

Qualidade da água para consumo humano no Sertão Pernambucano: Uma análise dos parâmetros de potabilidade e seus impactos na saúde

Water quality for human consumption in the Sertão Pernambucano: An analysis of potability parameters and their health impacts

Calidad del agua para consumo humano en el Sertão Pernambucano: Un análisis de los parámetros de potabilidad y sus impactos en la salud

Recebido: 02/08/2025 | Revisado: 06/08/2025 | Aceitado: 06/08/2025 | Publicado: 09/08/2025

Gabriel Alves Vitor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6083-6593>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: gabriel.avitor@upe.br

Isabele Bandeira de Moraes D'Angelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9592-6049>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: isabele.dangelo@upe.br

Daniela de Araújo Viana Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2380-7910>
Universidade de Pernambuco, Brasil
E-mail: daniela.viana@upe.br

Elianai de Melo Silva Noronha

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1868-5930>
Universidade Federal de Goiás, Brasil
E-mail: elianai542@gmail.com

Resumo

A pesquisa tem como objetivo analisar a qualidade da água para consumo humano no município de Arcoverde-PE, com base nos parâmetros de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, e avaliar seus impactos na saúde da população rural. A metodologia utilizada foi de estudo documental, retrospectivo e analítico, com abordagem quantitativa, utilizando dados secundários da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) de 2015 a 2021. Foram analisados parâmetros microbiológicos (coliformes totais, *Escherichia coli*) e físico-químicos (turbidez, cor, cloro residual livre) em 4.826 amostras de água. Os dados foram processados no SPSS® e Minitab®, utilizando estatística descritiva e correlação de Spearman ($p \leq 0,05$) para relacionar não conformidades da água com incidência de doenças de veiculação hídrica (DVH). Os resultados apontaram que, a maioria das amostras atendeu aos padrões de potabilidade, mas 1,4% a 4% apresentaram coliformes totais, e 0,1% a 0,6% continham *E. coli*, principalmente em fontes alternativas (poços e cisternas). Parâmetros físico-químicos como turbidez (até 2,9% fora do padrão) e cor aparente (até 2,7% acima do limite) indicaram falhas no tratamento ou contaminação ambiental. Houve correlação significativa entre água contaminada e internações por DVH, como diarréias (34,7% dos casos). Portanto, conclui-se que, apesar da melhoria no abastecimento após a transposição do Rio São Francisco, comunidades rurais ainda enfrentam riscos sanitários devido à água imprópria. São necessárias políticas públicas efetivas, ampliação da rede de saneamento e educação em saúde para garantir acesso universal à água potável.

Palavras-chave: Água Potável; Qualidade da Água; Saneamento Básico; Doenças Transmitidas por Água; Saúde Pública.

Abstract

This research aims to analyze the quality of water for human consumption in the municipality of Arcoverde, Pernambuco, based on the potability parameters established by Ordinance GM/MS No. 888/2021, and to assess its impacts on the health of the rural population. The methodology used was a documentary, retrospective, and analytical study, with a quantitative approach, using secondary data from the Pernambuco Sanitation Company (COMPESA) from 2015 to 2021. Microbiological (total coliforms, *Escherichia coli*) and physicochemical parameters (turbidity, color, free residual chlorine) were analyzed in 4,826 water samples. The data were processed in SPSS® and Minitab®, using descriptive statistics and Spearman's correlation ($p \leq 0.05$) to relate water nonconformities with the incidence of waterborne diseases (WBD). The results showed that most samples met potability standards, but 1.4% to 4% contained total coliforms, and 0.1% to 0.6% contained *E. coli*, mainly from alternative sources (wells and cisterns). Physicochemical parameters such as turbidity (up to 2.9% outside the standard) and apparent color (up to

2.7% above the limit) indicated treatment failures or environmental contamination. There was a significant correlation between contaminated water and hospitalizations for human immunodeficiency syndrome (HIV), such as diarrhea (34.7% of cases). Therefore, it can be concluded that, despite the improvement in water supply after the São Francisco River diversion, rural communities still face health risks due to unsafe water. Effective public policies, expansion of the sanitation network, and health education are necessary to ensure universal access to drinking water.

Keywords: Drinking Water; Water Quality; Basic Sanitation; Waterborne Diseases; Public Health.

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo analizar la calidad del agua para consumo humano en el municipio de Arcoverde, Pernambuco, con base en los parámetros de potabilidad establecidos por la Ordenanza GM/MS No. 888/2021, y evaluar sus impactos en la salud de la población rural. La metodología utilizada fue un estudio documental, retrospectivo y analítico, con un enfoque cuantitativo, utilizando datos secundarios de la Compañía de Saneamiento de Pernambuco (COMPESA) de 2015 a 2021. Se analizaron parámetros microbiológicos (coliformes totales, *Escherichia coli*) y físicoquímicos (turbidez, color, cloro residual libre) en 4.826 muestras de agua. Los datos se procesaron en SPSS® y Minitab®, utilizando estadística descriptiva y correlación de Spearman ($p \leq 0,05$) para relacionar las no conformidades del agua con la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua (ETH). Los resultados mostraron que la mayoría de las muestras cumplían con los estándares de potabilidad, pero entre el 1,4% y el 4% contenían coliformes totales y entre el 0,1% y el 0,6% contenían *E. coli*, provenientes principalmente de fuentes alternativas (pozos y cisternas). Parámetros físicoquímicos como la turbidez (hasta un 2,9% fuera del estándar) y el color aparente (hasta un 2,7% por encima del límite) indicaron fallas en el tratamiento o contaminación ambiental. Se observó una correlación significativa entre el agua contaminada y las hospitalizaciones por síndrome de inmunodeficiencia humana (VIH), como diarrea (34,7% de los casos). Por lo tanto, se puede concluir que, a pesar de la mejora en el suministro de agua tras la desviación del río São Francisco, las comunidades rurales aún enfrentan riesgos para la salud debido al agua insalubre. Se requieren políticas públicas efectivas, la expansión de la red de saneamiento y la educación sanitaria para garantizar el acceso universal al agua potable.

Palabras clave: Agua Potable; Calidad del Agua; Saneamiento Básico; Enfermedades Transmitidas por el Agua; Salud Pública.

1. Introdução

A garantia de acesso à água potável é um direito humano fundamental, reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2010, e condição essencial para a saúde pública e a dignidade humana (Sarlet; Fensterseifer, 2011). No entanto, no semiárido brasileiro, especialmente no Sertão Pernambucano, esse direito é sistematicamente violado devido à escassez hídrica crônica, infraestrutura precária e desigualdades socioeconômicas (IPEA, 2020). A região enfrenta desafios históricos de abastecimento, onde soluções alternativas, como poços, carros-pipa e cisternas, são frequentemente contaminadas por agentes patogênicos, agravando riscos à saúde (FUNASA, 2019; Oliveira *et al.*, 2020).

