

Análise Estatística da Qualidade da Água de Abastecimento da cidade de Serra Talhada-PE

Fábio Gomes de Souza (UFCG-CDSA) fabiogomes.engenharia@gmail.com

Luciano Félix da Silva (UFCG-CDSA) lucianofelixx21@gmail.com

Bruno Pereira Diniz (UFCG-CDSA) bruno.pereira@estudante.ufcg.edu.br

Tanielzy Lêla Araújo de Souza (UFCG-CDSA) tanielzy@gmail.com

Elaine Cristina da Silva Pereira Brito (UFCG-CDSA) elainegpm.louvorgospel@gmail.com

Daniel Augusto de Moura Pereira (UFCG-CDSA) danielmoura@ufcg.edu.br

Resumo

A qualidade da água destinada ao consumo humano é um fator essencial para a saúde pública, especialmente em regiões semiáridas, onde a variabilidade climática pode influenciar os sistemas de abastecimento. Nesse contexto, este estudo analisa a qualidade da água distribuída à população do município de Serra Talhada, Pernambuco, no período de 2014 a 2024. O problema de pesquisa consiste em verificar se a água fornecida atendeu aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação brasileira e como os parâmetros de qualidade se comportaram ao longo do tempo, considerando a influência de fatores climáticos.

O objetivo do trabalho foi avaliar estatisticamente os principais parâmetros microbiológicos e físico-químicos da água de abastecimento, bem como sua relação com dados pluviométricos e de temperatura. A metodologia baseou-se em uma pesquisa quantitativa e descritiva, utilizando séries temporais de dados secundários obtidos junto à Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), à Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram analisados os parâmetros coliformes totais, *Escherichia coli*, turbidez, cor aparente e cloro residual livre, comparando-os com os limites definidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021.

Os resultados indicaram elevada conformidade microbiológica, com ausência de *E. coli* em todas as amostras analisadas e poucas ocorrências de coliformes totais fora do padrão. Os parâmetros físico-químicos apresentaram variações pontuais, associadas principalmente às condições climáticas e operacionais, sem comprometer a segurança sanitária da água. Conclui-se que o sistema de abastecimento apresentou desempenho satisfatório, destacando a

importância do monitoramento contínuo e da integração entre dados de qualidade da água e variáveis climáticas para a gestão eficiente do abastecimento.

Palavras-chave: *qualidade da água, abastecimento público, análise estatística, variabilidade climática.*

1. Introdução

A disponibilidade de água tratada com qualidade segura é fundamento da saúde pública e da dignidade humana. Em Serra Talhada, o abastecimento domiciliar é realizado pela Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento) e as séries históricas públicas de monitoramento tornam possível avaliar se a água entregue à população atende aos padrões exigidos e como esses padrões variam ao longo do tempo. Este trabalho apresenta uma análise estatística dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos — coliformes totais, *Escherichia coli*, cor aparente, turbidez e cloro residual — ao longo do período de 2014 a 2024, com amostragens mensais fornecidas pela Companhia. Além disso, investigamos a interação desses indicadores com a precipitação pluviométrica mensal e com a média anual, para compreender melhor os mecanismos sazonais e eventos extremos que influenciam a qualidade da água.

A escolha desses parâmetros resulta de seu papel direto na segurança do abastecimento: coliformes totais e *E. coli* são indicadores clássicos de contaminação fecal e falhas no tratamento ou na proteção do manancial; turbidez e cor sinalizam presença de material particulado e matéria orgânica que podem reduzir a eficiência da desinfecção; já o cloro residual é a linha de defesa final no sistema de distribuição e reflete tanto a dosagem aplicada quanto as perdas por reações e diluição na rede. As normas brasileiras de vigilância e potabilidade estabelecem limites e procedimentos de amostragem que orientam a interpretação desses indicadores.

Estudos recentes mostram que eventos pluviométricos intensos e variações de temperatura têm forte associação com aumentos nos níveis de bactérias indicadoras, sobretudo quando a chuva promove escoamento superficial e arraste de material fecal para rios, reservatórios e captações. Resultados de larga escala indicam aumentos estatisticamente significativos de *E. coli* em períodos de chuva forte e após episódios de alta temperatura, o que

destaca a necessidade de análises que integrem hidrometeorologia e monitoramento de qualidade.

Outro ponto crítico que este estudo aborda é a dinâmica do cloro residual na rede: variações de demanda, tempos de residência e mudanças hidráulicas podem reduzir o residual e criar janelas de risco microbiológico; abordagens recentes que modelam a decaída e o controle do desinfetante mostram como a compreensão desses processos é essencial para interpretar os padrões observados nos dados de vigilância.

Ao combinar análise descritiva, séries temporais mensais e métodos inferenciais para relacionar qualidade da água e precipitação, a pesquisa busca gerar evidências práticas para operadores, vigilância sanitária e gestores locais — contribuindo tanto para o diagnóstico histórico (2014–2024) quanto para recomendações operacionais que melhorem a segurança do abastecimento em Serra Talha. Estudos semelhantes em contextos brasileiros recentes reforçam a relevância deste enfoque integrado entre clima, tratamento e distribuição.

