

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

SANDRIELE MARIA DA SILVA

**RELAÇÃO ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E A
PREVALÊNCIA DE DIARREIA EM CRIANÇAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Vitória de Santo Antão

2025

SANDRIELE MARIA DA SILVA

**RELAÇÃO ENTRE A QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO E A
PREVALÊNCIA DE DIARREIA EM CRIANÇAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Nutrição do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, em cumprimento a requisito para obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, sob orientação da Professora Dra. Hayanna Adlley Santos De Arruda e sob coorientação do Professor Dr. Luiz Gonzaga Ribeiro Silva Neto.

Vitória de Santo Antão

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Sandriele Maria da.

Relação entre a qualidade da água para consumo humano e a prevalência de diarreia em crianças no estado de Pernambuco / Sandriele Maria da Silva. - Vitória de Santo Antão, 2025.

42 p., tab.

Orientador(a): Hayanna Adlley Santos De Arruda Arruda

Coorientador(a): Luiz Gonzaga Ribeiro Silva Neto Silva Neto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Nutrição - Bacharelado, 2025.

Inclui referências, anexos.

1. água. 2. análise microbiológica. 3. diarreia. 4. crianças. I. Arruda, Hayanna Adlley Santos De Arruda. (Orientação). II. Silva Neto, Luiz Gonzaga Ribeiro Silva Neto. (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

Folha de aprovação

Discente: Sandrielle Maria da Silva

Título: Relação entre a qualidade da água para consumo humano e a prevalência de diarreia em crianças no estado de Pernambuco.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Nutrição do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco em cumprimento a requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, sob orientação da Professora Dra Hayanna Adlley Santos De Arruda e sob coorientação do Professor Dr Luiz Gonzaga Ribeiro Silva Neto.

Data: 13 de agosto de 2025.

Nota:

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dra. Hayanna Adlley Santos De Arruda (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Dra. Roberta Albuquerque Bento da fonte (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^ª. Dra. Cibele Maria de Araújo Rocha (Examinador Externo)
Faculdade Pernambucana de Saúde

Dedico este trabalho à minha mãe, meu eterno pilar, por sempre me apoiar e acreditar em mim, mesmo nos momentos em que nem eu mesma fui capaz de acreditar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, de todo meu coração, por nunca soltar minha mão e ser meu consolo mesmo nos momentos de dor e incertezas. Em cada dificuldade, encontrei em Ti forças, e por isso, te agradeço por ter sido meu alicerce durante toda essa jornada.

À minha família, especialmente aos meus pais, Sandra Maria e Lourival Nunes, dedico todo meu amor e eterno reconhecimento. Obrigada por acreditarem em mim, por cada palavra de apoio, cada gesto de carinho, e por todos os sacrifícios silenciosos que fizeram por mim, este trabalho também é de vocês.

Ao meu namorado, Jean Villar, obrigada por estar ao meu lado em cada passo, por me apoiar nos dias difíceis e por me lembrar, constantemente, que eu era capaz de chegar até aqui. Ter você comigo é motivo de muita alegria, e sempre serei grata por tudo que fez e faz por mim, esse momento também é nosso.

Às minhas amigas da faculdade, que tornaram essa caminhada mais leve e divertida, obrigada por dividirem comigo risos, choros, dúvidas e conquistas. A nossa parceria e amizade foram essenciais para que eu não me sentisse sozinha nesse processo, e tenho certeza que ainda vamos comemorar muitos sonhos realizados.

À minha orientadora, Hayanna Arruda, e ao meu coorientador, Luiz Neto, agradeço de coração por toda a orientação, paciência e incentivo. Obrigada por acreditarem no meu trabalho e por me guiarem na finalização desse sonho. A escolha por vocês não foi aleatória, mas sim feita com o coração, movida pelo carinho, respeito e admiração que tenho por ambos, foi uma honra aprender com vocês.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos os professores que cruzaram meu caminho ao longo de toda minha vida, especialmente durante a graduação, muito obrigada por cada ensinamento, por cada palavra de incentivo, e por contribuírem com a minha formação pessoal e profissional.

Finalizo com o coração cheio de gratidão por todas essas pessoas incríveis que fizeram parte da minha caminhada. Este trabalho é o reflexo de muitos braços e corações que caminharam comigo. Amo vocês!

“A água de boa qualidade é como a saúde
ou a liberdade: só tem valor quando acaba.”

(Guimarães Rosa)

RESUMO

Este estudo analisou a relação entre a qualidade da água para consumo humano e a prevalência de diarreia em crianças de 0 a 4 anos em municípios do Estado de Pernambuco. Foram coletadas e analisadas amostras de água tratada de seis municípios, Bonito, Camaragibe, Gravatá, Jaboatão dos Guararapes, Recife e Vitória de Santo Antão, por meio de ensaios microbiológicos para detecção de coliformes totais, coliformes fecais e contagem de bactérias heterotróficas, conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021. Os resultados foram correlacionados com dados de internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível, obtidos no Sistema de Informações Hospitalares do SUS, no período de janeiro a maio de 2025. Apenas Bonito apresentou conformidade com os padrões de potabilidade, não registrando casos de internação, enquanto que Recife, Jaboatão dos Guararapes e Vitória de Santo Antão exibiram valores acima do permitido para coliformes totais e maiores índices de hospitalizações, sendo Recife responsável por 70,6% dos casos e 74% dos gastos públicos relacionados. No entanto, nenhuma das amostras apresentou coliformes fecais. Observou-se correlação positiva entre a presença de coliformes totais em maiores diluições e o número de casos de diarreia. Com base na pesquisa, conclui-se que a baixa qualidade microbiológica da água está associada à maior incidência de doenças diarreicas infantis, e que investimentos em saneamento básico são estratégicos para a prevenção, redução de custos hospitalares e promoção da saúde infantil.

Palavras-chave: água; análise microbiológica; diarreia; crianças.

ABSTRACT

This study analyzed the relationship between drinking water quality and the prevalence of diarrhea in children aged 0 to 4 years in municipalities in the state of Pernambuco. Treated water samples were collected and analyzed from six municipalities: Bonito, Camaragibe, Gravatá, Jaboatão dos Guararapes, Recife, and Vitória de Santo Antão. Microbiological tests were performed to detect total coliforms, fecal coliforms, and heterotrophic bacteria counts, in accordance with Ordinance GM/MS No. 888/2021. The results were correlated with data on hospitalizations for diarrhea and gastroenteritis of presumed infectious origin, obtained from the SUS Hospital Information System, from January to May 2025. Only Bonito met the drinking water standards, recording no hospitalizations, while Recife, Jaboatão dos Guararapes, and Vitória de Santo Antão exhibited values above the permitted level for total coliforms and higher hospitalization rates, with Recife accounting for 70.6% of the cases and 74% of the related public expenditures. However, none of the samples contained fecal coliforms. A positive correlation was observed between the presence of total coliforms at higher dilutions and the number of diarrhea cases. Based on the research, it is concluded that poor water microbiological quality is associated with a higher incidence of childhood diarrheal diseases, and that investments in basic sanitation are strategic for prevention, reducing hospital costs, and promoting child health.

Keywords: water; microbiological analysis; diarrhea; children.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Fluxograma do processo de coleta das amostras de água.....22
- Figura 2:** Valor gasto com diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em municípios do Estado de Pernambuco, entre janeiro e maio de 2025.....30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados do ensaio presuntivo para detecção de coliformes totais em diferentes diluições (1:1, 1:10 e 1:100) de amostras de água coletadas em seis municípios de Pernambuco.....	25
Tabela 2: Número Mais Provável (NMP/100mL) de coliformes totais nas amostras de águas analisadas em seis municípios de Pernambuco.....	26
Tabela 3: Resultados do cálculo de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) de bactérias heterotróficas em diferentes diluições (1:10, 1:100 e 1:1000) em amostras de água de seis municípios de Pernambuco.....	27
Tabela 4: Relação geral da presença ou ausência de Coliformes Totais, Coliformes Fecais e Bactérias Heterotróficas nas amostras de água de seis municípios de Pernambuco.....	28
Tabela 5: Internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em crianças de 0 a 4 anos no período de janeiro a maio de 2025, em municípios do Estado de Pernambuco.....	29
Tabela 6: Internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em municípios do Estado de Pernambuco segundo cor/raça, entre janeiro e maio de 2025.....	30
Tabela 7: Correlação entre o número de casos de diarreia em crianças, de janeiro a maio de 2025, e variáveis relacionadas à qualidade da água em seis municípios do estado de Pernambuco.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAV: Centro Acadêmico de Vitória