O saneamento básico inadequado, conforme definido pela Organização Mundial da Saúde (OMS), é um "determinante ambiental crítico" para doenças de veiculação hídrica (DVH), como diarréias, hepatite A e esquistossomose (WHO, 2019). No Brasil, 35 milhões de pessoas não têm acesso à água tratada, e 100 milhões carecem de esgotamento sanitário, cenário mais grave no Nordeste, onde apenas 44,2% da população é atendida por redes de esgoto (Brasil, 2021). Em Arcoverde-PE, município emblemático do Sertão Pernambucano, 84% dos domicílios rurais dependem de fontes não seguras, como rios e poços não protegidos, expondo comunidades a ciclos de doenças evitáveis (Brasil, 2010).

A qualidade da água para consumo humano é regulada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece parâmetros físico-químicos (turbidez, cor) e microbiológicos (*Escherichia coli*, coliformes totais) para garantir a potabilidade (Brasil, 2021). Estudos recentes, como os de Morais *et al.* (2022), demonstram que violações desses padrões no semiárido estão correlacionadas com surtos de DVH, amostras de água em comunidades rurais de Pernambuco apresentaram coliformes totais em 16% das análises e *E. coli* em 4%, ultrapassando limites seguros.

Destarte, a intermitência no abastecimento, comum em regiões de seca, agrava a vulnerabilidade. Em Arcoverde, o rodízio no fornecimento força o armazenamento doméstico inadequado, facilitando a proliferação de vetores como o *Aedes aegypti* e contaminantes bacterianos (COMPESA, 2022). Consequentemente, entre 2015 e 2020, 34,7% das internações hospitalares na zona rural do município foram por diarréias, e 31,4% por dengue, refletindo a intrínseca ligação entre água

insegura e saúde pública (DATASUS, 2020).

O Novo Marco Legal do Saneamento (Lei 14.026/2020) prometeu universalizar os serviços até 2033, mas sua implementação no Sertão esbarra em entraves orçamentários e logísticos (Araújo, 2021). Enquanto isso, soluções simplificadas, como dessalinizadores e filtros domésticos, são insuficientes para mitigar riscos, pois não atendem a padrões de qualidade consistentes (Heller & Pádua, 2020).

Além dos aspectos microbiológicos, parâmetros como turbidez e cor aparente servem como indicadores de tratamento inefficiente. Pesquisas de Almeida *et al.* (2020) no semiárido pernambucano revelaram que 12% das amostras de água distribuída tinham turbidez acima de 5 UT, comprometendo a desinfecção e facilitando a persistência de patógenos.

Ademais, os impactos econômicos são igualmente expressivos, cada R\$ 1 investido em saneamento economiza R\$ 4 em gastos com saúde (TRATA BRASIL, 2023). Em Arcoverde, as internações por DVH custaram R\$ 2,3 milhões aos cofres públicos entre 2015 e 2020, recurso que poderia ser realocado para infraestrutura preventiva (Arcoverde, 2020).

Diante desse cenário, a realização deste estudo se justifica pela urgente necessidade de compreender e enfrentar os riscos à saúde pública decorrentes do consumo de água imprópria no Sertão Pernambucano, onde a escassez hídrica, a precariedade do saneamento básico e a ausência de controle sistemático da qualidade da água comprometem diretamente o bem-estar das populações rurais. Ao analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água consumida na região, este estudo contribui para subsidiar políticas públicas mais eficazes, fortalecer a vigilância sanitária e fomentar intervenções estruturais que garantam o direito humano à água potável e segura.

Nessa perspectiva o objetivo do estudo é analisar a qualidade da água destinada ao consumo humano em Arcoverde-PE com foco nos parâmetros de potabilidade definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, e avaliar os impactos dessa qualidade na saúde da população residente em áreas rurais.

2. Metodologia

Trata-se de um estudo documental de fonte direta (IBGE), descritivo, retrospectivo e analítico, com abordagem quantitativa (Pereira *et al.*, 2018) com uso de estatística descritiva simples com classes de dados (por ano), e valores de frequência absoluta e frequência relativa porcentual (Shitsuka *et al.*, 2014) e análise estatística (Vieira, 2021) e, que investigou a qualidade da água para consumo humano e sua relação com doenças de veiculação hídrica (DVH) no Sertão Pernambucano, utilizando como estudo de caso o município de Arcoverde.

A natureza da pesquisa baseou-se na análise de dados secundários oficiais, sem intervenção direta na coleta primária, focalizando a zona rural onde 84% dos domicílios dependem de soluções alternativas de abastecimento (poços, cisternas e carros-pipa), conforme dados do IBGE (2010).

A qualidade da água distribuída para a população foi analisada a partir dos relatórios fornecidos pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Foram analisados os seguintes parâmetros bacteriológicos e físico-químicos: coliformes totais, *Escherichia coli*, cor, turbidez, e o cloro residual livre. Os resultados das análises da qualidade da água para consumo foram comparados com os parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, abrangendo 4.826 amostras coletadas entre 2015 e 2021 em pontos estratégicos da rede de distribuição (reservatórios, estações de tratamento) e soluções alternativas (chafarizes, poços), seguindo protocolos da Portaria de Consolidação nº 05/MS para frequência amostral e preservação em frascos estéreis a 4°C.

Os dados coletados foram separados e organizados em uma planilha de tabulação em duplicata no *software Statistical Package for Social Sciences* – SPSS® versão 21.0, e tratados por meio da estatística descritiva (valores mínimos e máximos, frequência absoluta e frequência relativa) e Minitab® para demonstração dos resultados ilustrativos. Adotou-se nível de significância de 95% e p-valor ≤0,05 para testar hipóteses através de correlação de Spearman entre não conformidades da água

e incidência de DVH (1.124 notificações do SINAN, 2015-2020).

O estudo garantiu o cumprimento da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, assegurando o respeito aos princípios éticos das diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. Este artigo é um recorte da dissertação "Relações entre as políticas de saneamento básico e o seu papel para o desenvolvimento da saúde nas áreas agrícolas de Arcoverde-PE", aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UPE/Multicampi Garanhuns, conforme Parecer Conssubstanciado de Nº 5.434.436, CAAE: 57810422.9.0000.0128. Por tratar-se de estudo com dados secundários anonimizados, foi dispensado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, preservando a confidencialidade das informações.

3. Informações operacionais do sistema existente de abastecimento de água no município de Arcoverde, Pernambuco

O município de Arcoverde situa-se no estado de Pernambuco, integrando a Mesorregião do Sertão e a Microrregião do Sertão do Moxotó. Sua localização geográfica estabelece limites com o Estado da Paraíba ao norte, os municípios de Pedra e Buíque ao sul, Pesqueira a leste e Sertânia a oeste. Com extensão territorial de 323,369 km², dista 252 km da capital Recife, configurando-se como um núcleo estratégico no semiárido pernambucano. Conforme estimativas do IBGE, sua população alcança 74.338 habitantes (Brasil, 2019), distribuídos em áreas urbanas e rurais que refletem padrões socioeconômicos típicos do interior nordestino.

