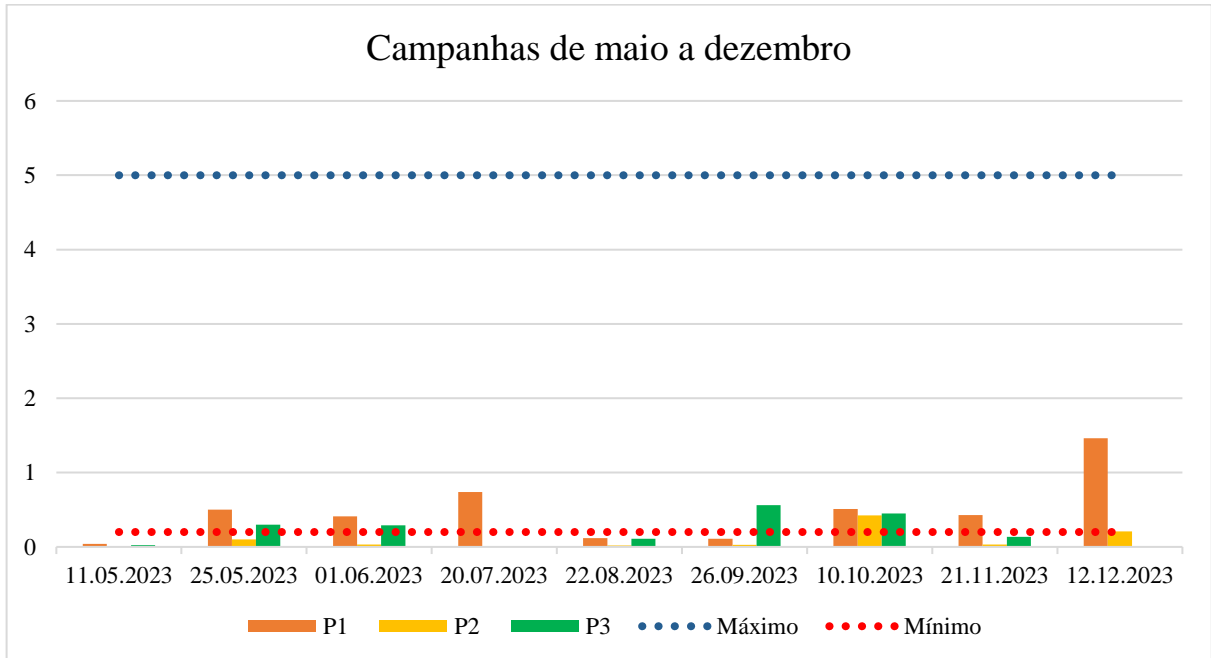
As Figuras a seguir apresentam um resumo dos resultados obtidos de CRL nos pontos de SAA no sistema, bem como as quantias em porcentagem dos pontos no sistema completo que estão em conformidades ou não com o padrão de potabilidade e dos pontos P1, P2 e P3 isoladamente.