CF: Coliformes Fecais

CID: Classificação Internacional de Doenças

CLCD: Caldo Lactosado de Concentração Dupla

CLCS: Caldo Lactosado de Concentração Simples

CT: Coliformes Totais

DATASUS: Departamento de Informação e Informática do SUS

DDA: Doenças Diarreicas Agudas

E. COLI: Escherichia coli

GM/MS: Gabinete do Ministro do Ministério da Saúde

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ITB: Instituto Trata Brasil

ML: Mililitro

NMP: Número Mais Provável

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMS: Organização Mundial de Saúde

ONU: Organização das Nações Unidas

PCA: Agar Contagem de Placas

RJ: Rio de Janeiro

SIH: Sistema de Informações Hospitalares do SUS

SINISA: Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

SUS: Sistema Único de Saúde

UFC: Unidade Formadora de Colônia

UFPE: Universidade Federal de Pernambuco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1 A ÁGUA E A SUA IMPORTÂNCIA.....	16
3.2 CONTROLE DA ÁGUA DESTINADA AO CONSUMO HUMANO.....	17
3.3 SANEAMENTO BÁSICO COMO DETERMINANTE SOCIAL DA SAÚDE.....	18
3.4 DOENÇAS DIARREICAS E SAÚDE PÚBLICA.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 LOCAL DE ESTUDO.....	22
4.2 COLETA DAS AMOSTRAS.....	22
4.3 PROCEDIMENTO TÉCNICO PARA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	23
4.4 ANÁLISE DE DADOS.....	24
5 RESULTADOS.....	25
5.1 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA.....	25
5.2 ANÁLISE EPIDEMIOLÓGICA.....	28
5.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
6 DISCUSSÃO.....	32
7 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS.....	37
ANEXO.....	42

1 INTRODUÇÃO

A precariedade no tratamento de esgoto no Brasil, em especial na região Nordeste, compromete a qualidade ambiental e a saúde da população brasileira. A carência de saneamento adequado contamina rios, lagos e outros recursos hídricos, contribuindo para a proliferação de doenças, principalmente entre crianças. A falta de medidas eficazes para resolver essa questão coloca em risco o equilíbrio dos ecossistemas e a vida de milhares de pessoas, uma vez que contribui para a proliferação de parasitas, causando doenças como diarreia, que podem levar à morte (Alencar *et al.*, 2023).

Segundo Bárta *et al.* (2021) existe uma forte conexão entre a qualidade da água potável e a relação direta com a saúde da população, destacando-a como um importante meio de transmissão de doenças, especialmente em comunidades vulneráveis e marginalizadas, onde a falta de saneamento adequado pode contribuir para o aumento de doenças transmissíveis, como a diarreia, considerada a terceira principal causa de morte em crianças menores de cinco anos no mundo, conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2024).

Sob esse viés, em 2024, a OMS apontou que a cada ano, a diarreia mata cerca de 443.832 crianças menores de 5 anos e outras 50.851 crianças entre 5 e 9 anos, como resultado da falta de acesso à água potável, saneamento e higiene. Esse dado alarmante se explica devido ao fato de que as crianças são particularmente vulneráveis a riscos ambientais, pois seus órgãos e sistema imune ainda estão em desenvolvimento, além de possuírem um corpo e vias aéreas menores (Goudouris; Condino Neto, 2024).

Conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Estado de Pernambuco, situado na região Nordeste do Brasil, possui 185 municípios e uma população de 9.058.931 habitantes (IBGE, 2022). Assim, as doenças infecciosas e parasitárias estão entre as principais causas de mortalidade infantil em Pernambuco, com a incidência dessas enfermidades alcançando 4,89%, em 2024. Ainda no mesmo ano, a taxa de mortalidade infantil no estado chegou a 13,5%, conforme dados da primeira edição do Boletim de Indicadores do Estado de Pernambuco (2024). Logo, é possível fazer uma associação desses dados com a qualidade da água consumida pela população pernambucana, como ressaltado por Silva *et al.* (2022).

Levando em consideração que desde o ano de 2010 a Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu o direito ao acesso à água potável, segura, isenta de riscos de doenças relacionadas ao seu uso, é importante reconhecer o monitoramento da qualidade da água como o instrumento de verificação da sua potabilidade para consumo humano. O padrão de potabilidade no Brasil é estabelecido na Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2021).

Dessa forma, a avaliação da qualidade da água consumida em áreas com fragilidades no saneamento básico, como ocorre em diversos municípios do Estado de Pernambuco, torna-se uma ferramenta essencial para a compreensão dos riscos à saúde infantil. A identificação de possíveis contaminações e sua conexão com agravos, como doenças de origem hídrica, permite a geração de dados relevantes que ampliam a compreensão sobre a relação entre condições ambientais e saúde, além de contribuir significativamente para o avanço da produção científica local.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade da água para consumo humano em municípios do Estado de Pernambuco, relacionando os achados das cidades analisadas com os casos de diarreia entre crianças de 0 a 4 anos.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade das amostras de água com base nos padrões estabelecidos pela legislação vigente;
- Correlacionar os dados de qualidade da água com os registros de casos de diarreia em crianças menores de 5 anos em municípios de Pernambuco;
- Embasar ferramentas para o desenvolvimento de políticas públicas e intervenções voltadas à melhoria da qualidade da água, visando reduzir gradualmente os casos de diarreia infantil.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 A água e a sua importância

A água representa um recurso natural indispensável à estabilidade dos ecossistemas, contribuindo diretamente para a regulação da umidade do ar, a reposição dos lençóis freáticos e o suporte à vida vegetal em nível global. Além de sua relevância ecológica, ela desempenha papel crucial em atividades econômicas fundamentais, como a agricultura, os processos industriais e a geração de energia, além de ser vital para a preservação da saúde e da qualidade de vida dos seres vivos (Ferreira, 2021).

A relação inseparável entre a disponibilidade e a qualidade da água e aspectos como a saúde humana, a saúde pública, a produtividade econômica e o acesso a matérias-primas reforça sua importância como elemento essencial à vida (Souza *et al.*, 2022).

Para os seres humanos, a água é o principal componente de seu corpo e sua ingestão desempenha um papel essencial para a manutenção da saúde e do bem-estar (Rosinger; Brewis, 2019). Ela está envolvida em praticamente todos os processos fisiológicos do organismo, sendo indispensável para funções como digestão, absorção, metabolismo e excreção de metabólitos. Além disso, é fundamental para manter a integridade estrutural e funcional dos tecidos e regular a temperatura corporal (Popkin; D'Anci; Rosenberg, 2010). Diante disso, o acesso adequado à água, em quantidade e qualidade, influencia diretamente as condições de saúde, a prevenção de doenças e o bem-estar da população (Araújo *et al.*, 2022).

Sob esse aspecto, a água potável é definida como a água própria para o consumo humano, devendo ser transparente, inodora, insípida e isenta de qualquer substância que represente risco à saúde. Do ponto de vista sanitário, essa água não pode conter contaminantes químicos em concentrações nocivas, nem microrganismos patogênicos que possam causar doenças de veiculação hídrica (Guevara *et al.*, 2019).

Ter acesso à água potável é, portanto, um direito essencial do ser humano, estando incluído no sexto Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, elaborado pela Organização das Nações Unidas em 2015. O Brasil é um dos países que aderiram a esse compromisso, que busca promover o uso responsável da água e assegurar saneamento básico universal (Bordalo, 2022).

Nesse sentido, apesar do reconhecimento por parte da ONU, de que o acesso à água potável e ao saneamento básico constitui um direito humano fundamental, uma parcela significativa da população brasileira ainda permanece sem o fornecimento regular de água tratada em suas residências (Aith; Rothbarth, 2015).

De acordo com dados do Instituto Trata Brasil (ITB), em 2023, aproximadamente 16,9% da população não possuía acesso à água potável. A situação é ainda mais crítica no que se refere à coleta de esgoto, com cerca de 40,3% da população desprovida desse serviço no mesmo período. Diante desse cenário, observa-se que, embora existam iniciativas governamentais voltadas à expansão e universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil, o progresso tem sido lento, com avanços discretos nos indicadores de cobertura desses serviços essenciais (Guevara *et al.*, 2019).

3.2 Controle da água destinada ao consumo humano

Os altos níveis de poluição ambiental observados têm resultado em expressivas perdas econômicas e na deterioração das condições de saúde e qualidade de vida da população, sobretudo, em virtude da maior exposição a doenças relacionadas às alterações na qualidade e disponibilidade dos recursos naturais. Nesse contexto, a contaminação dos corpos hídricos configura-se como um dos principais problemas ambientais com repercussões diretas na saúde coletiva, afetando de forma mais acentuada os grupos populacionais vulneráveis e as comunidades em situação de maior vulnerabilidade social (Correia *et al.*, 2021).