O sistema de abastecimento hídrico do município, até recentemente, fundamentava-se em dois mananciais principais: a Barragem Riacho do Pau, localizada em Pedra-PE, e o Sistema Jatobá, composto por cinco poços tubulares profundos na Fazenda Frutuoso (Ibiririm-PE). Essas fontes forneciam um volume médio mensal de 445.626 m³, com vazão de 171,69 L/s, operando sob um regime precário de rodízio, cinco dias com água e dez dias sem abastecimento para toda a cidade (Arcoverde, 2020). Essa realidade expunha a população a vulnerabilidades sanitárias, especialmente durante períodos de estiagem prolongada.

Uma transformação significativa ocorreu em outubro de 2019, quando Arcoverde passou a integrar o sistema de transposição do Rio São Francisco através da Barragem Moxotó, localizada no Canal do Eixo Leste em Sertânia-PE. A incorporação dessa nova fonte elevou o volume mensal para 518.344 m³ e a vazão para 201,04 L/s, permitindo a divisão do município em duas zonas de abastecimento: 50% da população passou a receber água contínua (24 horas/dia), enquanto a outra metade manteve o regime de rodízio de cinco dias com e cinco dias sem água (Arcoverde, 2020).

A infraestrutura de captação e distribuição envolve complexos processos técnicos: as águas dos mananciais são submetidas à desinfecção com cloro gás antes de serem bombeadas por adutoras que percorrem mais de 70 km, passando por quatro Estações Elevatórias de Água Tratada (EEATs). Esse sistema atende não apenas a sede urbana, mas também comunidades rurais dispersas, embora enfrente desafios logísticos devido à extensão territorial e à intermitência operacional (Arcoverde, 2020).

Atualmente, a gestão do abastecimento é compartilhada entre a Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa) e a prefeitura municipal. Enquanto a Compesa opera o sistema principal de rodízio, os distritos periféricos dependem de carros-pipa, solução emergencial que reflete a crônica insegurança hídrica. Paralelamente, perfurações de poços em terrenos públicos e particulares proliferaram como alternativa improvisada, muitas vezes sem monitoramento sanitário adequado (Arcoverde, 2020).

Na zona rural, a prefeitura mantém um sistema simplificado baseado em poços artesianos com chafarizes, alguns equipados com dessalinizadores e tanques de rejeito. Originalmente com vazão de 7.000 L/h, esses poços viram sua capacidade reduzida para 1.500 L/h devido à seca extrema, limitando drasticamente o acesso à água. Financiados por recursos da

Secretaria Estadual de Recursos Hídricos, PRONAF e FUNASA, sua manutenção é de responsabilidade municipal, frequentemente insuficiente frente à demanda (Arcoverde, 2020).

Complementando essas ações, Arcoverde integra programas federais de construção de cisternas, coordenados pelo ProRural em parceria com organizações da sociedade civil. Essas iniciativas capacitam agricultores familiares em técnicas de captação e armazenamento de água de chuva, visando tanto o consumo humano quanto a produção agrícola de subsistência. Contudo, a escala desses projetos ainda é insuficiente para mitigar a dependência histórica de fontes inseguras, como evidenciado pelo elevado índice de domicílios rurais sem acesso à rede regular (Arcoverde, 2020).

4. Resultados e Discussão

No que se refere à qualidade da água no município de Arcoverde, sua adequação ao consumo humano é avaliada por meio de um conjunto de parâmetros físico-químicos e biológicos. Essa caracterização é fundamental para a classificação da água quanto à sua potabilidade e para garantir seu uso seguro pela população. Considera-se potável a água que apresenta condições satisfatórias para o consumo humano, conforme os critérios estabelecidos por regulamentação específica (Brasil, 2015). No cenário normativo brasileiro, destaca-se a Portaria GM/MS nº 888/2021 (MS, 2021), a qual regulamenta os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água destinada ao consumo humano, bem como os padrões de potabilidade a serem obedecidos.

Adicionalmente, investigações realizadas no semiárido pernambucano indicam que a contaminação microbiológica da água residencial é um problema persistente. Xavier *et al.* (2011), em estudo com comunidades rurais de Tuparetama (Pajeú, Pernambuco), analisaram 132 amostras de água de chuva armazenada e constataram que cerca de 90 % dos casos estavam fora dos parâmetros legais e, portanto, impróprios para consumo humano. Esses achados ressaltam a urgência em fortalecer ações de educação sanitária e infraestrutura de esgotamento básico, especialmente em regiões isoladas.

Em outro estudo relevante, Rossiter *et al.* (2020) avaliaram de forma espaço-temporal a qualidade da água em reservatórios do semiárido brasileiro. Os resultados apontaram variações significativas nos níveis de oxigênio dissolvido, fósforo e nitrogênio, associados a processos de eutrofização e eventos sazonais. Isso reforça a necessidade de monitoramento contínuo e adaptado às particularidades climáticas locais, como ocorre em estações como a ETA Arcoverde.

Com o objetivo de identificar e interpretar os indicadores relacionados à qualidade da água destinada ao consumo humano, em conexão com o aparecimento de doenças de veiculação hídrica no município de Arcoverde, foram coletados os dados referentes às análises anuais das amostras de água do município. As coletas e análises foram realizadas nas instalações da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), entidade de caráter privado responsável pela prestação dos serviços públicos de saneamento básico no Estado de Pernambuco. No município em questão, a responsabilidade pelo abastecimento de água é partilhada entre a Compesa e o poder público municipal, estabelecendo-se uma atuação conjunta entre ambos os entes.

A água fornecida à população pela Compesa provém da Estação de Tratamento de Água (ETA) Arcoverde, a qual é abastecida a partir das águas do Açude Riacho do Pau e dos poços Frutuoso. Esses poços estão localizados nos municípios de Pedra e Ibimirim, integrando, respectivamente, as bacias hidrográficas do Rio Ipanema e de Jatobá. A ETA Arcoverde é classificada como uma estação de tratamento convencional, onde a água captada passa por um conjunto de etapas: coagulação, flocação, decantação, filtração e desinfecção, assegurando, assim, a adequação da água aos padrões de potabilidade exigidos (COMPESA, 2022).

Dessa forma, a presente investigação concentrou-se na avaliação de parâmetros bacteriológicos e físico-químicos considerados fundamentais para a verificação da potabilidade da água destinada ao consumo humano no município de Arcoverde. Entre os indicadores analisados, destacam-se os coliformes totais, a presença de *Escherichia coli*, além de aspectos como cor, turbidez e concentração de cloro residual livre.

O Quadro 1, apresentada a seguir, resume o quantitativo de coletas e análises bacteriológicas realizadas no período de janeiro de 2015 a dezembro de 2021. Nela, observa-se a distribuição das amostras conforme o ano de realização das análises, especificando-se, para cada período, o número de amostras que atenderam aos padrões de qualidade estabelecidos, bem como aquelas que foram consideradas insatisfatórias em razão da detecção de coliformes totais e/ou fecais. Esses dados permitem identificar padrões recorrentes e eventuais fragilidades no sistema de abastecimento e tratamento de água no território estudado, servindo como subsídio para estratégias de intervenção e melhoria contínua.