2. Referencial Teórico

A qualidade da água destinada ao consumo humano é avaliada por meio de indicadores microbiológicos e físico-químicos que permitem verificar a eficiência dos sistemas de captação, tratamento e distribuição, bem como os riscos potenciais à saúde pública. Entre os parâmetros mais utilizados destacam-se os coliformes totais e a *Escherichia coli*, considerados indicadores clássicos de contaminação fecal e de falhas nos processos sanitários, além da turbidez, da cor aparente e do cloro residual, que fornecem informações complementares sobre a presença de partículas, matéria orgânica e a eficácia da desinfecção ao longo da rede de abastecimento (WHO, 2022).

No contexto brasileiro, a interpretação desses parâmetros é orientada pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, definindo padrões de potabilidade e frequência mínima de monitoramento. Essa normativa constitui a principal referência legal para a avaliação da conformidade da água distribuída, sendo amplamente utilizada por prestadores de serviço, órgãos reguladores e vigilância sanitária (BRASIL, 2021).

A literatura recente evidencia que a qualidade da água apresenta forte relação com a variabilidade climática, especialmente com os regimes de precipitação. Eventos de chuva intensa tendem a aumentar o escoamento superficial, promovendo o transporte de sedimentos, matéria orgânica e contaminantes microbiológicos para corpos hídricos utilizados como mananciais de abastecimento. Esse processo pode elevar os valores de turbidez e cor, além de aumentar a ocorrência de bactérias indicadoras, como *E. coli*, principalmente em bacias hidrográficas com uso do solo urbano ou agrícola intensivo (POWERS et al., 2023).

Estudos empíricos realizados nos últimos anos demonstram associações estatisticamente significativas entre precipitação acumulada, aumento de vazão e elevação das concentrações de coliformes e *E. coli* em águas superficiais e tratadas, sobretudo em períodos imediatamente posteriores a eventos pluviométricos extremos. Esses achados reforçam a importância de incorporar dados pluviométricos às análises de monitoramento da qualidade da água, permitindo uma interpretação mais robusta das variações temporais observadas (MCBRIDE et al., 2022).

A turbidez, por sua vez, é considerada um dos parâmetros mais sensíveis às alterações hidrológicas e um importante indicador indireto de risco microbiológico. Partículas em suspensão podem proteger microrganismos da ação do desinfetante, aumentando a demanda de cloro e reduzindo a eficiência da desinfecção. Por essa razão, valores elevados de turbidez costumam estar associados à maior probabilidade de detecção de bactérias indicadoras, sendo amplamente utilizada como variável explicativa em estudos de previsão de contaminação (LIU et al., 2024).

O comportamento do cloro residual ao longo da rede de distribuição depende de diversos fatores, como temperatura da água, tempo de residência hidráulica, presença de matéria orgânica dissolvida, biofilme nas tubulações e características físicas do sistema. Pesquisas recentes apontam que a decaída do cloro não ocorre de forma homogênea, podendo resultar em pontos da rede com residual insuficiente para garantir a segurança microbiológica. Assim, o monitoramento contínuo e o ajuste operacional da cloração são considerados estratégias essenciais para a mitigação de riscos sanitários (ZHANG et al., 2023).

Do ponto de vista metodológico, análises estatísticas de séries temporais têm sido amplamente empregadas para avaliar tendências de longo prazo, padrões sazonais e efeitos associados a eventos extremos, como períodos de chuvas intensas ou estiagens prolongadas.

Abordagens que combinam estatística descritiva, testes de tendência e modelos de regressão permanecem relevantes; contudo, estudos mais recentes incorporam técnicas de aprendizado de máquina para aprimorar a capacidade preditiva e identificar variáveis-chave relacionadas à deterioração da qualidade da água (KIM et al., 2024).

Por fim, o estado da arte indica que análises integradas, que relacionam parâmetros microbiológicos e físico-químicos da água com variáveis hidrometeorológicas e informações operacionais dos sistemas de abastecimento, são fundamentais para compreender a dinâmica local da qualidade da água. Esse enfoque contribui não apenas para o diagnóstico histórico, mas também para o planejamento preventivo, especialmente em municípios cuja segurança hídrica é fortemente influenciada pela variabilidade pluviométrica e por eventos climáticos extremos (WHO, 2023).

3. Metodologia

3.1 Tipo e delineamento da pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa **quantitativa, descritiva e analítica**, baseada na análise de séries temporais de dados secundários. O delineamento adotado permite avaliar o comportamento da qualidade da água ao longo do tempo, bem como identificar padrões, tendências e possíveis interferências associadas à variabilidade climática, especialmente a precipitação pluviométrica.

3.2 Área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida para o município de Serra Talhada, localizado no estado de Pernambuco, cujo abastecimento público de água é realizado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa). A escolha do município deve-se à disponibilidade de dados públicos contínuos e à relevância do tema em uma região marcada por variabilidade climática e eventos hidrometeorológicos extremos.

3.3 Coleta de dados

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos exclusivamente de fontes oficiais e públicas, garantindo confiabilidade e rastreabilidade das informações. Os dados de qualidade da água foram coletados no portal institucional da Compesa, contemplando registros mensais

dos parâmetros coliformes totais, *Escherichia coli*, turbidez, cor aparente e cloro residual, no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2024.

As informações de precipitação pluviométrica foram obtidas junto à Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considerando dados mensais e médias anuais correspondentes ao mesmo intervalo temporal analisado para a qualidade da água. A utilização de duas fontes meteorológicas permitiu maior robustez e conferência cruzada dos registros pluviométricos.