O consumo de água não potável pode estar associado ao desenvolvimento de uma ampla gama de enfermidades, incluindo infecções virais, como hepatite A, hepatite E, rotavírus, enterovírus e norovírus, infecções bacterianas, causadas por microrganismos como *Vibrio spp.*, *Campylobacter spp.*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.* e *Shigella spp.*, além de doenças provocadas por protozoários, como *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium spp.*, *Toxoplasma gondii* e *Entamoeba histolytica*, com a transmissão podendo ocorrer tanto por casos isolados quanto por surtos (Bárta *et al.*, 2021).

Dentre os microrganismos que podem ser veiculados pela água destacam-se as bactérias do grupo Coliformes. Naturalmente presentes em diversos ambientes,

os coliformes se propagam com maior frequência na água, especialmente, os coliformes termotolerantes, de origem fecal, que vêm recebendo atenção especial da saúde pública. Esses microrganismos são utilizados como indicadores de patógenos, indicando a presença ou ausência de risco associado à saúde humana (Matthiensen, 2014), estando relacionados a um grande número de doenças, cujos agentes causadores são apontados como responsáveis pela maioria das infecções intestinais em humanos, dentre eles, o principal indicador de contaminação fecal com potencial patogênico é a *Escherichia coli* (Specian, *et al.*, 2021).

Desse modo, dada a relevância essencial da água para a manutenção da vida, é indispensável assegurar o controle e a garantia da qualidade da água por meio de normas técnicas e dispositivos legais específicos, os quais visam proteger a saúde pública e promover o bem-estar da população (Araújo; Andrade, 2020).

No Brasil, os critérios de qualidade da água potável destinada ao consumo humano, estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021, determinam que não deve haver Coliformes Totais (CT) nem Coliformes Fecais (CF) em uma amostra de 100 mL (BRASIL, 2021). Dessa forma, é possível reconhecer a CT e CF como de grande importância, pois, é utilizada para monitorar a qualidade sanitária da água, contaminação fecal e provável presença de patógenos, permitindo assim avaliar a eficácia dos processos de tratamento e desinfecção da água, além de sinalizar possíveis falhas na rede de distribuição (Specian, *et al.*, 2021).

3.3 Saneamento básico como determinante social da saúde

Fundamental para garantir condições dignas de vida, o saneamento básico influencia diretamente aspectos sociais, econômicos e ambientais. Segundo a Lei Federal nº 11.445/2007, o saneamento engloba um conjunto de serviços, estruturas e instalações indispensáveis para a promoção da saúde coletiva, a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida da população. A respectiva lei mencionada estabelece quatro eixos centrais que compõem o saneamento básico: o fornecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a coleta e gestão de resíduos sólidos, além da drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, conforme destaca o Instituto Trata Brasil (2024).

Desse modo, o saneamento básico é considerado um fator fundamental para a promoção da saúde e da qualidade de vida, sendo amplamente reconhecido como

um dos principais determinantes sociais da saúde. A falta ou ineficiência desses serviços está diretamente relacionada ao aumento de doenças transmitidas pela água, como a diarreia, que atinge principalmente as populações em situação de maior vulnerabilidade, com destaque para as regiões Norte e Nordeste do país. Além de causar danos ao meio ambiente, a insuficiência no fornecimento de água potável, na coleta e tratamento de esgoto e na gestão adequada dos resíduos sólidos afeta de maneira expressiva o bem-estar da população (Vitor *et al.*, 2021).

Em 2023, mais de 2 milhões de pessoas ainda viviam sem acesso à água potável em Pernambuco, e mais de 6 milhões não contavam com coleta de esgoto, segundo dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA). A situação se torna ainda mais preocupante ao analisar alguns dos municípios mais populosos do Estado, como Camaragibe, Jaboatão dos Guararapes e a própria capital, Recife. Nessas localidades, os índices de falta de acesso à água potável chegam a 31,1%, 28,9% e 18%, respectivamente. Já em relação à coleta de esgoto, os números são ainda mais alarmantes: 99% da população em Camaragibe, 78,5% em Jaboatão e 58,4% no Recife não contam com esse serviço essencial (ITB, 2025).

De acordo com estimativas sobre os impactos do acesso inadequado à água, ao saneamento e à higiene, aproximadamente 1,4 milhão de pessoas morrem anualmente devido à falta desses serviços essenciais, sendo a maior parte dessas mortes em países de baixa e média renda, onde as deficiências estruturais são mais evidentes. Do total, cerca de 564 mil óbitos estão diretamente relacionados ao saneamento inseguro, principalmente por doenças diarreicas. Além de provocar doenças, o saneamento precário agrava quadros de desnutrição, contribuindo para um ciclo contínuo de pobreza e problemas de saúde. A prática da defecação a céu aberto, ainda comum em diversas regiões, intensifica esse cenário, uma vez que os países onde essa prática é mais frequente apresentam também os maiores índices de mortalidade infantil, desnutrição, pobreza extrema e desigualdade social (OMS, 2024).

Logo, a ampliação do acesso ao saneamento básico no Brasil representa uma estratégia crucial para combater doenças diarreicas. A universalização desse serviço poderia evitar cerca de 86.760 internações por ano, gerando uma economia de R\$49,9 milhões anuais ao sistema de saúde, podendo chegar a R\$1,255 bilhões a longo prazo. Dessa maneira, esses dados demonstram que investir em

saneamento é uma medida estratégica para reduzir a morbidade por doenças infecciosas e otimizar os recursos públicos (ITB, 2025).

3.4 Doenças diarreicas e saúde pública

As doenças diarreicas agudas (DDA) representam um importante problema de saúde pública e englobam quadros como a diarreia e a gastroenterite de causa infecciosa presumível, que fazem parte das infecções gastrointestinais mais comuns. Essas condições se manifestam principalmente por três ou mais episódios de evacuações líquidas ou amolecidas em um período de 24 horas, evidenciada por fezes de consistência reduzida e aumento da frequência das excreções. Além da alteração nas fezes, é comum que o paciente apresente sintomas associados como náuseas, vômitos, febre e dores abdominais. Em algumas outras situações, pode haver presença de muco e sangue nas fezes, o que caracteriza um quadro clínico conhecido como disenteria (Aranha *et al.*, 2024).

A gravidade das doenças diarreicas agudas pode variar de acordo com o agente infeccioso envolvido e com as condições individuais de cada paciente, sendo especialmente preocupante entre crianças pequenas. Em países de baixa renda, crianças com menos de três anos apresentam, em média, três episódios de diarreia por ano, onde cada quadro contribui para a redução da absorção de nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento adequado, configurando a diarreia como uma das principais causas de desnutrição infantil. Ademais, estabelece-se um ciclo vicioso, uma vez que a desnutrição aumenta a vulnerabilidade das crianças a novas infecções diarreicas, agravando seu quadro clínico e comprometendo seu prognóstico (OMS, 2024).

Nesse contexto, a ONU estabeleceu na Agenda 2030 o ODS 3, que visa garantir uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Especificamente, a Meta 3.2 compromete os países a acabar com as mortes evitáveis de recém-nascidos e crianças menores de cinco anos até 2030, com todos os países objetivando reduzir a mortalidade neonatal para pelo menos 12 por 1.000 nascidos vivos e a mortalidade de crianças menores de cinco anos para pelo menos 25 por 1.000 nascidos vivos (ONU, 2015).

Logo, compreender os fatores que contribuem para a persistência da diarreia na infância é essencial para o alcance dessas metas. A ocorrência desse agravo

está intimamente associada a uma complexa interação de fatores biológicos, sociais, ambientais, sanitários, econômicos e culturais. No Brasil, especialmente na região Nordeste, a precariedade do saneamento básico agrava significativamente esse quadro (Costa *et al.*, 2021).

Dados do ITB revelam que, em 2024, o estado de Pernambuco registrou mais de 8 mil internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado, com destaque para doenças de transmissão fecal-oral, como a diarreia. Este cenário pode ser compreendido pelo reflexo da insuficiência no acesso à água potável e à coleta de esgoto, condições que favorecem a proliferação de agentes patogênicos e aumentam a vulnerabilidade das populações mais carentes (Bayer; Uranga; Fochezatto, 2020).