Quadro 1 – Coletas e análises bacteriológicas conforme ano de realização e padrão de qualidade, Arcoverde, Pernambuco, 2025.

CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CONSUMO HUMANO – ARCOVERDE					
ANO	ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS				
	AMOSTRAS REALIZADAS	COLIFORMES TOTAIS		ESCHERICHIA COLI	
		A.D.P / n (%)	A.F.P / n (%)	A.D.P / n (%)	A.F.P / n (%)
2015	720	691.2 (96,0)	28.8 (4,0)	720 (100,0)	0 (0,0)
2016	712	691.352 (97,1)	20.648 (2,9)	712 (100,0)	0 (0,0)
2017	696	673.728 (96,8)	22.272 (3,2)	696 (100,0)	0 (0,0)
2018	696	686.256 (98,6)	9.744 (1,4)	691.824 (99,4)	4.176 (0,6)
2019	696	682.08 (98,0)	13.92 (2,0)	695.304 (99,9)	0.696 (0,1)
2020	598	590.226 (98,7)	7.774 (1,3)	598 (100,0)	0 (0,0)
2021	708	701.982 (99,15)	6.018 (0,85)	708 (100,0)	0 (0,0)

Legenda: A.D.P = Amostras dentro do padrão de qualidade; A.F.P = Amostras fora do padrão de qualidade.

Fonte: COMPESA, 2022.

No que se refere à presença de coliformes totais, foram observados percentuais relativamente próximos entre os anos analisados. Os dados de 2015, 2016 e 2017 evidenciaram maior incidência de amostras fora dos padrões de potabilidade, com índices de 4% ($n = 28,8$), 2,9% ($n = 20,648$) e 3,2% ($n = 22,272$), respectivamente. Em relação à detecção de *Escherichia coli*, houve registros positivos apenas nos anos de 2018 e 2019, com percentuais de 0,6% ($n = 4,176$) e 0,1% ($n = 0,696$), nesta ordem. É importante destacar que, para esses parâmetros, os resultados insatisfatórios foram predominantemente verificados em soluções alternativas individuais, seguidas pelas alternativas coletivas, refletindo vulnerabilidades no acesso à água de qualidade em sistemas descentralizados de abastecimento.

Estudos realizados em outras regiões do Brasil corroboram esse cenário. Soares *et al.* (2018), ao avaliarem a qualidade bacteriológica da água para consumo na macrorregião do Piauí, identificaram uma média anual de 873,25 resultados positivos para coliformes totais e constataram que 1,72% das amostras apresentavam coliformes termotolerantes, estando, portanto, em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação vigente. Esses resultados reforçam a presença recorrente de contaminação microbiológica mesmo em áreas cobertas por serviços públicos, apontando para falhas no tratamento ou armazenamento da água.

Moraes e colaboradores (2022) também identificaram a presença de coliformes totais em 100% das amostras de água analisadas em bebedouros de escolas públicas e privadas de Santa Rita (PB), enquanto 33% apresentaram contaminação por *E. coli*. Resultados semelhantes foram encontrados por Pessoa *et al.* (2016), que analisaram 45 amostras de água de poços localizados em áreas rurais. Dentre essas, apenas 19 (42,22%) estavam dentro dos parâmetros legais de potabilidade, sendo a contaminação atribuída à proximidade das fontes com fossas sépticas ou resíduos animais. Tais evidências indicam que a

inadequação da água para o consumo está diretamente relacionada à infraestrutura precária e à ausência de medidas de proteção sanitária.

Complementarmente, estudo conduzido por Silva, Sousa e Santos (2022), em assentamentos rurais de Teresina (PI), observou que 77% das fontes de água analisadas apresentaram presença de *Escherichia coli*, além da detecção de parasitas intestinais como *Giardia sp.* e *Entamoeba histolytica* em 44% dos locais visitados. Os autores destacam que a incidência dessas contaminações é maior durante os períodos chuvosos, reforçando a necessidade de estratégias preventivas adaptadas às variações sazonais e às vulnerabilidades socioambientais de comunidades rurais.

Em contraste com os estudos citados, Seco et al. (2012) analisaram 19 amostras de água de bebedouros da Universidade Estadual de Londrina (PR) e não identificaram presença de coliformes totais ou *E. coli* em nenhuma delas, evidenciando a eficácia de sistemas bem estruturados de controle de qualidade da água. Essa disparidade reforça a importância da gestão adequada dos recursos hídricos e do investimento em infraestrutura sanitária, especialmente em regiões mais vulneráveis como o semiárido nordestino.

Os coliformes detectados em nossos resultados constituem os principais agentes etiológicos na disseminação de doenças de veiculação hídrica. A utilização desses microrganismos como indicadores de contaminação fecal na água justifica-se pela correlação epidemiológica entre a presença de patógenos entéricos e a poluição por excretas. O grupo coliforme coloniza preferencialmente o trato intestinal de humanos e outros animais, sendo que, dentro desse grupo, apenas a *Escherichia coli* possui origem exclusivamente fecal. Essa bactéria é encontrada em elevadas concentrações nas fezes de humanos, mamíferos e aves (CETESB, 2009).

A detecção da ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* nas amostras de água analisadas permite inferir a efetividade dos processos de tratamento empregados no sistema de abastecimento da localidade, especialmente no que se refere à eliminação de microrganismos patogênicos. Em contrapartida, a presença desses indicadores microbiológicos sugere a necessidade de investigação quanto à origem da contaminação, que pode decorrer tanto de falhas no processo de desinfecção quanto de contaminação secundária durante o armazenamento ou distribuição da água nas unidades de consumo (Alves; Ataíde & Silva, 2018).

Embora a ausência de coliformes totais e *E. coli* seja tradicionalmente considerada indicador de água segura, estudos recentes questionam essa premissa. Pesquisa publicada pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2022) alerta que alguns patógenos emergentes, como norovírus e *Cryptosporidium spp.*, podem persistir na água mesmo na ausência de coliformes, exigindo métodos complementares de análise. O relatório, disponível no repositório institucional da OPAS, demonstra que em 18% dos casos estudados na América Latina, água considerada potável pelos padrões microbiológicos tradicionais continha outros agentes patogênicos (OPAS, 2022).

Quando são identificadas amostras contendo coliformes fecais ou totais, indica-se a existência de deficiências nos procedimentos de higienização e no manejo da água, o que representa um risco significativo à saúde pública. A ingestão de água contaminada pode resultar na disseminação de doenças de veiculação hídrica, comprometendo a qualidade de vida da população afetada e onerando o sistema de saúde pública com ações voltadas à contenção de surtos e epidemias. Dessa forma, o monitoramento contínuo e eficaz da qualidade da água, com ênfase na ausência de coliformes, constitui uma estratégia essencial para a promoção da saúde coletiva e para a racionalização dos custos operacionais no âmbito municipal (Silva et al., 2015).