3.4 Tratamento e organização dos dados

Após a coleta, os dados foram organizados em planilhas eletrônicas padronizadas, sendo submetidos a etapas de verificação de consistência, padronização de unidades, remoção de duplicidades e identificação de valores ausentes. Quando necessário, registros incompletos foram tratados por métodos estatísticos descritivos, preservando a integridade das séries temporais.

Os dados de qualidade da água foram comparados com os padrões estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, possibilitando a identificação de ocorrências fora do padrão de potabilidade, tanto em termos microbiológicos quanto físico-químicos.

3.5 Análise estatística e comparativa

A análise dos dados envolveu procedimentos de estatística descritiva, incluindo cálculo de médias, medianas, valores máximos e mínimos, bem como a avaliação da variabilidade mensal e anual dos parâmetros analisados. Em seguida, foram realizadas análises comparativas entre os indicadores de qualidade da água e os dados pluviométricos, buscando identificar relações entre eventos de precipitação e alterações nos parâmetros monitorados.

A investigação das interferências fora do padrão considerou tanto a frequência quanto a magnitude das não conformidades, permitindo avaliar possíveis influências climáticas e operacionais no sistema de abastecimento.

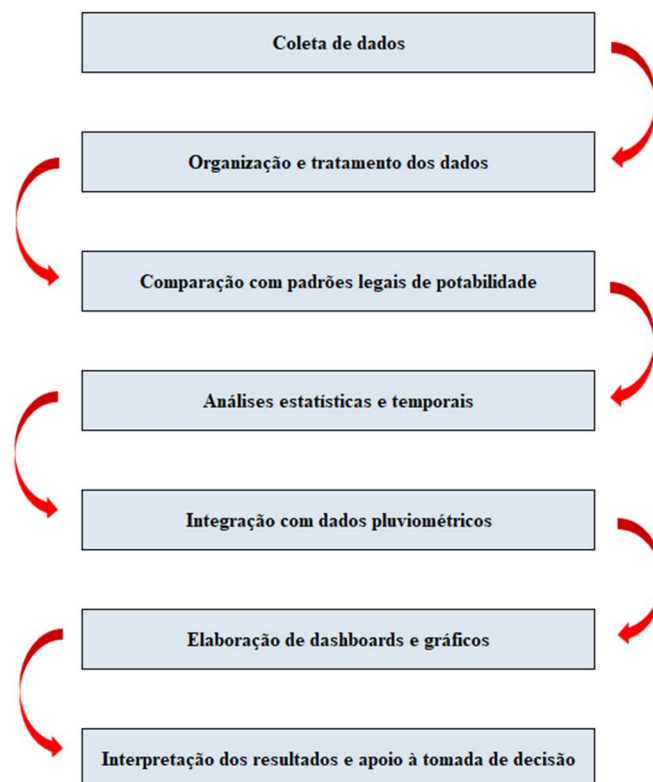
3.6 Visualização e apoio à decisão

Para facilitar a interpretação dos resultados e apoiar a análise baseada em evidências, foram desenvolvidos dashboards interativos, contendo gráficos temporais, comparativos e indicadores de conformidade. Essas visualizações permitiram identificar rapidamente períodos críticos, padrões sazonais e associações entre precipitação e qualidade da água, contribuindo para uma leitura integrada dos dados e para a tomada de decisão fundamentada nos resultados obtidos.

3.7 Fluxograma da Metodologia

Podemos visualizar o fluxograma da metodologia aplicada através da figura 1, evidenciando o passo-a-passo utilizado durante a elaboração desse artigo:

Figura 1: Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4. Resultados e Discussão

Antes de apresentar os resultados, há algumas informações pertinentes quanto aos parâmetros de potabilidade da água. A Portaria GM/MS nº 888/2021 define limites quantitativos que devem ser atendidos para que a água distribuída à população seja considerada própria para consumo humano. Esses valores servem como referência técnica para o controle operacional dos sistemas de abastecimento e para a vigilância sanitária.

Parâmetros microbiológicos:

- Coliformes totais: devem estar ausentes em 100 mL nas amostras coletadas na saída do tratamento. Na rede de distribuição, admite-se a presença ocasional, desde que pelo menos 95% das amostras mensais apresentem ausência em 100 mL, conforme o plano de amostragem.
- Escherichia coli (E. coli): deve estar ausente em 100 mL de amostra em qualquer ponto do sistema de distribuição. A detecção desse microrganismo caracteriza não conformidade imediata, por indicar contaminação fecal recente.

Parâmetros físico-químicos:

- Turbidez: O valor máximo permitido na água distribuída é de 5,0 unidades de turbidez (uT). Valores elevados indicam presença de partículas em suspensão, podendo comprometer a eficiência da desinfecção.
- Cor aparente: O limite máximo permitido é de 15 unidades Hazen (uH). Valores acima desse limite indicam excesso de matéria orgânica dissolvida ou substâncias que afetam a aceitabilidade estética da água.
- Cloro residual livre: deve ser mantido em toda a rede de distribuição em concentração mínima de 0,2 mg/L, assegurando ação desinfetante contínua. O valor máximo permitido é de 5,0 mg/L, evitando riscos associados ao excesso de desinfetante.

Quanto a quantidade de amostras mensais segundo a Portaria GM/MS nº 888/2021 estabelece que o monitoramento da qualidade da água deve ser proporcional ao risco sanitário, considerando:

- População atendida;
- Tipo de sistema (abastecimento coletivo);

- Parâmetros microbiológicos e físico-químicos;
- Pontos do sistema (saída do tratamento e rede de distribuição).