4 MATERIAL E MÉTODOS

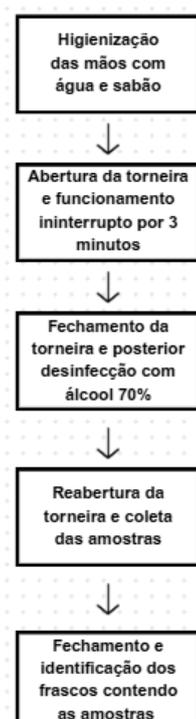
4.1 Local de estudo

O estudo foi realizado com amostras de água de seis municípios do estado de Pernambuco: Bonito, Camaragibe, Gravatá, Jaboatão dos Guararapes, Recife e Vitória de Santo Antão. A seleção dessas localidades se baseou principalmente na viabilidade de acesso para a coleta das amostras, considerando fatores como proximidade, disponibilidade de transporte e logística adequada.

4.2 Coleta das amostras

As amostras de água tratada foram coletadas ao longo do mês de junho de 2025, seguindo um protocolo padronizado para assegurar a qualidade e a confiabilidade dos resultados, sendo esse procedimento aplicado de forma uniforme nas seis cidades incluídas na pesquisa, conforme ilustrado na Figura 1. As coletas foram então realizadas em residências, no período da manhã, e as amostras foram transportadas em temperatura ambiente até o laboratório, onde permaneceram nas mesmas condições até o início das análises.

Figura 1: Fluxograma do processo de coleta das amostras de água.



Fonte: Microambiental, 2021.

4.3 Procedimento técnico para análise microbiológica

A realização da análise microbiológica das amostras de água ocorreu na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão (CAV), no Laboratório de Microbiologia e Imunologia da instituição. Para análise de coliformes totais e termotolerantes foi utilizada a técnica de tubos múltiplos. Essa metodologia permite a quantificação por número mais provável (NMP) de microrganismos, e é dividida em duas fases para identificação dos coliformes totais, com o teste presuntivo e o confirmativo. Já para a identificação dos coliformes termotolerantes, além das etapas citadas anteriormente, é feito outro ensaio complementar, assim como pontua Herphs *et al.* (2023).

Dessa forma, a primeira etapa ocorreu com a execução do ensaio presuntivo para detecção de coliformes totais. Para cada amostra, foram preparados 9 tubos: 3 contendo caldo lactosado de concentração dupla (CLCD), nos quais foram adicionados 10 mL da amostra, e 6 com caldo lactosado de concentração simples (CLCS). Destes, 3 tubos receberam 1 mL da amostra e os outros 3, 0,1 mL. Após a inoculação, todos os tubos foram incubados a 35 °C por um período de 24 a 48 horas, sendo a formação de gás no tubo de Durham indicativo de resultado positivo .

Foi realizada também a diluição das amostras para a contagem em placas de bactérias heterotróficas, onde, para cada amostra, foram preparadas três placas de Petri com meio Agar Contagem Padrão (PCA), nas quais foram aplicadas diluições sucessivas nas proporções de 1:10, 1:100 e 1:1000. Em seguida, as placas foram incubadas em estufa a 35 °C por 24 a 48 horas.

Após 24 horas da etapa presuntiva, foi realizado o ensaio confirmativo. Os tubos de ensaio que não apresentaram produção de gás no tubo de Durham foram descartados, já os que apresentaram formação de gás foram classificados como positivos e, a partir deles, foi transferida uma gota do conteúdo para um novo meio de cultura, o caldo lactosado bile verde brilhante a 2%, em quantidade equivalente ao número de resultados positivos obtidos na etapa presuntiva. Esses tubos foram novamente incubados a 35 °C por um período de 24 a 48 horas, e, ao final da incubação, a presença de gás indicou resultado positivo para coliformes totais.

Por fim, na terceira etapa da análise, foi realizado o ensaio diferencial para identificação de coliformes fecais, tendo esse procedimento como base os tubos que apresentaram resultado positivo na fase confirmatória. A partir deles, foram

inoculados novos tubos contendo o meio de cultura EC, específico para o crescimento desse grupo de bactérias, sendo estes incubados a 44,5°C por 24 horas. A formação de gás indicou resultado positivo para coliformes fecais, sendo sua densidade numérica calculada pela de NMP.

4.4 Análise de dados

Os resultados da análise microbiológica de água foram relacionados às internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível (Lista Morbidade CID-10) entre crianças de 0-4 anos em municípios do Estado de Pernambuco. As informações sobre as hospitalizações foram extraídas em julho de 2025 do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), utilizando a plataforma do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), que permite consultar e cruzar dados de diversas bases do Sistema Único de Saúde. Os dados foram analisados e organizados com o auxílio do software Microsoft Excel 2010 e apresentados em tabelas e gráficos no Microsoft Word 2010.

Os dados foram processados utilizando o software estatístico Jamovi Computer Software (Version 2.6.44, The jamovi project, Sydney, Australia). Foi realizada análise descritiva e os pressupostos de normalidade foram avaliados por meio do teste de Shapiro-Wilk. A análise de correlação de Spearman (r) foi utilizada para avaliar a correlação entre as variáveis analisadas, sendo adotado um valor de alfa menor que 5% como significativo.

5 RESULTADOS

5.1 Análise Microbiológica de água

Levando em consideração que foram utilizados 9 tubos de ensaio por amostra, sendo estes distribuídos igualmente para as diluições de 1:1, 1:10 e 1:100, a tabela 1 expressa os resultados obtidos ao final do ensaio presuntivo:

Tabela 1: Resultados do ensaio presuntivo para detecção de coliformes totais em diferentes diluições (1:1, 1:10 e 1:100) de amostras de água coletadas em seis municípios de Pernambuco.

Município	Nº total de tubos positivos	Concentração (1:1)	Concentração (1:10)	Concentração (1:100)
Bonito	7	1	3	3
Camaragibe	6	1	2	3
Gravatá	7	1	3	3
Jaboatão dos Guararapes	8	2	3	3
Recife	5	2	3	0
Vitória de Santo Antão	7	3	3	1

Fonte: Os autores, 2025.

Dessa forma, todos que apresentaram formação de gás no tubo de Durham indicaram a possível presença de bactérias do grupo Coliformes, sendo estes encaminhados para o ensaio confirmativo, com o objetivo de atestar a presença desses microrganismos.

Diante do exposto, o teste confirmativo revelou os seguintes resultados: no município de Bonito, não foram detectados tubos positivos em nenhuma das diluições testadas (1:1, 1:10 e 1:100), indicando ausência de contaminação na amostra analisada. Em Camaragibe, foram encontrados três tubos positivos, todos na diluição de 1:100, sugerindo presença de microrganismos mesmo em amostras mais diluídas. Gravatá apresentou cinco tubos positivos, sendo um na diluição de 1:1, dois na de 1:10 e dois na de 1:100, revelando contaminação em diferentes níveis de concentração.

No que se refere ao município de Jaboatão dos Guararapes, este foi o que registrou o maior número de tubos positivos, totalizando sete, com um resultado positivo na diluição 1:1, três na 1:10 e três na 1:100, evidenciando uma contaminação expressiva e persistente nas amostras testadas. Em Recife, foram

observados três tubos positivos, todos na diluição de 1:100, enquanto em Vitória de Santo Antão também foram identificados três tubos positivos, distribuídos nas diluições de 1:1, 1:10 e 1:100, com um tubo positivo em cada concentração.

Embora os coliformes totais não sejam considerados indicadores diretos de contaminação fecal, sua detecção na água pode indicar falhas no tratamento, além de refletir a eficiência da limpeza e a integridade dos sistemas de distribuição (Silva *et al.*, 2019). Desse modo, com base nos resultados positivos obtidos no ensaio confirmativo, foi calculado o NMP por 100 mL de água, conforme tabela de Número Mais Provável, apresentada no Anexo A, para estimar a quantidade de microrganismos presentes em cada amostra, conforme evidenciado na Tabela 2.

Tabela 2: Número Mais Provável (NMP/100mL) de coliformes totais nas amostras de águas analisadas em seis municípios de Pernambuco.

Amostra	NMP/100mL
Bonito	<3.0
Camaragibe	3.0
Gravatá	15
Jaboatão dos Guararapes	15
Recife	11
Vitória de Santo Antão	15

Fonte: Os autores, 2025.

Conforme os dados apresentados na Tabela 2, observou-se variação na concentração de coliformes totais entre os municípios analisados. A amostra proveniente do município de Bonito, como não positivou nenhum tubo no ensaio confirmativo, apresentou resultado inferior ao limite de quantificação (<3,0 NMP/100mL), o que sugere uma melhor qualidade microbiológica da água nessa localidade. Já a amostra de Camaragibe apresentou exatamente 3,0 NMP/100mL, valor que está no limiar inferior de detecção, mas que ainda pode indicar risco, dependendo da frequência de amostragens positivas ao longo do mês.