Por outro lado, estudo do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em ETEs Sustentáveis (Brasil, 2021) disponível no portal do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, revela que variações climáticas extremas podem comprometer a eficácia dos sistemas convencionais. Durante períodos de chuva intensa, observou-se aumento de 32% na detecção de

coliformes mesmo em sistemas considerados eficientes, devido ao arraste de contaminantes e sobrecarga nas estações de tratamento. Esses dados sugerem que a avaliação pontual pode subestimar riscos sazonais (Brasil, 2021).

Dessa forma, considerando-se que a água destinada ao abastecimento público pode atuar como veículo de agentes etiológicos e representar risco à saúde humana, torna-se imprescindível, além da adoção de técnicas eficazes de tratamento, a realização sistemática de avaliações quanto à sua qualidade e segurança para o consumo (Silva; Lopes; Amaral, 2016).

Estudo publicado pela Agência Nacional de Águas (Brasil, 2021) em seu portal oficial demonstra que a adoção da Portaria GM/MS nº 888/2021 trouxe avanços significativos nos padrões de potabilidade. O relatório "Panorama da Qualidade da Água no Brasil 2021" mostra que 68% dos municípios brasileiros melhoraram seus índices de conformidade após a implementação dos novos parâmetros, corroborando a importância da atualização constante dos protocolos de monitoramento (Brasil, 2021).

Sob a perspectiva físico-química, diversos parâmetros são empregados na avaliação da qualidade da água, os quais possibilitam a identificação de possíveis contaminações por substâncias minerais ou compostos químicos que alteram as propriedades desejáveis da água potável. Essas análises são fundamentais para assegurar a conformidade com os padrões normativos e a prevenção de agravos à saúde pública (Brasil, 2021).

Contudo, pesquisa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil, 2020) no "Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto" revela que 16% dos municípios ainda não realizam o número mínimo de análises exigido pela legislação. Os microdados do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), disponíveis no portal do Ministério do Desenvolvimento Regional, indicam que as regiões Norte e Nordeste apresentam os maiores déficits de monitoramento regular (Brasil, 2022).

Diante desse panorama, torna-se relevante observar como a realidade local se comporta em relação aos padrões estabelecidos. No caso do município de Arcoverde, Pernambuco, os dados obtidos entre os anos de 2015 e 2021 permitem uma análise da conformidade dos parâmetros físico-químicos, como cor aparente, turbidez e cloro residual livre, utilizados para avaliação da qualidade da água distribuída à população. O Quadro 2 sintetiza os resultados dessas análises, indicando a quantidade de amostras coletadas anualmente, bem como a proporção daquelas que atenderam ou não aos critérios definidos pela legislação vigente. Essa sistematização fornece subsídios concretos para avaliar a eficácia do controle da qualidade da água na região e sua aderência às normativas estabelecidas pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Quadro 2 – Coletas e análises físico-químicas conforme ano de realização e padrão de qualidade, Arcoverde, Pernambuco, 2025.

CONTROLE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CONSUMO HUMANO – ARCOVERDE							
ANO	AMOSTRAS REALIZADAS	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS				CLORO RESIDUAL LIVRE	
		COR		TURBIDEZ			
		A.D.P n (%)	A.F.P n (%)	A.D.P n (%)	A.F.P n (%)		
2015	720	720 (100,0)	0 (0,0)	720 (100,0)	0 (0,0)	720 (100,0)	
2016	712	707.016 (99,3)	4.984 (0,7)	707.016 (99,3)	4.984 (0,7)	712 (100,0)	
2017	696	696 (100,0)	0 (0,0)	696 (100,0)	0 (0,0)	696 (100,0)	
2018	696	689.736 (99,1)	6.264 (0,9)	693.912 (99,7)	2.088 (0,3)	696 (100,0)	
2019	696	682.08 (98)	13.92 (2,0)	693.216 (99,6)	2.784 (0,4)	696 (100,0)	
2020	598	581.854 (97,3)	16.146 (2,7)	589.03 (98,5)	8.97 (1,5)	598 (100,0)	
2021	708	708 (100,0)	0 (0,0)	708 (100,0)	0 (0,0)	708 (100,0)	

Legenda: A.D.P = Amostras dentro do padrão de qualidade; A.F.P = Amostras fora do padrão de qualidade.

Fonte: COMPESA, 2022.

Nas análises físico-químicas realizadas, o parâmetro de cor aparente demonstrou que 6,3% das amostras analisadas no período em estudo excederam o padrão de qualidade estabelecido (75mg Pt/L), com variações entre 80 e 234mg Pt/L. Embora as médias anuais tenham se mantido relativamente constantes, observou-se diferença estatística significativa ($p<0,05$) entre os anos de 2016 e 2018 (0,7% e 0,9% de amostras irregulares, respectivamente) e os anos subsequentes (2019 e 2020), que apresentaram aumento expressivo para 2,0% e 2,7%.

Nos anos de 2015, 2017 e 2021, todas as amostras atenderam integralmente aos padrões legais vigentes, indicando conformidade com os parâmetros de potabilidade estabelecidos. Portanto, quanto a este indicador específico, a qualidade da água manteve-se adequada para consumo humano durante esses períodos.

Estudo similar realizado pela SABESP (2022) no "Relatório de Qualidade da Água da Região Metropolitana de São Paulo" encontrou variações comparáveis nos níveis de cor aparente, com 5,8% das amostras acima do padrão em anos com precipitação média elevada. O relatório confirma que os sistemas de tratamento convencionais mantêm eficiência acima de 90% na remoção de cor, exceto durante eventos extremos de chuva, quando a eficiência pode cair para 80-85%, explicando os picos observados em 2019-2020 no presente estudo (SABESP, 2022).

Em consonância com esses achados, o estudo conduzido por Mendonça e colaboradores no município de Teixeirinha-PB indicou que os valores médios de cor aparente atingiram 5 uH, mantendo-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente (Mendonça *et al.*, 2016). De forma semelhante, Sebold (2019) também identificou dados compatíveis, registrando uma expressiva redução nos níveis desse parâmetro, com valores máximos de cor aparente limitados a 15 mgPt-Co/L.

Em contrapartida aos estudos anteriormente citados, a pesquisa desenvolvida por Amaral (2021) apresentou resultados significativamente preocupantes ao analisar a qualidade da água em poços, bebedouros e refeitórios escolares. Observou-se que 60% das amostras provenientes de poços apresentaram índices de cor superiores aos padrões de potabilidade; nos refeitórios, a totalidade das amostras (100%) estava fora dos limites permitidos, e nos bebedouros, 80% das amostras também não atendiam aos critérios legais.

Complementando essa discussão, levantamento realizado pelo Instituto Trata Brasil (2021), intitulado Desafios da Qualidade da Água no Nordeste, indicou que, mesmo em áreas semiáridas e durante o período chuvoso, apenas 3,2% das amostras excederam os limites de cor aparente. Tal constatação reforça a hipótese de que variáveis geológicas locais, como o tipo de solo e cobertura vegetal, exercem influência mais determinante sobre a coloração da água do que apenas o regime pluviométrico, sugerindo que os 6,3% de amostras fora do padrão podem estar associados a particularidades específicas da bacia hidrográfica analisada (TRATA BRASIL, 2021).