Assim, quanto maior a população abastecida, maior o número mínimo de amostras exigidas por mês.

Para coleta mínima de amostragem quanto aos parâmetros microbiológicos, deve ser obedecido os critérios da tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros para coleta

População atendida	Nº mínimo de amostras/mês
Até 5.000 habitantes	1 amostra/mês
5.001 a 10.000 habitantes	2 amostras/mês
10.001 a 20.000 habitantes	3 amostras/mês
20.001 a 50.000 habitantes	4 amostras/mês
50.001 a 100.000 habitantes	5 amostras/mês
Acima de 100.000 habitantes	Acréscimo progressivo conforme a norma

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Para coleta mínima de amostragem quanto aos parâmetros físico-químicos, a portaria estabelece que:

- A frequência mínima de coleta é, no mínimo, igual ou superior à microbiológica;
- O cloro residual livre deve ser monitorado com maior frequência, podendo ocorrer:
 - Diariamente na saída da estação de tratamento;
 - Semanalmente ou mensalmente na rede, conforme o plano de amostragem do sistema.

Em sistemas de médio porte, como municípios entre 50.000 e 100.000 habitantes, é comum a exigência mínima de 4 a 5 amostras mensais por parâmetro físico-químico, distribuídas ao longo da rede.

4.1 Resultados

É importante informar que o abastecimento da cidade de Serra Talhada durante o período de 2014 a 2024 é realizado através de dois reservatórios hídricos. Na tabela 2, podemos perceber que durante o período de 11 (onze) anos há a permanência da coleta de água do Açude Cachoeira II (localizado no município de Serra Talhada) e durante 09 (nove) anos o abastecimento ocorria simultaneamente pelo Açude Saco (localizado também no município de Serra Talhada). Porém, a partir de janeiro de 2023, o sistema passou a ser abastecido pela

adutora que parte do Rio São Francisco (lago de Itaparica – localizado em Petrolândia, Pernambuco).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a população de Serra Talhada no último Censo Demográfico de 2022, foi de 99.228 habitantes. Essa informação é adequada para validar as quantidades de coletas mínimas de amostragem da água e sua periodicidade.

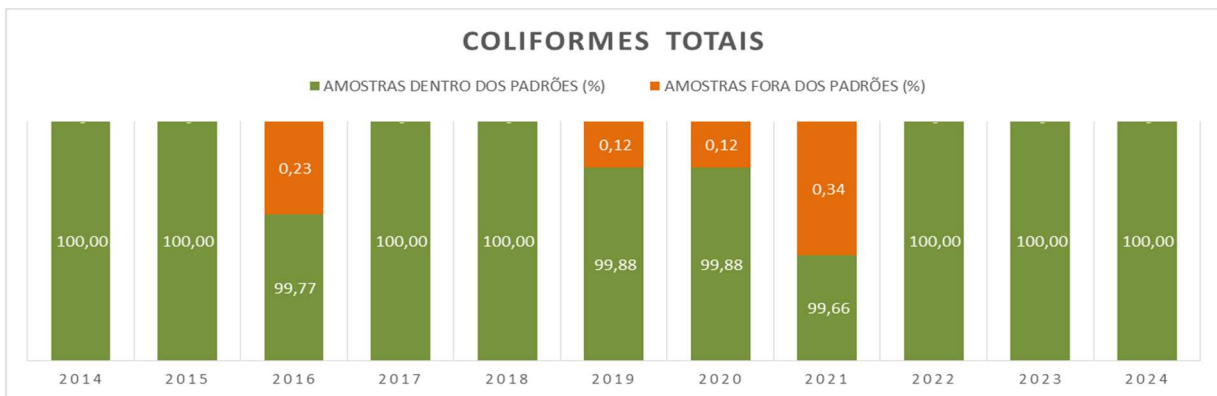
Tabela 2: Histórico do sistema de abastecimento da cidade de Serra Talhada

Ano	Local 1	Local 2
2014	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2015	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2016	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2017	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2018	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2019	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2020	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2021	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2022	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Açude Saco (Serra Talhada – Sertão Pajeú)
2023	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Lago Itaparica (Jatobá – Sertão Pajeú)
2024	Açude Cachoeira II (Serra Talhada – Sertão Pajeú)	Lago Itaparica (Jatobá – Sertão Pajeú)