Em contrapartida, os municípios de Gravatá, Jaboatão dos Guararapes e Vitória de Santo Antão apresentaram os maiores valores detectados (15 NMP/100mL), além de Recife que também apresentou um valor elevado (11 NMP/100mL). Esses resultados ultrapassam os limites aceitáveis para amostragens pontuais em sistemas de abastecimento, pois, de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021, é exigida a ausência de coliformes totais em 100 mL de água destinada

ao consumo humano. Dessa forma, todas as amostras analisadas, com exceção da amostra proveniente do município de Bonito, foram consideradas inadequadas para o consumo.

Considerando que a detecção de Coliformes Termotolerantes na água aponta para contaminação por resíduos fecais de animais endotérmicos, além de sugerir um elevado risco de presença de microrganismos patogênicos (Silva *et al.*, 2019), foi feita a análise específica desse grupo de bactérias nas amostras. Essa investigação foi conduzida a partir dos tubos que apresentaram resultado positivo para coliformes totais no ensaio confirmativo.

Nesse sentido, apesar de todas as amostras terem apresentado resultado positivo para a presença de coliformes totais, nenhuma destas positivaram para a presença de Coliformes fecais, o que torna a pesquisa satisfatória, já que não é tolerado a presença desse tipo de bactéria em 100 ml de água tratada (BRASIL, 2021). Assim, o estudo sugere que, embora possa haver contaminação ambiental ou falhas no processo de tratamento e distribuição da água, não foram detectados indícios diretos de contaminação fecal em nenhuma amostra das cidades participantes do estudo.

Foi realizado também a observação das placas de petri utilizadas para contagem de bactérias heterotróficas, que são usadas para fornecer informações sobre a qualidade bacteriológica da água, sem especificar o microrganismo (Freire; Lima, 2012). Desse modo, os resultados obtidos estão explícitos na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados do cálculo de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) de bactérias heterotróficas em diferentes diluições (1:10, 1:100 e 1:1000) em amostras de água de seis municípios de Pernambuco.

Município	Concentração (1:10)	Concentração (1:100)	Concentração (1:1000)
Bonito	Ausente	Ausente	Ausente
Camaragibe	Incontável	$1,0 \times 10^2$ UFC/mL	$3,0 \times 10^3$ UFC/mL
Gravatá	$1,0 \times 10^1$ UFC/mL	$1,0 \times 10^2$ UFC/mL	Ausente
Jaboatão dos Guararapes	Ausente	Incontável	$1,0 \times 10^3$ UFC/mL
Recife	$1,0 \times 10^1$ UFC/mL	$1,0 \times 10^2$ UFC/mL	Ausente
Vitória de Santo Antão	$1,3 \times 10^2$ UFC/mL	Ausente	Ausente

Fonte: Os autores, 2025.

Conforme demonstrado na Tabela 3, os níveis de bactérias heterotróficas variaram entre os municípios analisados. Bonito foi o único que não apresentou nenhum crescimento bacteriano em nenhuma das diluições testadas, o que indica uma excelente qualidade microbiológica da água. Em contraste, Camaragibe teve os piores resultados, com crescimento bacteriano incontável na diluição 1:10, além de valores superiores a 500 UFC/mL em 1:1000, sugerindo uma contaminação expressiva mesmo em diluições mais altas.

Jaboatão dos Guararapes apresentou um cenário semelhante ao de Camaragibe, não havendo crescimento em 1:10, mas com proliferação incontável em 1:100 e mais de 500 UFC/mL na diluição 1:1000, o que também indica elevada carga bacteriana, possivelmente concentrada em porções específicas da amostra. Já Gravatá, Recife e Vitória de Santo Antão mostraram crescimento bacteriano em diluições menos concentradas, apontando para uma contaminação moderada, porém ainda dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação vigente.

Desse modo, os resultados gerais desta análise bacteriológica de água, descritos anteriormente, podem ser visualizados na tabela 4:

Tabela 4: Relação geral da presença ou ausência de Coliformes Totais, Coliformes Fecais e Bactérias Heterotróficas nas amostras de água de seis municípios de Pernambuco.

Município	Coliformes Totais	Coliformes Fecais	Bactérias Heterotróficas
Bonito	Ausente	Ausente	Ausente
Camaragibe	Presente	Ausente	Presente
Gravatá	Presente	Ausente	Presente
Jaboatão dos Guararapes	Presente	Ausente	Presente
Recife	Presente	Ausente	Presente
Vitória de Santo Antão	Presente	Ausente	Presente

Fonte: Os autores, 2025.

5.2 Análise Epidemiológica

Foram registradas 116 internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em crianças menores de 5 anos nos municípios estudados, durante o período de janeiro a maio de 2025. Como detalhado na Tabela 5, o mês de abril apresentou o maior número de hospitalizações no intervalo analisado, totalizando 32 casos.

Tabela 5: Internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em crianças de 0 a 4 anos no período de janeiro a maio de 2025, em municípios do Estado de Pernambuco.

Município	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Total
Bonito	0	0	0	0	0	0
Camaragibe	2	0	1	2	0	5
Gravatá	0	1	0	0	0	1
Jaboatão dos Guararapes	5	6	8	5	1	25
Recife	12	17	16	25	12	82
Vitória de Santo Antão	1	0	1	0	1	3
Total	20	24	26	32	14	116

Fonte: Ministério da Saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), 2025.

É possível perceber também que entre os municípios estudados, Recife destacou-se com o maior número de internações, contabilizando 82 casos (70,6%), seguido por Jaboatão dos Guararapes com 25 (21,5%), Camaragibe com 5 (4,3%), Vitória de Santo Antão com 3 (2,6%) e Gravatá com 1 (0,86%). O município de Bonito foi o único a não apresentar nenhum caso de internação decorrente dessa patologia no período analisado.

No que tange à distribuição por sexo, observou-se uma predominância de crianças do sexo masculino, que representaram 70 casos (60,4%), em comparação com 46 casos (39,6%) do sexo feminino. Em relação à faixa etária, a população pediátrica de 1 a 4 anos foi a mais afetada, correspondendo a 77 casos (66,4%), seguida pela faixa etária de 0 a 1 ano, com 39 casos (33,6%).

No que diz respeito à autodeclaração étnica, a maioria dos casos foi registrado entre indivíduos que se identificaram como pardos, totalizando 97 casos (83,6%), seguidos por brancos com 16 casos (13,8%) e pretos com 3 casos (2,6%). Amarelos e indígenas não foram relatados na base de dados.

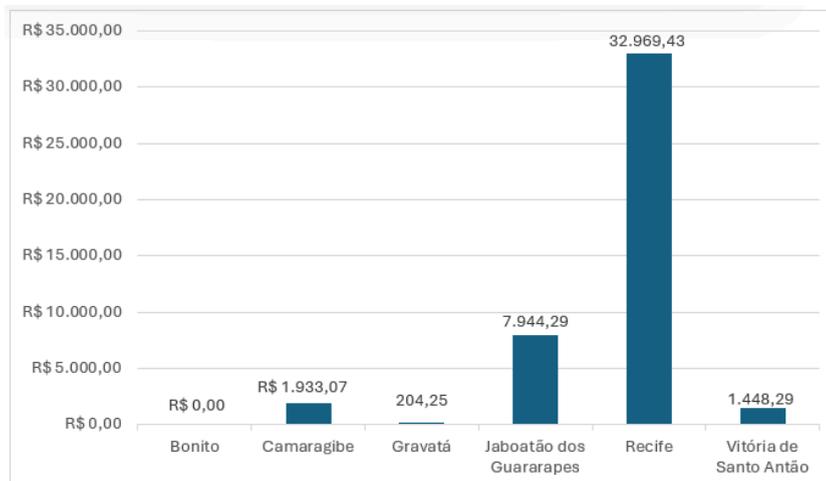
Tabela 6: Internações por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em municípios do Estado de Pernambuco segundo cor/raça, entre janeiro e maio de 2025.

Cor/Raça	Internações	Internações (%)
Branca	16	13,8%
Preta	3	2,6%
Parda	97	83,6%
Amarela	0	0%
Indígena	0	0%
Total	116	100%

Fonte: Ministério da Saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), 2025.