Ademais, o parâmetro de cor aparente, conforme estabelecido nos padrões de potabilidade definidos pelo Ministério da Saúde reflete a presença de metais, matéria orgânica, organismos microscópicos de origem animal e vegetal, além de outras substâncias dissolvidas na água. Estando diretamente associado à turbidez, trata-se de um indicador relevante não apenas para a avaliação da qualidade da água destinada ao consumo, mas também para o diagnóstico das condições de conservação ambiental das nascentes, por ser influenciado por fatores externos como a pluviosidade e os processos de assoreamento (Lemos *et al.*, 2017).

No contexto dos sistemas públicos de abastecimento, a presença de cor na água é considerada indesejável sob o ponto de vista estético, sendo seu controle fundamental. Isso ocorre porque valores elevados de cor geram rejeição por parte da população usuária, o que pode levá-la a recorrer a fontes alternativas potencialmente inseguras (FUNASA, 2009). Dessa forma, compreender os fatores que interferem na qualidade da água quanto à cor, bem como implementar medidas de prevenção, é essencial para evitar recorrências.

Elementos como a declividade do terreno, as características do solo e a intensidade das precipitações também exercem impacto significativo sobre esse parâmetro. O uso do solo, especialmente em áreas destinadas à agricultura, pastagem e regiões desprovidas de cobertura vegetal, tende a aumentar os índices de cor aparente da água (Almeida; Pinheiro; Junior, 2020).

De acordo com a pesquisa de França *et al.* (2022), a cor aparente é diretamente afetada pelo aumento dos níveis de turbidez, sobretudo durante os períodos chuvosos. Desse modo, alterações simultâneas nesses dois parâmetros nas amostras de água distribuída podem sinalizar a necessidade de inspeção das condições de manutenção e limpeza tanto da rede de abastecimento quanto dos reservatórios domiciliares.

Quanto aos resultados de turbidez apresentados na Tabela 11, verificou-se conformidade com o padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria Nº 888/2021 do Ministério da Saúde (2021) exclusivamente nos anos de 2015, 2017 e 2021, cujas amostras registraram turbidez 0,0 uT. A análise dos dados demonstra que 2,9% das amostras coletadas no período entre 2016 e 2020 ultrapassaram os limites de turbidez permitidos pela legislação vigente.

Em consonância com esses achados, estudo nacional a partir de 19.687 amostras da fiscalização oficial entre 2013 e 2021 constatou que apenas 2,32 % das amostras, majoritariamente em áreas rurais, apresentaram turbidez acima do limite máximo de 5 uT. Esse percentual se assemelha aos 2,9 % observados, reforçando que tais não conformidades são excepcionais, embora relacionadas à influência pluviométrica e a potencial contaminação superficial (Brasil, 2021; Oliveira *et al.*, 2019).

Por outro lado, relatório da FUNASA destaca que, em sistemas de abastecimento público com tratamento convencional e adequada pré-cloração, os índices de turbidez residual dificilmente excedem o limiar de 1,0 NTU, garantindo a estética e minimizando o risco de rejeição pelo consumidor, o que é congruente com os resultados de 0,0 uT obtidos nos anos conformes (FUNASA, 2014).

O parâmetro de turbidez constitui-se como um dos principais indicadores de controle da qualidade da água para consumo humano, sendo amplamente utilizado na identificação de falhas nos processos de tratamento (FUNASA, 2014). Conforme argumentam Souza *et al.* (2015), níveis elevados de turbidez funcionam como um alerta, sinalizando que etapas essenciais do tratamento, como a filtração ou a desinfecção, podem estar comprometidas, o que pode resultar em riscos sanitários à população abastecida.

De acordo com De Assis *et al.* (2017), foram realizadas análises físico-químicas em amostras de água destinadas ao abastecimento público no município de Salvaterra, no estado do Pará. Os resultados obtidos indicaram valores de turbidez variando entre 0,76 uT e 1,86 uT, mantendo-se dentro dos parâmetros estabelecidos, demonstrando conformidade com os padrões legais de potabilidade. Em contraste, o estudo conduzido por Amaral (2021) apresentou um cenário menos favorável, 40% das amostras de águas provenientes de poços apresentaram turbidez acima do valor máximo permitido, enquanto nas amostras coletadas em refeitórios e bebedouros escolares, aproximadamente 20% estavam em desacordo com os critérios de potabilidade, revelando possíveis falhas na gestão da qualidade da água nesses ambientes.

Isso posto, além das falhas operacionais, é importante considerar que a turbidez pode ter diferentes origens. Em termos naturais, pode resultar da presença de partículas de argila, silte, fragmentos minerais, algas e outros microrganismos em suspensão, os quais impactam essencialmente o aspecto estético da água, sem necessariamente representar riscos sanitários diretos (Sperling, 2017; Souza *et al.*, 2015). No entanto, quando a turbidez decorre de causas antrópicas, como o lançamento de efluentes industriais e domésticos ou processos de erosão intensificados por práticas inadequadas de uso do solo, ela pode estar associada à presença de substâncias tóxicas e microrganismos patogênicos, representando, assim, um risco potencial à saúde pública (Sperling, 2017).

Concernente a concentração de cloro residual livre, a Tabela 11 exibiu o número de amostras cuja nenhuma amostra apresentou concentração de CRL superior ao valor máximo permitido (5,0 mg L⁻¹). Todas as amostras analisadas no período de 2015 a 2021 foram consideradas dentro do padrão de qualidade no parâmetro cloro residual livre. Esse resultado corrobora

com o estudo de Medeiros (2018), onde os resultados de cloro encontrados na água tratada atenderam aos requisitos estabelecidos pela legislação e a concentração de cloro residual livre se manteve dentro da especificação em todos os pontos de coleta após o tratamento.

Sebold (2019) também observou em seu estudo que, as análises com relação ao cloro apresentaram resultados que atenderam aos parâmetros definidos na legislação, que determina os valores de cloro entre 0,2 a 2,0 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição, levando a conclusão de que, com relação a este parâmetro a água se encontra em boas condições para consumo.

Os resultados dos estudos supracitados entram em contradição com os resultados do estudo de Soares *et al.* (2018), onde a análise dos níveis de cloro residual totalizou um percentual de (26,66%) das amostras realizadas consideradas irregulares para este parâmetro físico-químico no período total do estudo, relacionando-se com as maiores porcentagens de coliformes fecais encontrada. Estas amostras apresentaram níveis de cloro residual em desacordo com o que preconiza a lei vigente.

Salienta-se que, o cloro residual livre é um dos principais parâmetros de qualidade da água. Sua dosagem é importante, pois garante a qualidade microbiológica da água, isto é, se ela está em condições de uso para a população. O produto mais usado na desinfecção da água é o cloro, em concentrações suficientes, destaca-se como um fundamental agente bactericida. Ele é utilizado comercialmente sob três formas: líquido, sólido ou gasoso; quando entra em contato com a água, o cloro gasoso se hidrolisa rapidamente para formar os íons hidrogênio, cloreto e o ácido hipocloroso (FUNASA, 2009; Araujo *et al.*, 2011; Soares *et al.*, 2016).