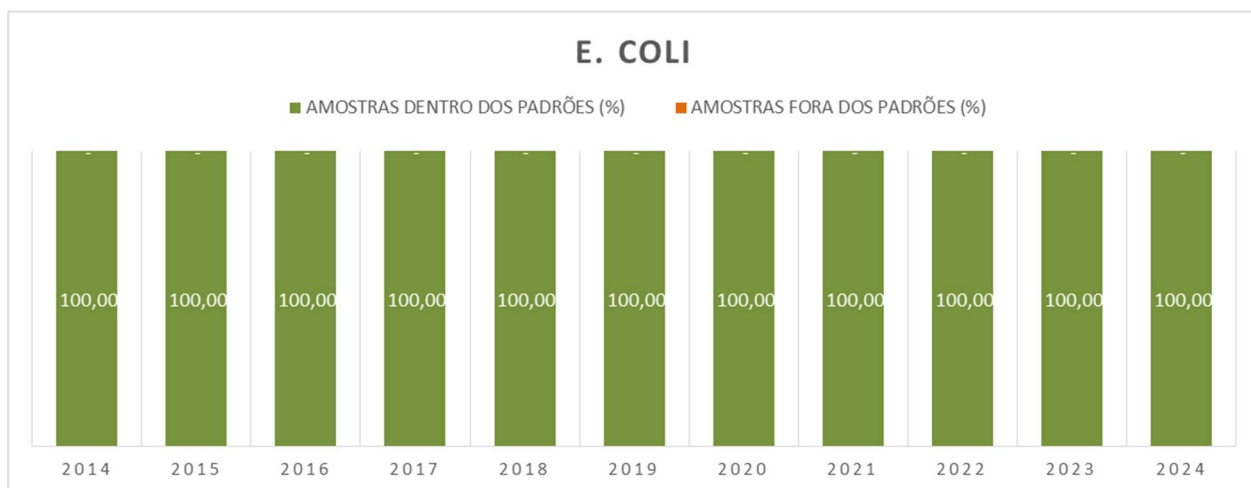
Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Primeiramente abordaremos os resultados das análises bacteriológicas (coliformes totais e E. Coli) de cada ano em relação ao período de 2014 a 2024. O Gráfico 1 mostra o percentual de amostras que estão dentro e fora do padrão de Coliformes Totais distribuídos por ano. Assim, como o gráfico 2, apresenta o percentual de E.Coli:

Gráfico 1: Resultado anual de amostras dentro e fora do padrão para coliformes totais

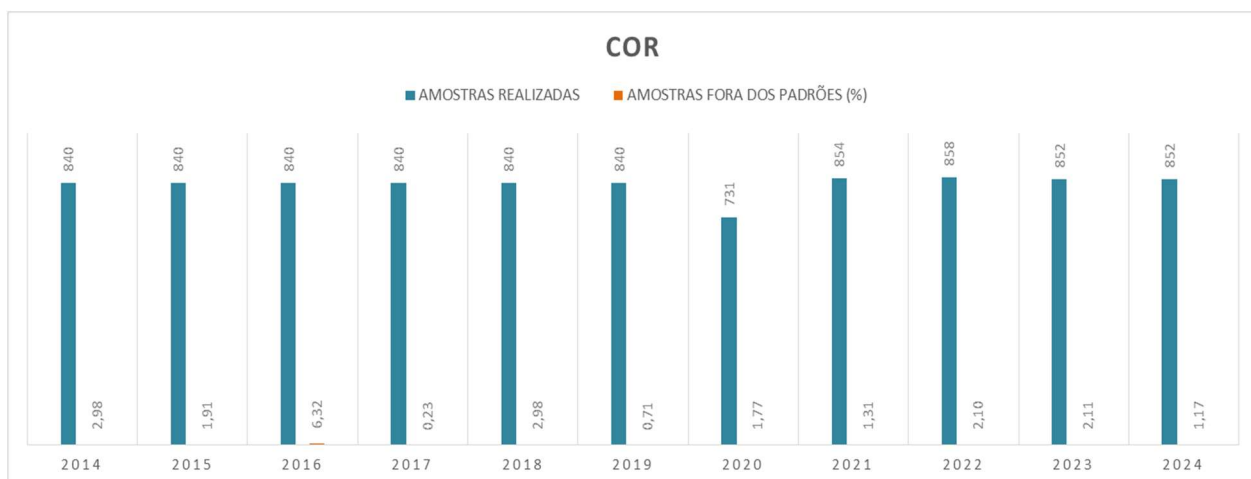


Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Gráfico 2: Resultado anual de amostras dentro e fora do padrão para E.Coli

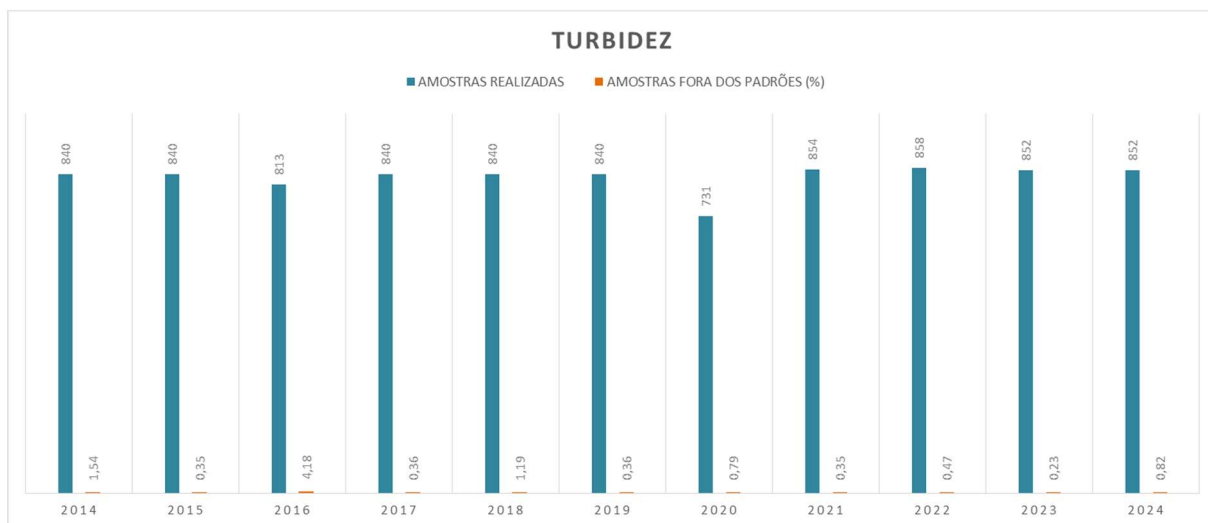
Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Os resultados obtidos para os para as análises físico-químicas (cor, turbidez e cloro residual livre) de cada ano também em relação ao período de 2014 a 2024. O gráfico 3 apresenta quantidade de amostras realizadas e o percentual fora do padrão para o parâmetro cor. O gráfico 4 apresenta a quantidade de amostras realizadas e o percentual de amostras fora do padrão para o parâmetro turbidez. E por fim, o gráfico 5 apresenta a quantidade de amostras realizadas e o percentual fora do padrão para o parâmetro de cloro residual livre:

Gráfico 3: Resultado anual da quantidade total de amostras realizadas e o percentual de amostras fora do padrão para cor

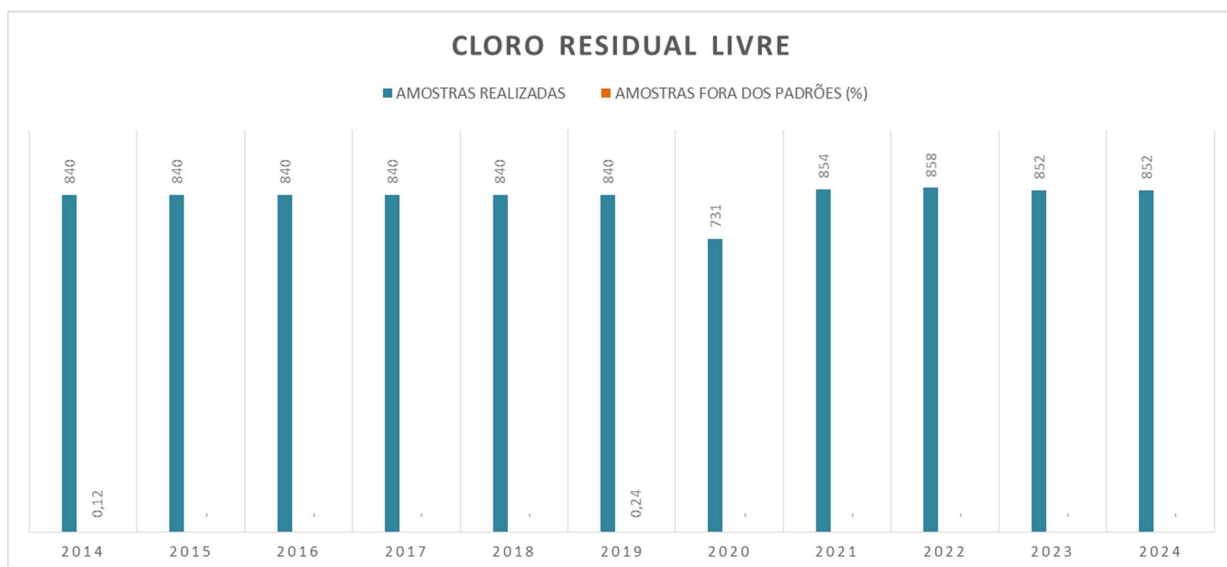
Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Gráfico 4: Resultado anual da quantidade total de amostras realizadas e o percentual de amostras fora do padrão para turbidez



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Gráfico 5: Resultado anual da quantidade total de amostras realizadas e o percentual de amostras fora do padrão para cloro residual livre



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Para análise dos dados pluviométricos, as informações obtidas são referentes ao Posto 013 (localizado em Serra Talhada), Posto 379 (Açude Cachoeira – Serra Talhada) e Posto 12 IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco) em Serra Talhada. De acordo com as informações obtidas através da APAC, os os dados de precipitação pluviométrica na região foram registrados como acumulado anual em cada posto conforme a tabela 3:

Tabela 3: Histórico do acumulado da precipitação pluviométrica

ANO	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICAS (mm)			
	POSTO 13 SERRA TALHADA	POSTO 379 (AÇUDE CACHOEIRA) SERRA TALHADA	POSTO 12 IPA (INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO) SERRA TALHADA	PRECIPITAÇÃO MÉDIA ENTRE OS 03 POSTOS
2014	607,1	533,0	708,6	616,2
2015	466,6	381,5	395,4	414,5
2016	417,5	230,4	443,6	363,8
2017	428,2	487,6	659,1	525,0
2018	732,8	701,3	667,0	700,4
2019	527,4	25,9	764,5	439,3
2020	1082,3	0,0	1163,4	1122,9
2021	834,4	0,0	792,6	813,5
2022	1011,9	370,2	881,7	754,6
2023	639,2	681,2	665,4	661,9
2024	541,3	554,7	405,5	500,5

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Quanto aos dados de temperatura registrados na região, as informações foram obtidas pelo INMET, no Posto A350, localizado em Serra Talhada.

O Instituto realiza a aferição da temperatura a cada uma hora. Sendo assim, foi necessário realizar o tratamento dos dados e extrair uma média da temperatura máxima e da temperatura mínima. A tabela 4 apresenta a média das temperaturas em cada ano.