Figura 5 - Resultados das análises das campanhas de janeiro a abril de 2023



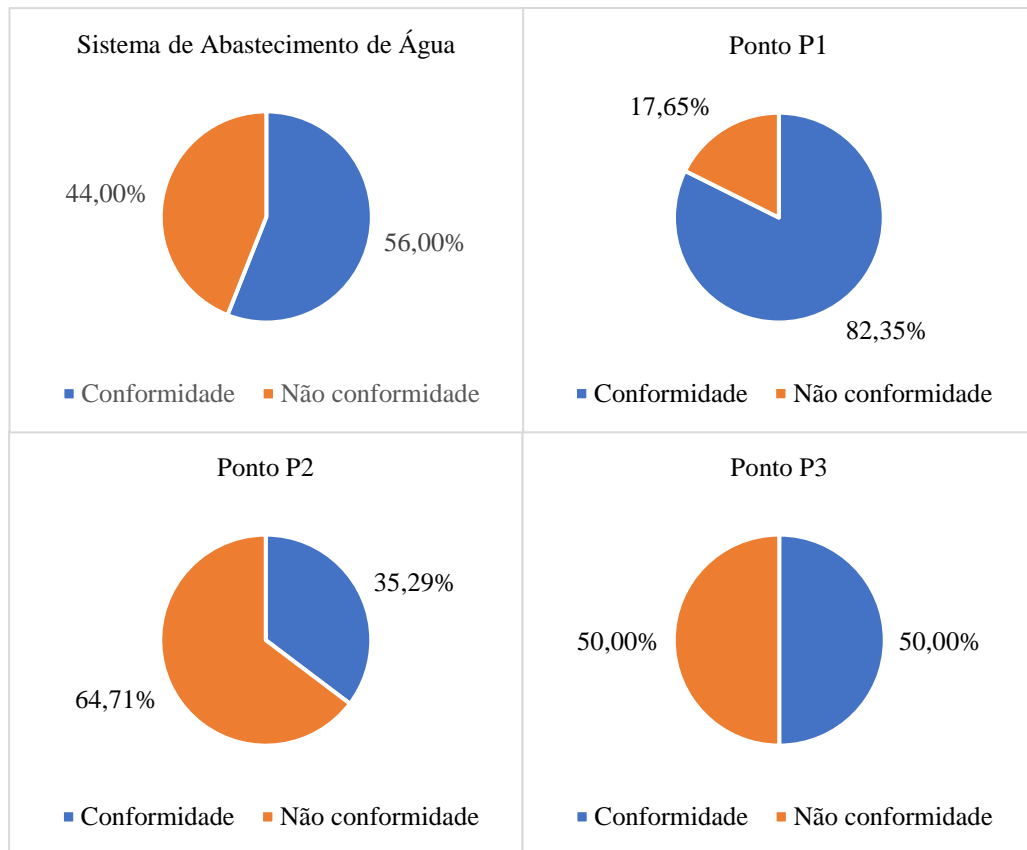
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Figura 6 - Resultados das análises das campanhas de maio a dezembro de 2023



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Figura 7 - Quantidade de conformidades e não conformidades presentes no SAA ao longo do ano



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

4.2 Cisterna

Devido à forma de abastecimento por água da chuva e carência de manutenção e limpeza, os resultados obtidos de CRL e CRC foram todos zeros, devido a isso, optou-se por não os resumir em gráficos.

4.3 Caixas de água

Em relação as caixas de água, também foi possível confirmar que todos os pontos estão em desigualdade com os residuais desinfetantes, apenas o ponto P7 – que era abastecido pela CAGEPA – no mês de setembro apresentou estar de acordo com os padrões de potabilidade.

4.4 Poços

Os poços tiveram pouca alteração, de forma que apenas o ponto P11 atingiu o mínimo permitido pelos padrões de potabilidade, nos meses de fevereiro, março, maio, julho, agosto e setembro, entretanto, em sua maioria, os resultados obtidos foram zero.

5 DISCUSSÃO

Diante do monitoramento realizado é possível verificar que todos os pontos de amostragem tiveram alguma não conformidade com o padrão de potabilidade ao longo do ano de 2023. Contudo, essa violação ocorreu apenas para os indicadores CRL¹ e CRC, de modo que em todos os pontos e em todas as campanhas realizadas o indicador turbidez esteve de acordo com a Portaria N° 888/2021, ou seja, abaixo de 5 uT.

Um aspecto importante do abastecimento na cidade de Araruna - PB é a confirmação de que o SAA é o tipo de infraestrutura de abastecimento de água, que garante melhor qualidade, pois apenas nos pontos P1, P2 e P3, houve momentos de conformidade nos indicadores monitorados. Enquanto as soluções alternativas sempre tiveram em não conformidade quanto ao residual desinfectante.