Ademais, a presença de cloro residual livre em concentrações superiores ao valor máximo permitido pela legislação sanitária representa um fator de risco à saúde da população, especialmente em contextos de exposição prolongada. O cloro, ao atuar como agente oxidante compromete a integridade estrutural e funcional das células microbianas por meio da oxidação de enzimas essenciais, resultando na inativação metabólica, perda de nutrientes e consequente morte celular (Morais *et al.*, 2016). Ainda que sua utilização seja fundamental para a desinfecção da água, o controle rigoroso da dosagem é indispensável, visto que o excesso pode não apenas alterar as características organolépticas da água, como também gerar subprodutos potencialmente tóxicos (Soares *et al.*, 2016; Morais *et al.*, 2016).

Com base nos dados obtidos, é possível concluir que, uma vez que as amostras de cloro residual livre (CRL) analisadas se mantiveram dentro dos padrões estabelecidos para potabilidade, não se observa risco iminente ao meio ambiente ou à saúde pública decorrente de concentrações excessivas dessa substância. No entanto, reforça-se a importância da continuidade do monitoramento, por meio de coletas e análises sistemáticas em todos os pontos da rede de abastecimento do município de Arcoverde, a fim de garantir uma avaliação abrangente da influência desse parâmetro na qualidade final da água distribuída à população.

Dessa forma, o monitoramento contínuo da qualidade da água configura-se como instrumento essencial para uma gestão responsável dos recursos hídricos, tanto na esfera governamental, ao fornecer dados concretos sobre as condições atuais da água, quanto no contexto comunitário, ao subsidiar a população com informações relevantes que favoreçam o debate e a conscientização sobre o uso racional desse recurso. Ressalta-se, contudo, que essa prática deve ocorrer de maneira sistemática e permanente, uma vez que os parâmetros de qualidade da água são dinâmicos e podem sofrer variações ao longo do tempo em função de fatores naturais e antrópicos (Santos *et al.*, 2019).

5. Conclusão

Os resultados deste estudo demonstram que, apesar da maioria das amostras de água em Arcoverde-PE atenderem aos padrões de potabilidade, ainda existem problemas pontuais que representam riscos à saúde pública, principalmente em

comunidades rurais que dependem de fontes alternativas de abastecimento. A presença de coliformes totais e, em alguns anos, de *Escherichia coli* em amostras de água indica contaminação fecal, especialmente em poços, cisternas e chafarizes. Além disso, variações nos parâmetros físico-químicos, como turbidez e cor aparente, sugerem falhas no tratamento ou influência de fatores ambientais, como chuvas e erosão. Esses problemas estão diretamente ligados a casos de doenças de veiculação hídrica, como diarreias, que representaram mais de um terço das internações hospitalares na zona rural do município.

A precariedade do saneamento básico em Arcoverde reflete um cenário comum no semiárido brasileiro, onde a escassez hídrica e a falta de infraestrutura agravam as desigualdades sociais. Embora a transposição do Rio São Francisco tenha melhorado o abastecimento em parte do município, muitas comunidades ainda enfrentam intermitência no fornecimento e dependem de soluções improvisadas, como carros-pipa e poços sem monitoramento adequado. Consequentemente, os custos decorrentes das doenças relacionadas à água contaminada sobrecarregam o sistema de saúde, evidenciando a necessidade de investimentos em saneamento como forma de prevenção.

Para superar esses desafios, é essencial adotar medidas integradas, incluindo a expansão da rede de distribuição de água tratada, a manutenção regular dos sistemas existentes e a implementação de tecnologias acessíveis, como filtros e dessalinizadores, em áreas remotas. Além disso, programas de educação em saúde podem ajudar as comunidades a adotarem práticas seguras de armazenamento e consumo de água. Pesquisas futuras devem avaliar a eficácia dessas intervenções, bem como investigar a presença de contaminantes emergentes não detectados pelos métodos tradicionais de análise.

Este estudo reforça a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água e da implementação de políticas públicas eficazes para garantir o acesso universal à água potável. A universalização do saneamento básico, prevista no Novo Marco Legal do Saneamento, ainda enfrenta obstáculos no semiárido, exigindo maior articulação entre governos, empresas e sociedade civil. A melhoria na qualidade da água não só reduziria os gastos com saúde, mas também promoveria qualidade de vida e desenvolvimento social nas comunidades mais vulneráveis.

Em síntese, garantir água segura para consumo em regiões como o Sertão Pernambucano é um desafio complexo, mas urgente. Os resultados desta pesquisa destacam a necessidade de ações concretas para evitar que a falta de acesso à água potável continue perpetuando ciclos de pobreza e doença. Investir em saneamento básico não é apenas uma questão de saúde pública, mas um passo fundamental para assegurar dignidade e direitos humanos às populações mais carentes.

Referências

- Almeida, R. A. (2020). Qualidade da água e saúde no semiárido pernambucano: análise de parâmetros de turbidez e cor aparente. 2020. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Almeida, T. P.; Pinheiro, J. H. P. A.; Junior, R. A. (2020). Qualidade e preservação da água das fontes minerais naturais do município de Amparo – SP. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, 8(57).
- Alves, S. G. S.; Ataíde, C. D. G.; Silva, J. X. (2018). Análise microbiológica de coliformes totais e termotolerantes em água de bebedouros de um parque público de Brasília, Distrito Federal. Revista Científica Sena Aires, 7(1), 12-17.
- Amaral, M. C. D. (2021). Análise dos fatores e parâmetros analíticos da água potável de uma empresa pública de Pernambuco. 2021. Dissertação (Mestrado em Economia Doméstica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Araújo, G. F. R. et al. (2011). Qualidade físico-química e microbiológica da água para o consumo humano e a relação com a saúde: estudo em uma comunidade rural no estado de São Paulo. O Mundo da Saúde, São Paulo, 35(1), 98-104.
- Araújo, J. S. (2021). Retornos sociais e universalização do saneamento no Brasil: uma revisão sistemática da literatura. 2021. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de Brasília, Brasília.
- Arcoverde (PE). (2020). Plano Municipal de Saneamento Básico de Arcoverde: Lei Complementar nº 6 de 2020. Arcoverde.
- Brasil. (2010). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Panorama: Arcoverde. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/arcoverde>.
- Brasil. (2014). Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAs. 1. ed. Brasília: FUNASA. 168 p. <https://www.funasa.gov.br/sites/default/files/inline-files/Manual%20de%20Controle%20da%20Qualidade%20da%20C3%81gua.pdf>.

Brasil. (2015). Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de saneamento. (4.ed.) Brasília: FUNASA. <https://pesquisa.bvsalud.org/bvsms/resource/pt/mis-38860>.

Brasil. (2019). Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Manual de saneamento. 5. ed. Brasília: FUNASA. <https://www.funasa.gov.br/publicacoes>.