Tabela 4: Histórico da temperatura média registrada no período

ANO	TEMPERATURA MÉDIA	
	TEMPERATURA MÁXIMA NA HORA ANT. (AUT) (°C)	TEMPERATURA MÍNIMA NA HORA ANT. (AUT) (°C)
2014	25,0	26,2
2015	27,3	25,9
2016	27,6	26,2
2017	26,2	25,2
2018	26,8	25,3
2019	27,0	25,4
2020	26,5	24,9
2021	28,2	26,6
2022	0,0	0,0
2023	26,7	25,3
2024	26,7	25,3

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4.2 Discussão

A análise estatística da qualidade da água de abastecimento de Serra Talhada-PE, no período de 2014 a 2024, evidencia um cenário predominantemente satisfatório quanto ao atendimento aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, embora com variações temporais e operacionais que merecem atenção. A discussão integrada dos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e hidrometeorológicos permite compreender melhor os fatores que influenciam a segurança do abastecimento ao longo do tempo.

Inicialmente, a figura 1, que apresenta o fluxograma metodológico, demonstra a robustez do caminho analítico adotado, ao integrar dados de qualidade da água, precipitação e temperatura. Essa abordagem é coerente com estudos recentes que apontam a necessidade de análises integradas entre clima, operação dos sistemas e qualidade da água, especialmente em regiões semiáridas, como o Sertão pernambucano.

4.2.1 Parâmetros microbiológicos

Os resultados referentes aos coliformes totais, apresentados no gráfico 1, indicam que, ao longo dos onze anos analisados, a maior parte das amostras permaneceu dentro do padrão exigido. Observa-se, contudo, a ocorrência pontual de amostras fora do padrão em alguns anos, o que sugere episódios específicos de vulnerabilidade no sistema de abastecimento. Essas ocorrências podem estar associadas a falhas operacionais momentâneas, alterações na qualidade da água bruta ou eventos climáticos que aumentam a carga orgânica nos mananciais.

O comportamento observado reforça o papel dos coliformes totais como indicadores de integridade do sistema, sobretudo na rede de distribuição. Mesmo quando não há risco imediato à saúde, sua presença sinaliza a necessidade de atenção preventiva por parte do operador, evitando que falhas se agravem.

Em contraste, o gráfico 2, que apresenta os resultados de *Escherichia coli*, demonstra total conformidade ao longo de todo o período estudado, com 100% das amostras dentro do padrão. Esse resultado é particularmente relevante, pois a ausência de *E. coli* indica que não

houve contaminação fecal recente na água distribuída. Tal achado sugere que os processos de tratamento e desinfecção foram eficazes, mesmo diante das variações climáticas e das mudanças no sistema de abastecimento registradas ao longo dos anos.

A associação entre os resultados microbiológicos e os parâmetros físico-químicos discutidos a seguir é fundamental, uma vez que a eficiência da desinfecção depende diretamente de condições adequadas de turbidez, cor e manutenção do cloro residual.

4.2.2 Parâmetros físico-químicos

A análise da cor aparente, apresentada no gráfico 3, evidencia que a maioria das amostras permaneceu dentro do limite estabelecido, embora se observe a ocorrência de percentuais fora do padrão em determinados anos. A cor está diretamente relacionada à presença de matéria orgânica dissolvida, que pode variar em função das características do manancial, do regime de chuvas e do nível de armazenamento dos reservatórios.

É importante destacar que o ano de 2020 apresenta redução no número total de amostras, associada também a variações nos percentuais fora do padrão. Esse comportamento pode refletir impactos indiretos da redução de atividades operacionais ou dificuldades logísticas, além de variações hidrológicas significativas observadas nesse período, conforme indicado na tabela 3, que apresenta os dados pluviométricos.

A turbidez, analisada no gráfico 4, mostrou-se um parâmetro sensível às variações ambientais. Embora os percentuais fora do padrão sejam baixos, sua presença é relevante, pois valores elevados de turbidez podem reduzir a eficiência da desinfecção, ao proteger microrganismos da ação do cloro. A análise conjunta dos gráficos 3 e 4 sugere que, nos períodos em que houve aumento de cor e turbidez, torna-se ainda mais importante o ajuste operacional do tratamento, especialmente na etapa de filtração.

O cloro residual livre, apresentado no gráfico 5, manteve-se majoritariamente dentro dos limites estabelecidos, com ocorrências pontuais de amostras fora do padrão mínimo. Esse resultado indica que, de forma geral, a desinfecção na rede foi adequada, garantindo a segurança microbiológica observada nos resultados de *E. coli*. No entanto, as variações registradas reforçam a importância do monitoramento contínuo do cloro residual, considerando fatores como tempo de residência da água, temperatura e demanda do sistema.

4.2.3 Relação com dados pluviométricos e de temperatura

A tabela 3, que apresenta o histórico de precipitação pluviométrica, evidencia elevada variabilidade interanual, característica típica do semiárido. Anos com maiores acumulados de chuva tendem a aumentar o aporte de sedimentos e matéria orgânica aos mananciais, o que ajuda a explicar variações observadas nos parâmetros de cor e turbidez discutidos anteriormente.

Por outro lado, períodos mais secos podem concentrar contaminantes e aumentar a temperatura da água, influenciando a taxa de decaída do cloro residual. A tabela 4, que apresenta os dados de temperatura média anual, mostra valores elevados e relativamente constantes ao longo do período, o que contribui para maior consumo de cloro e reforça a necessidade de ajustes operacionais sazonais.