Ao analisar os custos totais relacionados às doenças diarreicas nos municípios avaliados neste estudo, constata-se um montante de R\$44.499,33. Dentre as cidades investigadas, Recife se destacou com a maior despesa, concentrando 74% do total (R\$32.969,43), seguida por Jaboatão dos Guararapes, com R\$7.944,29 (17,8%), Camaragibe com R\$1.933,07 (4,4%), Vitória de Santo Antão com R\$ 1.448,29 (3,2%) e Gravatá, com R\$204,25 (0,6%). Bonito, como não apresentou nenhuma internação por doenças diarreicas na faixa etária pesquisada, também não obteve nenhum gasto referente a isto. Dessa forma, esses dados evidenciam que o enfrentamento das doenças diarreicas, tanto por meio de consultas ambulatoriais quanto de internações, acarreta um impacto financeiro relevante para os sistemas públicos de saúde (Aranha *et al.*, 2024).

Figura 2: Valor gasto com diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível em municípios do Estado de Pernambuco, entre janeiro e maio de 2025.



Fonte: Ministério da Saúde – Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), 2025.

5.3 Análise Estatística

A análise de correlação está disponível na Tabela 7, na qual foi observada uma relação forte e positiva entre o número de tubos contaminados na diluição de 1:100 e o número de casos de diarreia nos municípios avaliados ($p = 0,021$). Isso pode demonstrar que a presença de contaminação, mesmo em maior grau de diluição, pode desencadear a ocorrência de casos de diarreia em crianças.

Ao se observar a qualidade das amostras de água avaliadas, identificou-se uma relação forte e positiva entre o número de tubos contaminados e a presença de contaminação na diluição de 1:10 ($p = 0,024$). Isso demonstra que, quando observada a presença de contaminação na água, ela pode ser encontrada em maior grau de diluição. Também foi observado que o número de tubos contaminados nas diluições 1:1 e 1:10 apresentou uma relação muito forte e positiva ($p = 0,007$). Essa relação mostra que, quando há contaminação em menor concentração, como era de se esperar, ela continuará sendo observada em maiores diluições.

Na avaliação do NMP, também foi possível verificar que a presença de contaminação estava relacionada de maneira muito forte e positiva com a contaminação de tubos na diluição de 1:10 ($p = 0,007$). Esse resultado demonstra que a maior presença de microorganismos na água está relacionada a maiores diluições, o que merece atenção.

Tabela 7: Correlação entre o número de casos de diarreia em crianças, de janeiro a maio de 2025, e variáveis relacionadas à qualidade da água em seis municípios do estado de Pernambuco.

Variável associada	Diluição 1:100	
	<i>r*</i>	<i>p-valor</i>
Nº casos de diarreia	0,88	0,021
Variáveis associadas	Diluição 1:10	
	<i>r*</i>	<i>p-valor</i>
Nº de tubos contaminados	0,87	0,024
Nº de tubos contaminados diluição 1:1	0,93	0,007
NMP	0,93	0,007

*Correlação de Spearman. Somente as variáveis que apresentaram valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$) foram descritas na tabela.

Fonte: Os autores, 2025.

6 DISCUSSÃO

A presente pesquisa evidenciou uma relação significativa entre a qualidade microbiológica da água destinada ao consumo humano e a incidência de internações por doenças diarreicas em crianças menores de cinco anos. Entre os seis municípios avaliados, apenas Bonito se destacou por não apresentar coliformes totais, coliformes fecais, nem bactérias heterotróficas nas amostras coletadas. Resultado semelhante foi observado no estudo de Paula e Lino (2021), realizado no município de Mandaguaçu, no Paraná, onde todas as amostras analisadas estavam livres de bactérias do grupo coliforme, indicando que a água analisada atendia aos padrões de potabilidade estabelecidos, sendo, portanto, segura para o consumo.

Assim, Bonito também foi o único município a não registrar internações por diarreia infantil durante o período avaliado, o que reforça a hipótese de que a qualidade da água está associada à ocorrência dessas enfermidades. Esse achado vai ao encontro do estudo de Tavares *et al.* (2020), que identificou uma correlação entre a ausência de coliformes em amostras de água e a redução nos índices de doenças de veiculação hídrica, sobretudo entre crianças.

Nos demais municípios, especialmente, Jaboação dos Guararapes, Recife e Vitória de Santo Antão, foram identificadas quantidades de coliformes totais acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Esses mesmos municípios também registraram os maiores índices de internações por diarreia, sendo Recife o mais afetado, com 70,6% das ocorrências. Resultados similares foram reportados por Soares *et al.* (2018) no Piauí, onde a presença de coliformes totais e fecais foi acompanhada por um elevado número de notificações de diarreia aguda.

Por conseguinte, Vieira (2021) demonstrou a associação entre a presença de coliformes e o aumento de internações por diarreia. No município de Macaé (RJ), observou-se que, em 2018, ano com maior contaminação da água por coliformes totais, também foram registrados os maiores índices de hospitalização por diarreia em crianças de 0 a 4 anos, superados apenas pelos dados de 2019. Tais achados reforçam a relação entre a contaminação microbiológica da água e o aumento de doenças diarreicas na infância.

No que se refere à presença de coliformes termotolerantes, nenhuma das amostras coletadas apresentou resultados positivos, indicando ausência de contaminação fecal. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Htet

Ko e Sakai (2021), no qual a presença de coliformes fecais foi detectada apenas em duas das sete amostras analisadas, embora coliformes totais tenham sido encontrados em todas as fontes avaliadas. Esse achado evidencia que, apesar da ausência de coliformes fecais representar um aspecto positivo, a presença de coliformes totais ainda indica não conformidade com os padrões de potabilidade, tornando a água inadequada para consumo.

Considerando que a contagem de bactérias heterotróficas atua como indicador complementar da qualidade da água, observou-se crescimento excessivo dessas bactérias nas amostras de Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes. Situação semelhante foi relatada por Specian *et al.* (2021), em dois municípios do Estado de São Paulo, apenas 6 entre 449 amostras analisadas ultrapassaram o limite de 500 UFC/mL. A semelhança dos resultados indica que, embora a baixa ocorrência desse crescimento, a alta contagem dessas bactérias pode refletir falhas localizadas no sistema de abastecimento.

Em outras pesquisas, como a realizada por Moraes *et al.* (2018) na cidade de Santa Rita, Paraíba, foi identificada uma associação entre a presença de coliformes totais e o aumento de bactérias heterotróficas, já que todas as amostras positivas para coliformes apresentaram crescimento dessas bactérias acima do limite permitido pela legislação. No entanto, essa relação não foi observada na presente pesquisa, uma vez que, embora os municípios de Gravatá, Jaboatão dos Guararapes e Vitória de Santo Antão tenham registrado os maiores índices de coliformes totais, não houve contagens de bactérias heterotróficas superiores ao valor máximo estabelecido, contrastando com os achados do estudo citado.

No que diz respeito à principal época de internação devido às doenças diarreicas, abril apresentou-se como o mês com mais casos de internação devido a essa patologia em crianças de 0 a 4 anos, podendo ser explicado como um dos meses que compõem o período chuvoso do estado. De forma semelhante, Castro e Silva Neto (2022), em Manaus, no Amazonas, observaram picos de internações entre janeiro e abril.

Diante disso, o estudo realizado por Aguiar *et al.* (2020) na Ilha de Guaratiba, no Rio de Janeiro, identificou a presença de inundações como o principal fator associado à ocorrência de diarreia infantil, sendo a condição que mais elevou a chance de adoecimento entre crianças menores de cinco anos. Os autores destacam que o contato com ambientes alagados, comuns durante períodos de

chuvas intensas, aumentam em até 133 vezes o risco de desenvolvimento da doença, devido à contaminação da água e à precariedade das condições de saneamento. Assim, tanto a sazonalidade climática quanto os determinantes socioambientais, como inundações e esgoto a céu aberto, demonstram uma influência na elevação dos casos de doenças diarreicas em crianças.

Nos municípios pernambucanos analisados, observou-se, maior prevalência de internações hospitalares por diarreia e gastroenterites de origem infecciosa presumível entre crianças do sexo masculino, com 60,3% dos casos. Esse dado contraria resultados de outras pesquisas com enfoque semelhante, como o estudo de Costa *et al.* (2021), realizado no estado de Alagoas, o qual apontou uma distribuição equilibrada entre os sexos, sem diferenças estatisticamente significativas na prevalência de casos.