Outro aspecto importante a se destacar é que, por vezes, não foi possível realizar a coleta das amostras nos pontos P1, P2, P3, P11 e P12, seja porque a concessionária não forneceu água ou porque não foi possível o acesso à residência. Portanto, em algumas campanhas esses pontos não estão com resultado.

Sendo assim, uma análise mais detalhada das campanhas executadas é apresentada nas Subseções 5.1 a 5.4, sendo organizadas pelos tipos de infraestruturas de abastecimento de água existentes em Araruna - PB, quais sejam SAA, Cisterna, Caixas de água e Poços, respectivamente.

5.1 SAA

Com base na análise estatística, foi possível verificar que esse foi o tipo de infraestrutura de abastecimento que obteve os melhores resultados, quando comparado com os demais. Embora alguns pontos não tenham atingido o nível mínimo imposto de CRL e CRC, observou-se que esse sistema é o mais ideal para ser utilizado. Ainda assim, é possível verificar nas imagens (Figura 7) da Secção anterior que a maioria dos pontos de SAA estudados ao longo do ano estavam em conformidades.

É possível afirmar que a baixa concentração de CRL presente nos pontos de coleta, são ocasionados por alguma falha na desinfecção, ausência de manutenção na infraestrutura de abastecimento, ou até mesmo a distância do ponto de cloração em relação as residências em

¹O recomendado de CRL de acordo com a Portaria N° 888/2021 é de: Mínimo = 0,2 mg/L e Máximo = 5 mg/L

questão, como é possível confirmar no caso do ponto P2 (Figura 7). Desse modo, Araújo (2012) comenta que as concentrações de cloro tendem a diminuir devido à reação com substâncias orgânicas ao longo das tubulações, a existência de biofilme, além do processo de corrosão nas tubulações de ferro, devido a isso, ocorria as variações nos pontos P2 e P3.

Outro possível fator que influenciou para essa baixa nos valores, foi a troca dos mananciais que abastecem a cidade, durante os períodos de janeiro a março estava se utilizando o Canafístula II, e o restante do ano passou a usufruir do Jandaia – com um retorno provisório para o Canafístula II para manutenção no bombeamento –. Dessa maneira, essa troca gerou certas paralisações e medidas de racionamento, ao longo do ano, como é possível ver nos gráficos (Figura 5 e 6), na segunda metade do mês de abril e no mês de julho não foi possível efetuar a coleta.

Portanto, com bases nos dados adquiridos, foi possível verificar que o SAA é a infraestrutura ideal para o abastecimento – ainda precisando de melhorias – apresentando menos riscos à saúde humana que as demais soluções, devido sua capacidade de manter a integridade da água, ou seja, nesse sistema possui medidas de operação de manutenção e limpeza que favorecem a qualidade da água (Ogata, 2023).

5.2 Cisterna

Os pontos P4, P5 e P6, obtiveram os piores resultados de CRL² e CRC, de forma que os resultados de todas as campanhas para esses indicadores sentinelas ao longo do ano nesses pontos foi zero. Os moradores dessas residências efetuavam o armazenamento da água da chuva em suas cisternas, logo, com esse resultado, subentende-se que o meio por onde essa água passava – telhas, canos e calhas – não recebia a devida limpeza e manutenção de forma regular.

Nos meses de março e abril, os próprios moradores nos pontos P5 e P6 optaram por adicionar soluções de hipoclorito no reservatório, entretanto, não alterou nada nos resultados obtidos, uma vez que para que o desinfetante fizesse efeito, deveria ser aplicado em maior escala, já que a cisterna é um reservatório de grande porte.

Outro fator que influencia na alteração negativa dos dados de CRL e CRC diz respeito ao caso no ponto P6 no mês de janeiro, em que o mesmo foi abastecido pela água da chuva e pela CAGEPA, havendo mistura de fontes de abastecimento que influencia na sua contaminação, como afirma Ogata (2023), essa prática conhecida como *patchwork of utilities*,

²O recomendado de CRL de acordo com a Portaria N° 888/2021 é de: Mínimo = 0,2 mg/L e Máximo = 5 mg/L

traduzida como miscelânea de suprimentos, acontece quando ocorre a junção de várias fontes de abastecimento ocasionado pela insegurança hídrica, em resumo, ocorre a mistura da água de SAA com SAI e SAC. O que dificulta também o processo de VQACH, pois dificulta a busca das fontes de contaminação, bem como a água de pior qualidade contamina as demais quando misturadas e armazenadas em um mesmo reservatório.