A mudança no sistema de abastecimento a partir de 2023, com a entrada da adutora do Lago de Itaparica, conforme apresentado na tabela 2, também representa um fator relevante na interpretação dos resultados mais recentes. A diversificação das fontes tende a aumentar a segurança hídrica, mas exige atenção redobrada à qualidade da água bruta e à adequação dos processos de tratamento.

4.2.4 Integração dos resultados e implicações práticas

De forma integrada, os resultados apresentados nas tabelas e gráficos indicam que o sistema de abastecimento de Serra Talhada apresentou bom desempenho ao longo do período analisado, especialmente no controle microbiológico. As não conformidades observadas nos parâmetros físico-químicos ocorreram de forma pontual e não comprometeram a segurança sanitária, conforme evidenciado pela ausência de *E. coli*.

Ainda assim, a análise histórica reforça que a qualidade da água é resultado de uma interação complexa entre clima, características do manancial e operação do sistema. Eventos de chuva intensa, variações de temperatura e mudanças na fonte de abastecimento exigem estratégias de monitoramento e gestão adaptativas, baseadas em dados e evidências.

Nesse sentido, os dashboards desenvolvidos no estudo, conforme descrito na metodologia, representam uma ferramenta importante para a vigilância contínua, permitindo a identificação rápida de tendências, períodos críticos e necessidade de ajustes operacionais. Essa

abordagem contribui diretamente para a tomada de decisão e para a melhoria contínua da segurança do abastecimento.

5. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo analisar, de forma estatística e integrada, a qualidade da água de abastecimento do município de Serra Talhada-PE no período de 2014 a 2024, considerando parâmetros microbiológicos, físico-químicos e variáveis hidrometeorológicas. A partir dos resultados obtidos, foi possível construir um diagnóstico consistente do comportamento da água distribuída à população ao longo de mais de uma década.

De modo geral, os resultados indicam que a água fornecida à população apresentou bom padrão de qualidade, especialmente no que se refere aos parâmetros microbiológicos. A ausência de *Escherichia coli* em todas as amostras analisadas ao longo do período demonstra que o sistema de tratamento e desinfecção foi eficaz, reduzindo de forma significativa o risco de contaminação fecal e, conseqüentemente, de agravos à saúde pública. Os coliformes totais apresentaram poucas ocorrências fora do padrão, o que sugere situações pontuais de vulnerabilidade, mas sem caracterizar um problema crônico no sistema.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, observou-se que a cor aparente e a turbidez permaneceram, na maior parte do tempo, dentro dos limites estabelecidos pela legislação. As não conformidades registradas foram esporádicas e tendem a estar associadas a fatores ambientais, como variações no regime de chuvas, ou operacionais, como alterações na qualidade da água bruta captada. Esses parâmetros merecem atenção contínua, pois influenciam diretamente a eficiência do processo de desinfecção.

O cloro residual livre, considerado a principal barreira de proteção na rede de distribuição, apresentou comportamento predominantemente adequado, embora com registros pontuais fora do padrão mínimo. Esse resultado reforça a importância do monitoramento frequente do cloro ao longo da rede, especialmente em sistemas extensos, sujeitos a variações de demanda, tempo de residência da água e temperatura elevada, características comuns à região semiárida.

A análise conjunta com os dados pluviométricos e de temperatura mostrou que a qualidade da água não depende apenas do tratamento, mas também das condições climáticas e



hidrológicas. Anos com maior volume de chuvas tendem a aumentar o carreamento de sedimentos e matéria orgânica para os mananciais, enquanto períodos mais secos e quentes podem intensificar a decaída do cloro residual. Além disso, a mudança na fonte de abastecimento a partir de 2023, com a entrada da adutora do Rio São Francisco, representa um fator relevante que exige acompanhamento contínuo para garantir a manutenção da qualidade da água distribuída.

Por fim, o estudo evidencia a importância do uso de análises estatísticas e ferramentas de visualização, como dashboards, no apoio à gestão e à vigilância da qualidade da água. A integração entre dados históricos, parâmetros de potabilidade e informações climáticas contribui para uma tomada de decisão mais eficiente e preventiva. Dessa forma, os resultados apresentados podem auxiliar operadores, gestores públicos e órgãos de controle na melhoria contínua do serviço de abastecimento, fortalecendo a segurança hídrica e a proteção da saúde da população de Serra Talhada.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União, Brasília, 2021.

KIM, J.; PARK, S.; LEE, H. **Machine learning approaches for predicting microbial contamination in drinking water systems.** Journal of Water and Health, v. 22, n. 1, p. 45–58, 2024.

LIU, Y.; WANG, Q.; CHEN, X. **Turbidity as a proxy for microbial risk in surface water used for drinking supply.** Water Research, v. 246, p. 120–132, 2024.

MCBRIDE, G. et al. **Rainfall-driven contamination dynamics in drinking water sources.** Science of the Total Environment, v. 838, p. 155–167, 2022.

POWERS, J. E. et al. **Effects of heavy precipitation and temperature on *Escherichia coli* levels in drinking water sources.** Environmental Science & Technology, v. 57, n. 9, p. 4120–4129, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for drinking-water quality.** 4. ed. Geneva: WHO, 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Climate change and drinking-water safety.** Geneva: WHO, 2023.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO (COMPESA). **Dados de monitoramento da qualidade da água.** Recife: COMPESA, 2024.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA (APAC). **Dados hidrometeorológicos.** Recife: APAC, 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** Brasília: INMET, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2022.