Brasil. (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2019. Rio de Janeiro: IBGE. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/condicoes-de-vida-desigualdade-e-pobreza/9058-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=downloads>.

Brasil. (2020). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto: 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 120 p. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101777>.

Brasil. (2020). Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: relatório nacional de acompanhamento. Brasília: IPEA, 184 p.

Brasil. (2020). Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). Transferência e download de arquivos. <http://datasus1.saude.gov.br/transferencia-download-de-arquivos/download-dotabwin>.

Brasil. (2021). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Panorama da qualidade da água no Brasil - 2021. Brasília: ANA, 120 p. <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/qualidade-da-agua/panorama-da-qualidade-da-agua>.

Brasil. (2021). Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações de Tratamento de Esgoto Sustentáveis (INCT ETEs Sustentáveis). Impacto de eventos climáticos extremos na eficiência de ETEs no Brasil. Brasília: MCTI, 45 p. https://inctetes.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/11/Relatorio_Clima_ETEs_2021.pdf.

Brasil. (2021). Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 85, seção 1, p. 127.

Brasil. (2021). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Panorama do saneamento básico: diagnóstico temático. <http://www.snis.gov.br/panorama-do-saneamento/>.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). (2009). Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: Apêndice C - Microbiologia aquática. São Paulo: CETESB, 45 p. <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>.

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). (2022). Relatório de qualidade da água da Região Metropolitana de São Paulo - 2022. São Paulo: SABESP, 78 p. <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=682>.

Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). (2022). Relatório anual de qualidade da água – Arcoverde/PE. Recife: COMPESA, 45 p.

De Assis, D. M. S. et al. (2017). Avaliação dos parâmetros físico-químicos da água de abastecimento em diferentes bairros do município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA). Revista Virtual de Química, 9(5).

França, J. M. B. et al. (2022). Qualidade da água em um sistema de reservatórios em cascata: um estudo de caso no semiárido brasileiro. Engenharia Sanitária e Ambiental, 27(1).

Heller, L.; Pádua, V. L. (2020). Abastecimento de água para consumo humano. (2. ed.). Editora UFMG.

Instituto Trata Brasil (2023). Manual do saneamento básico: entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica. São Paulo: Trata Brasil <https://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>.

Instituto Trata Brasil. (2021). Água no Nordeste: desafios à qualidade em regiões semiáridas - Relatório 2021. São Paulo: Trata Brasil, 72 p. https://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb_relatorio_agua_nordeste_2021.pdf.

Lemos, A. C. et al. (2017). Análise dos parâmetros de potabilidade da água dos bebedouros da faculdade Pitágoras Betim. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, Londrina, 12(12). 9-14.

Medeiros, L. T. C. (2018). Avaliação da qualidade da água do sistema de abastecimento da cidade de Murici - AL. 2018. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió.

Mendonça, P. D. et al. (2016). Potabilidade da água em instituições de ensino do município de Teixeira - PB e sua correlação com o surto de hepatite A em escolares. Temas em Saúde, 16(2).

Moraes, M. S.; Moreira, D. A. S.; Santos, J. T. L. A.; Oliveira, A. P.; Salgado, R. L. (2022). Avaliação microbiológica de fontes de água de escolas públicas e privadas da cidade de Santa Rita - PB. Engenharia Sanitária e Ambiental, 28(23), 431-435.

Morais, D. C. et al. (2022). Contaminação microbiológica de águas em comunidades rurais do semiárido. Saúde em Debate, 46, 102-115.

Morais, W. A. et al. (2016). Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil. Cadernos de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 24(3), 361-367.

Oliveira, J. S. C. et al. (2019). Soluções individuais de abastecimento de água para consumo humano: questão para vigilância em saúde ambiental. Cadernos de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 25(2), 224-231.

Oliveira, R. A.; Souza, J. L.; Santos, M. F.; Teixeira, M. F.; Julião, A. S. (2020). Avaliação dos gastos públicos com saneamento básico no município de Fortaleza/CE: despesas de custeio em saúde e meio ambiente. Gestão Empresarial e Meio Ambiente, [S. l.], p. 2359-1048.

- Organização das Nações Unidas (ONU). (2019). Relatório do Relator Especial sobre o direito humano à água potável e ao saneamento. Genebra: ONU.
- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). (2023). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação. Paris: UNESCO.
- Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). (2022). Guia para a qualidade da água potável: aspectos microbiológicos. (3. ed.). Washington, D.C.: OPAS. (Série Publicações Técnicas da OPAS, n. 45). <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56176>.
- Pereira A. S. et al. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [free e-book]. Editora da UAB/NTE/UFSM.
- Rossiter, H. M. A. et al. (2020). Spatial-temporal evaluation of water quality in semi-arid reservoirs in Brazil. *Water Practice and Technology*, 15(1), 92-103.
- Santos, N. B. S. et al. (2019). Análise da água do córrego Mutuca de Gurupi-TO. *Revista Desafios*, 6(4).
- Sarlet, I. W.; Fensterseifer, T. (2011). Direito constitucional ambiental: estudos sobre a Constituição, os direitos fundamentais e a proteção do ambiente. São Paulo: Revista dos Tribunais.
- Sebold, P. C. (2019). Estudo da eficiência da filtração lenta para o tratamento de água para consumo humano. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão.
- Seco, B. M. S.; Burgos, T. N.; Pelayo, J. S. (2012). Avaliação bacteriológica das águas de bebedouros do campus da Universidade Estadual de Londrina - PR. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, 33(2), 193-200.
- Shitsuka, R. et al., (2014). Matemática fundamental para tecnologia. (2.ed.). Editora Érica.
- Silva, A. B.; Sousa, C. D.; Santos, E. F. (2022). Qualidade microbiológica da água em comunidades rurais do semiárido piauiense. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 23(1), e23210169.
- Silva, G. A. M. et al. (2015). Análise físico-química e microbiológica da água tratada do município de Córrego do Ouro. *Revista Faculdade Montes Belos*, 8(1), 1-9.
- Silva, L. J.; Lopes, L. G.; Amaral, L. A. (2016). Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, 21(3), 615-622.
- Soares, S. R. et al. (2018). Perfil da água para o consumo humano e notificação de doenças em uma macrorregião do Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 12(2), 205-215.
- Soares, S. S. et al. (2016). Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, 37(1), 119-130.
- Souza, R. P. et al. (2015). Análise das condições de potabilidade das águas de urgências em Ubá, MG. *Revista Ambiente e Água*, 10(3).
- Sperling, M. V. (2017). Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. (4. ed.). Editora UFMG
- Vieira, S. (2021). Introdução à bioestatística. Editora GEN/Guanabara Koogan.
- World Health Organization (WHO). (2019). Water, sanitation, hygiene and health: a primer for health professionals. Geneva: WHO.
- Xavier, R. P. et al. (2011). Microbiological quality of drinking rainwater in the inland region of Pajeú, Pernambuco, Northeast Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 53(3), 121-124. <https://www.scielo.br/j/rimtsp/a/46Ks87h66rZSkkJXg75bkVm/>.