5.3 Caixas de água

Em relação aos pontos de caixa de água, os pontos P8 e P9, recebiam água de poço, enquanto o ponto P7 armazenava a água proveniente da CAGEPA, dessa maneira, o P7 foi o único entre eles que obteve uma variedade – ainda que pequena – nos resultados de CRL³ e CRC, apenas no mês de setembro, esse ponto atingiu o mínimo exigido pelas normas de potabilidade. Os moradores dos pontos P8 e P9 quiseram adicionar hipoclorito nos meses de março e maio, entretanto pela quantidade posta por eles ser relativamente pequena para o tamanho do reservatório, não houve quase nenhuma, ou nenhuma alteração nos dados de CRL e CRC.

5.4 Poços

No geral, os poços não recebem a mesma atenção dos órgãos de vigilância que as demais infraestrutura de abastecimento como SAA, nem tampouco realizam ações de limpeza e manutenção recorrentes, ocasionando em uma infraestrutura sem proteção sanitária, próxima às fontes poluidoras com possíveis problemas de vedação – devido à falta de manutenção –.

Nesse sentido, após as análises foi possível notar que os poços, por mais que tenham possuído variações de CRL e CRC, também não atingiram o mínimo exigido pelos padrões de potabilidade, ocasionados por possíveis problemas de abastecimento de água sem tratamento e infraestruturas já mencionados, com exceção do ponto P11 que atingiu o mínimo permitido pelos padrões de potabilidade, nos meses de fevereiro, março, maio, julho, agosto e setembro.

³O recomendado de CRL de acordo com a Portaria Nº 888/2021 é de: Mínimo = 0,2 mg/L e Máximo = 5 mg/L

6 CONCLUSÃO

Ao final dessa pesquisa é possível afirmar que após analisar todos os pontos estudados na Cidade de Araruna – PB ao longo de um ano por meio de campanhas mensais, constatou que, apesar de a turbidez estar em conformidade com os parâmetros estabelecidos, as medidas de CRL e CRC não estão dentro dos padrões de potabilidade impostos pela Portaria Nº 888/2021.

Ainda assim, com esses dados, foi possível perceber que o melhor tipo de infraestrutura é o SAA, tendo em vista que possui um tratamento tanto no processo de produção da água, quanto nos procedimentos de limpeza e manutenções recorrentes.

Assim, o trabalho realizado gera subsídios de acordo com os resultados obtidos para suscitar atitudes de vigilância ambiental em fornecer o tratamento das soluções alternativas, além de capacitar e orientar os usuários, para que eles efetuem a limpeza e manutenção das infraestruturas utilizadas, uma vez que não é possível a vigilância tratar água de casa em seus domicílios, e assim melhore a qualidade da água utilizada.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como direcionamento de pesquisas futuras para um estudo mais profundo das constatações desse estudo, aponta-se:

- Realizar um estudo envolvendo outros indicadores sentinelas da qualidade da água como *E. Coli* e Coliformes Totais;
- Promover um estudo mais detalhado que atinja mais de um município.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. R. F. de; SOUZA, F. M. de. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. **Revista De Psicologia**, v. 13, n. 43, p. 353–378, 18 dez. 2018.
- ARAÚJO, M C S P de. **Indicadores de vigilância da qualidade da água de abastecimento da cidade de Areia (PB)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- BEVILACQUA, P. D.; CARMO, R. F.; MELO, C. M. de; BASTOS, R. K. X.; OLIVEIRA, D. C. de; SOARES, A. C. C.; OLIVEIRA, J. F. de. Vigilância da qualidade da água para consumo humano no âmbito municipal: contornos, desafios e possibilidades. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 467–483, 25 set. 2013.
- BRASIL, **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Diário Oficial da União, 2021.
- BRASIL. **Boletim epidemiológico**. Diagnóstico do abastecimento de água para consumo humano no Brasil em 2019. v. 51, n. 13. Brasília: Ministério da Saúde, 2020b.
- Brasil. **Decreto nº 5.440, de 04 de maio de 2005**. Estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano. Brasília: Casa Civil, 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Avaliação da Vigilância da Qualidade da Água no Estado do Rio de Janeiro**. Brasília, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Diretriz do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Inspeção Sanitária em Abastecimento de água**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano**. Brasília: Ministério da Saúde. 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento. 3, ed**. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de orientação para cadastramento das diversas formas de abastecimento de água** Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa nacional de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde; 2005.

CALIJURI, M L et al. Estudo de indicadores de saúde ambiental e de saneamento em cidade do Norte do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 19-28, 2009.

CECI, R S de L. **Protocolo de Adequação para as Soluções alternativas Coletivas de Abastecimento de Água das Comunidades Rurais do Município de Campo Mourão – PR**. 2020. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2020.

COUTINHO, K C O. **Efeito da reservação predial da deterioração da qualidade da água de abastecimento humano**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande, 2011.

DOVIDAUSKAS, S.; OKADA, I. A.; IHA, M. H.; CAVALLINI, Á. G.; OKADA, M. M.; BRIGANTI, R. D. C. Parâmetros físico-químicos incomuns em água de abastecimento público de um município da região nordeste do Estado de São Paulo (Brasil). **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 5, n. 1, p. 106–115, 7 mar. 2017.

FORTES, A. C. C.; BARROCAS, P. R. G.; KLIGERMAN, D. C. A vigilância da qualidade da água e o papel da informação na garantia do acesso. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 3, p. 20–34, dez. 2019.

FRADE, Fernanda Valentim Conde de Castro et al. **Proposta de avaliação multicritério do Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. 2017. Dissertação (Mestre em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Brasília, 2017.

FRAZÃO, P et al. Fluoretação da água e insuficiências no sistema de informação da política de vigilância à saúde. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**, São Paulo, v. 67, n. 2, p. 94-100, 2013.

FREITAS, M B; FREITAS, C M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 1-12, 2005.

GALDINO, F A G. **Indicadores sentinelas para a formulação de um plano de amostragem de vigilância da qualidade da água de abastecimento de Campina Grande (PB)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

GUZMAN, B. L. B.; TOVAR, G. N.; BEVILACQUA, P. D. Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano: avaliando o grau de implementação das ações. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 10, p. 4167–4184, 12 jul. 2014.

HELLER, L; DE PÁDUA, V L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UGMG, 2010.

IBGE. **Cidades@**. Araruna – PB. 2023. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/araruna/panorama>>.