Por outro lado, um estudo conduzido na Bahia por Rocha (2012) apresentou um perfil distinto. A pesquisa avaliou o perfil epidemiológico e etiológico de 499 crianças com diarreia aguda atendidas em unidades de emergência pediátrica, observando uma leve predominância do sexo feminino (52,5%) em comparação ao masculino (47,5%). Esses dados reforçam que, apesar das variações regionais, a diferença entre os sexos não se mostra consistente entre os estudos, sugerindo que essa variável pode não exercer influência significativa sobre a susceptibilidade à ocorrência de diarreia em crianças (Costa *et al.*, 2021).

Ao analisar a predominância de internações em relação à faixa etária, o presente estudo identificou maior acometimento em crianças de 1 a 4 anos, em comparação às de 0 a 1 ano de idade. Resultado semelhante foi observado no estudo conduzido por Souza *et al.* (2022), no qual 67,3% das internações por diarreia ocorreram entre crianças da faixa etária de 1 a 4 anos. Dessa forma, é possível reconhecer que esse padrão pode estar relacionado à maior exposição desses indivíduos a ambientes externos, ao contato mais frequente com alimentos e objetos contaminados, bem como ao processo de desenvolvimento do sistema imunológico, que ainda se encontra em amadurecimento nesse período da infância.

Ao considerar a variável cor/raça dos pacientes, o estudo de Lemos (2023) identificou uma predominância de casos entre pessoas autodeclaradas pardas. De forma semelhante, foi observado, na presente pesquisa, que 83,6% dos indivíduos pertenciam a esse grupo. De modo complementar, Siqueira *et al.* (2021) apontaram uma maior incidência de internações entre crianças negras (45,82%), embora a

diferença em relação às crianças pardas (44,45%) tenha sido pouco expressiva. Dessa forma, os dados encontrados corroboram os resultados de investigações anteriores sobre o perfil racial mais afetado por doenças diarreicas.

Quanto aos custos relacionados às doenças diarreicas em crianças, é possível identificar um expressivo impacto financeiro para o sistema público de saúde. Aranha *et al.* (2024), ao analisarem essa problemática no Nordeste entre 2019 e 2023, identificaram uma média anual de despesas de R\$6.452.569,40. De forma semelhante, os dados obtidos neste estudo também revelaram elevados gastos, com destaque para a região de Recife, que apresentou os maiores desembolsos associados à patologia. Assim, entende-se que esses valores reforçam não apenas a elevada incidência da doença, mas também o peso econômico que ela impõe ao setor público.

Diante disso, Silva Filho *et al.* (2022) defendem a necessidade de investimentos em infraestrutura de saneamento básico como medida essencial para a prevenção desses agravos. Além de promover melhorias na saúde da população, especialmente infantil, o saneamento adequado também contribui significativamente para a redução dos custos hospitalares evitáveis, representando uma estratégia eficaz tanto em termos de saúde pública quanto de gestão financeira do Estado.

Portanto, este estudo foi importante pois reuniu dados microbiológicos da água e informações epidemiológicas sobre internações por diarreia infantil em municípios pernambucanos, permitindo uma análise integrada que reforça a relação entre qualidade da água e saúde pública. Assim, a pesquisa serve como base importante para ações de prevenção, planejamento em saúde e melhorias no saneamento básico.

7 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo evidenciam uma forte relação entre a qualidade microbiológica da água e a ocorrência de doenças diarreicas em crianças menores de cinco anos. Foi possível observar que, municípios com água potável adequada, como Bonito, não registraram internações por diarreia infantil, ao passo que locais com contaminação, como Recife, concentraram os maiores índices.

Além disso, foi possível visualizar que fatores como sazonalidade climática, desigualdades socioambientais e condições socioeconômicas também influenciam a prevalência dessas enfermidades, apontando para a necessidade de ações integradas entre saúde, saneamento e políticas públicas. O custo das internações indica que a prevenção, por meio de investimentos em infraestrutura sanitária, é mais eficaz e econômica para o sistema de saúde.

Entre os pontos fortes do estudo, destaca-se a integração entre dados microbiológicos e epidemiológicos, o uso de fontes oficiais atualizadas e a comparação com pesquisas anteriores, o que reforça a consistência dos resultados. Entretanto, limitações como a falta de informações sobre hábitos de higiene e condições domiciliares de saneamento devem ser consideradas.

Dessa forma, este estudo contribui para o fortalecimento da vigilância em saúde ambiental e aponta caminhos para reflexões mais amplas sobre a distribuição dos serviços de saneamento, a priorização de áreas de risco e a adoção de 36 tecnologias acessíveis que garantam o fornecimento de água segura. Ao integrar diferentes fontes de informação, os dados aqui apresentados oferecem contribuições valiosas para ações mais eficazes de planejamento e gestão no enfrentamento das doenças de veiculação hídrica, especialmente entre as crianças.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, K. C. G. *et al.* Fatores de risco para ocorrência de diarreia em crianças residentes na Ilha de Guaratiba (RJ). **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 124, p. 205-220, mar. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-1104202012415>.
- AITH, F. M. A; ROTHBARTH, R. O estatuto jurídico das águas no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 29, n. 84, p. 163-177, ago. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142015000200011>.
- ALENCAR, I. Z.; VIANA, V. R.; MALHEIRO, D. R.; SANTOS, F. A. V. Ausência de saneamento básico e sua relação com a diarreia em crianças no nordeste brasileiro, nos anos de 2007 a 2019: uma revisão de literatura. **Estação Científica**, Juiz de Fora, v. 13, n. JUL./DEZ., 2023. Disponível em: <https://estacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/estacaocientifica/article/view/2336>. Acesso em: 20 out. 2024.
- ARANHA, M. C. *et al.* Diarreia e gastroenterite infecciosa presumível em crianças do nordeste: epidemiologia das internações (2019-2023). **Periódicos Brasil**. Pesquisa Científica, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 898-907, 9 ago. 2024. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences. <http://dx.doi.org/10.36557/pbpc.v3i2.134>.
- ARAÚJO, D. L; ANDRADE, R. F. Qualidade Físico-Química e Microbiológica da Água Utilizada em Bebedouros de Instituições de Ensino no Brasil: revisão sistemática da literatura. **Brazilian Journal Of Health Review**, Curitiba, v. 3, n. 4, p. 7301-7324, 2020. <http://dx.doi.org/10.34119/bjhrv3n4-009>.
- ARAÚJO, L. F., *et al.* Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade da água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 7, p. 2935-2947, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1413-81232022277.16472021>.
- BÁRTA, R. L. *et al.* Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência e Tecnologia**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p. 74-85, 30 nov. 2021. <http://dx.doi.org/10.22239/2317-269x.01822>.
- BAYER, N. M.; URANGA, P. R. R.; FOCHEZATTO, A. Política Municipal de Saneamento Básico e a ocorrência de doenças nos municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 13, 2021.
- BORDALO, C. A. L. Pelo direito humano ao acesso à água potável na região das águas: uma análise da exclusão e do déficit dos serviços de abastecimento de água potável à população da Amazônia brasileira. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 25, n. 1, p. 261-284, 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Departamento de Informática do SUS (DATASUS)**. 2025. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/nrpe.def>. Acesso em: 15 jul. 2025.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água

para consumo humano e padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 07 maio 2021. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 25 jun. 2025.

CASTRO, M. B; SILVA NETO, J. C. A. Influência hidroclimática nas interações por diarreia aguda, Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista Geonorte**, Amazonas, v. 14, n. 43, p. 115-131, 2023.

CORREIA, C. V. *et al.* Doenças de veiculação hídrica e seu grande impacto no Brasil: consequência de alterações climáticas ou ineficiência de políticas públicas. **Brazilian Medical Students Journal**, São Paulo, v. 5, n. 8, 2021.

COSTA, C. M. O. *et al.* Perfil epidemiológico da diarreia em crianças de 1 a 4 anos no estado de Alagoas. **Revista de Atenção à Saúde**, São Paulo, v. 19, n. 68, p. 89-97, 2021.

FERREIRA, Beatriz. Dia Mundial da Água: alerta para a importância desse recurso natural. **Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo**, 2021. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=419589>. Acesso em: 20 jul. 2025.

FREIRE, R. C.; LIMA, R. A. Bactérias heterotróficas na rede de distribuição de água potável no município de Olinda-PE e sua importância para a saúde pública. **Journal of Management & Primary Health Care**, Recife, v. 3, n. 2, p. 91-95, 2012.

GOUDORIS, E; CONDINO NETO, A. Imunidade nas crianças. **Portal Sociedade Brasileira de Pediatria**, 2024. Disponível em: <https://www.sbp.com.br/especiais/pediatria-para-familias/cuidados-com-a-saude/imunidade-nas-criancas/>. Acesso em: 15 set. 2024.