- MELO, T. D.; ROCHA, I. L.; COSTA, T. G. A.; ABREU, L. P.; IWATA, B. F.; BEMBEM, A. A.; CÉSAR, M. O. M.; SOUSA, M. C. B.; LEITE, A. C. S. Situação do sistema de abastecimento de água em comunidades rurais de Riacho Frio, Piauí. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, Piauí, v.11, n.7, p.630-639, 2020.
- MONTEIRO, J. L.; MELOTAMANINI, C.; RAMIRES, F. Determinação de parâmetros acústicos para construção de estações elevatórias de água. *In*: Congresso Iberoamericano de Acústica (FIA),6., 2008, Buenos Aires. **Anais [...]**. Buenos Aires, 2008.
- OGATA, I. S. **Avaliação de risco da qualidade da água potável do sistema de abastecimento da cidade de campina grande (PB)**. 2011. Monografia (Engenharia Sanitária e Ambiental) –Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011.
- OGATA, I. S. **Modelo Conceitual para Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano em Sistemas de Pequeno Porte**. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2023.
- PORTA, Miquel (Ed.). A dictionary of epidemiology. Oxford university press, 2014.
- REBOUÇAS, Aldo da C. et al. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. *In*: **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2002. p. 703-703.
- RICHERT, R R. **Monitoramento de quatro pontos de abastecimento de água pública do município de Roque Gonzales/RS**. 2018. Monografia (Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2018.
- RODRIGUES, G S; DINIZ, S F. Avaliação do monitoramento e qualidade da água para o abastecimento público da zona urbana do município de Forquilha-Ceará. **Revista Equador**, v. 8, n. 3, p. 279-294, 2019.
- SOARES, S. S.; ARRUDA, P. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, 16 mar. 2016.
- VASCONCELOS, C H et al. Surveillance of the drinking water quality din the Legal Amazon: analysis of vulnerable areas. **Cadernos Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 14-20, 2016.
- VIEIRA, B G A. **Análise de risco aplicada à qualidade da água do sistema de abastecimento de Campina Grande (PB)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande – Campina Grande, 2012.
- WALDMAN, E A. Usos da vigilância e da monitorização em saúde pública. **Informe Epidemiológico do Sus**, Brasília, v. 7, n. 3, p. 7-26, set. 1998.

APÊNDICE C – Resultados de turbidez

Pontos	Campanha								
	05/01	19/01	02/02	23/02	02/03	16/03	30/03	13/04	27/04
Turbidez									
P1	1,16	0,1	0,1	0,18	0,17	0,13	0,25	0,15	-
P2	0,323	0,16	0,1	0,15	0,18	0,15	0,28	0,16	0,14
P3	0,2	0,14	0,1	0,2	0,16	0,13	0,31	0,13	0,14
P4	0,13	0,16	0,1	0,13	0,1	0,2266	0,12	0,13	0,1
P5	0,16	0,17	0,1	0,15	0,14	0,18	0,15	0,15	0,1
P6	0,16	0,24	0,14	0,19	0,16	0,21	0,17	0,16	0,15
P7	1,06	0,16	0,2	0,14	0,18	0,27	0,19	0,15	0,23
P8	0,16	0,22	0,14	0,17	0,16	0,26	0,1	0,65	0,1
P9	0,17	0,15	0,12	0,14	0,15	0,21	0,13	0,1	0,13
P10	0,17	0,13	0,1	0,14	0,14	0,15	0,12	0,13	0,13
P11	0,17	0,19	0,13	0,12	0,29	0,43	0,16	0,18	0,14
P12	0,19	0,21	0,13	0,13	0,18	0,22	0,2966	0,19	0,15
Pontos	Campanha								
	11/05	25/05	01/06	20/07	22/08	26/09	10/10	21/11	12/12
Turbidez									
P1	0,26	0,2	0,2	0,15	0,15	0,15	0,14	0,13	0,15
P2	0,21	0,2	0,21	-	0,19	0,16	0,15	0,16	0,16
P3	0,22	0,16	0,21	-	0,14	0,14	0,15	0,13	-
P4	0,14	0,17	0,1	0,1	0,15	0,1	0,14	0,15	0,1
P5	0,1	0,14	0,1	0,1	0,1	0,1	0,12	0,14	0,13
P6	0,15	0,55	0,19	0,13	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1
P7	0,17	0,25	0,21	0,42	0,23	0,68	0,19	0,35	0,23
P8	0,18	0,64	0,22	0,8	0,14	0,18	0,1	0,14	0,3
P9	0,15	0,12	0,1	0,1	0,1	0,13	0,1233	0,1	0,1
P10	0,12	0,15	0,14	0,12	0,1	0,14	0,13	0,1	0,12
P11	0,14	0,64	0,25	0,27	0,1166	0,13	0,2	-	0,59
P12	0,15	0,13	0,12	0,17	0,1	0,13	0,1	-	0,14