GOVERNO DE PERNAMBUCO. Saúde - Boletim de Indicadores (Janeiro a Dezembro de 2024). **Secretaria de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Regional**, 2025. Disponível em: <https://drive.expresso.pe.gov.br/s/OnWJcCu0C1ENy6j>. Acesso em: 15 jul. 2025.

GUEDES, A. F. *et al.* Tratamento da água na prevenção de doenças de veiculação hídrica. **Journal of Medicine and Health Promotion**, Belo Horizonte, v. 2, n. 1, p. 452-467, 2017.

GUEVARA, A. J. H. *et al.* Água potável e Saneamento - ODS 6. 2019. **Programa de Pós-Graduação em Administração e Programa de Pós-Graduação em Economia** - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2019.

HERPHS, L. S. *et al.* Análises físico-químicas e microbiológicas da água destinada ao consumo humano em instituições públicas de ensino da cidade de Porto Seguro - BA. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v. 19, n. 55, p. 329-344, 2023.

HTET KO, S; SAKAI, H. Saneamento de água, higiene e prevalência de diarreia nas áreas rurais da região do delta de Mianmar. **Revista de água e saúde**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 149–156, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Panorama de Pernambuco (2023). Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama>. Acesso em: 15 jul. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Afinal, o que é saneamento básico?. **Instituto Trata Brasil**, 2024. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/o-que-e-saneamento-basico>. Acesso em: 20 jul. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Brasil gasta R\$174 milhões com internações por doenças relacionadas à falta de saneamento em 2024. **Instituto Trata Brasil**, 2025. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/brasil-gasta174-milhoes-internacoes-saneamento>. Acesso em: 12 jul. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Com 344 mil internações em 2024, falta de saneamento coloca a saúde do brasileiro em risco e sobrecarrega o SUS com doenças evitáveis. **Instituto Trata Brasil**, 2025. Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/03/RELEASE-Saneamento-e-saud e-Como-a-falta-de-acesso-a-infraestrutura-basica-afeta-as-incidencias-de-doencas-r elacionadas-ao-saneamento-ambiental-inadequado-no-Brasil-TRATA-BRASIL.pdf](https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2025/03/RELEASE-Saneamento-e-saud-e-Como-a-falta-de-acesso-a-infraestrutura-basica-afeta-as-incidencias-de-doencas-r-elacionadas-ao-saneamento-ambiental-inadequado-no-Brasil-TRATA-BRASIL.pdf). Acesso em: 20 jul. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Painel Saneamento Brasil. **Instituto Trata Brasil**, [2023 ou 2024]. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/evolucao?id=0>. Acesso em: 10 jul. 2025.

LEMOS, R. F. Análise do perfil epidemiológico dos pacientes internados com diarreia e gastroenterite no Rio Grande do Norte entre 2013-2022. **Congresso Nacional de Inovações em Saúde**, n. 4, n. 3, 2023, Fortaleza. Anais IV. Fortaleza: Integrar, 2023.

MATTHIENSEN, Alexandre *et al.* Monitoramento e Diagnóstico de Qualidade de Água Superficial. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Santa Catarina, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1039218/1/final7998.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2025.

MICRO AMBIENTAL. Como fazer a coleta de amostras de água?. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://microambiental.com.br/analises-de-agua/como-fazer-a-coleta-de-amostras-de-agua/>. Acesso em: 20 out. 2024.

MORAES, M. S. *et al.* Avaliação microbiológica de fontes de água de escolas públicas e privadas da cidade de Santa Rita (PB). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, p. 431-435, 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.** 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em 30 jul. 2025.

- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Doença diarreica**. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Saneamento**. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 21 jul. 2025.
- PAULA, L.; LINO, J. H. Investigação da presença de coliformes em amostras de água no Município de Mandaguaçu, Paraná. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v.4, n.6, p. 25216-25224, 2021.
- POPKIN, B. M.; D'ANCI, K. E.; ROSENBERG, I. H. Água, Hidratação e Saúde. **Nutrition Reviews**, [S.L.], v. 68, n. 8, p. 439-458, 2010.
- ROCHA, S. R. F. Estudo epidemiológico e etiológico de crianças com diarreia aguda por norovírus e outros agentes em unidade de emergência pediátrica, Salvador Bahia. 2012. 23 f. Monografia de conclusão do componente curricular (Graduação em medicina) - **Universidade Federal da Bahia (UFBA)**, Salvador, 2012.
- ROSINGER, A.; BREWIS, A. vida e morte: em direção a uma biologia humana da água. **American Journal of Human Biology**, [S.L.], v. 32, 2020.
- SILVA, C. R. *et al.* Avaliação da presença e quantificação de coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água destinada ao consumo humano proveniente de poços artesianos. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 129-140, 2019.
- SILVA, C. S. DA *et al.* Situação de insegurança alimentar em domicílios de Pernambuco, Região Nordeste do Brasil: contribuições para discussão da violação do direito à alimentação. **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 31, 2022.
- SILVA FILHO, D. R. *et al.* Análise dos indicadores de saneamento básico e seus impactos sobre a saúde pública e coletiva em Aparecida de Goiânia, Goiás. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 5407-5427, 2022.
- SIQUEIRA, S. M. C. *et al.* Panorama da diarreia e gastroenterites entre crianças brasileiras na última década. **Revista Saúde.com**, Bahia, v. 16, n. 4, p. 1951-1958, 2021.
- SOARES, T. C. *et al.* Perfil da água para o consumo humano e notificação de doenças em uma macrorregião do Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, Fortaleza, v.12, n.2, p. 205-215, 2018.
- SOUZA, D. A. *et al.* A importância da água dentro do conceito de saúde única. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 5, n.6, p. 24012-24029, 2022.
- SOUZA, D. S. *et al.* Internações hospitalares por gastroenterites em uma capital da Amazônia Ocidental: um panorama epidemiológico. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, Itabira, v. 11, n. 6, 2022.
- SPECIAN, A. M. Ocorrência de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água de abastecimento público de dois municípios do Estado de São Paulo. **Boletim Epidemiológico Paulista**, v. 18, n. 205, p. 13-22, 2021.

VIEIRA, K. P. **A prevalência de internações hospitalares por diarreia e gastroenterite de origem infecciosa e fatores associados em crianças de 0 a 4 anos no município de Macaé/RJ**. 2021. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, 2021.

VITOR, G. A. *et al.* Saúde e saneamento no Brasil: uma revisão narrativa sobre a associação das condições de saneamento básico com as doenças de veiculação hídrica. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 10, n.15, 2021.

ANEXO

ANEXO A: Tabela do Número Mais Provável (NMP) para coliformes em amostras de água, utilizando a técnica dos tubos múltiplos com três tubos.

Table 1 For 3 tubes each at 0.1, 0.01, and 0.001 g inocula, the MPNs per gram and 95 percent confidence intervals.											
Pos. Tubes			MPN/g	Conf. lim.		Pos. tubes			MPN/g	Conf. lim.	
0.10	0.01	0.001		Low	High	0.10	0.01	0.001		Low	High
0	0	0	<3.0	-	9.5	2	2	0	21	4.5	42
0	0	1	3.0	0.15	9.6	2	2	1	28	8.7	94
0	1	0	3.0	0.15	11	2	2	2	35	8.7	94
0	1	1	6.1	1.2	18	2	3	0	29	8.7	94
0	2	0	6.2	1.2	18	2	3	1	36	8.7	94
0	3	0	9.4	3.6	38	3	0	0	23	4.6	94
1	0	0	3.6	0.17	18	3	0	1	38	8.7	110
1	0	1	7.2	1.3	18	3	0	2	64	17	180
1	0	2	11	3.6	38	3	1	0	43	9	180
1	1	0	7.4	1.3	20	3	1	1	75	17	200
1	1	1	11	3.6	38	3	1	2	120	37	420
1	2	0	11	3.6	42	3	1	3	160	40	420
1	2	1	15	4.5	42	3	2	0	93	18	420
1	3	0	16	4.5	42	3	2	1	150	37	420
2	0	0	9.2	1.4	38	3	2	2	210	40	430
2	0	1	14	3.6	42	3	2	3	290	90	1,000
2	0	2	20	4.5	42	3	3	0	240	42	1,000
2	1	0	15	3.7	42	3	3	1	460	90	2,000
2	1	1	20	4.5	42	3	3	2	1100	180	4,100
2	1	2	27	8.7	94	3	3	3	>1100	420	-

Fonte: Adaptado de U.S. Food and Drug Administration (FDA) – Bacteriological Analytical Manual (BAM), 2020.