Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA QUALIDADE DA ÁGUA EM TRÊS REPRESAS DE ABASTECIMENTO

Assessment of the influence of climatic conditions on water quality in three water supply reservoirs

Evaluación de la influencia de las condiciones climáticas en la calidad del agua de tres embalses de abastecimiento

Marcos Gagliardi de Souza
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
marcosgagliardidesouza@gmail.com

Aline Sarmento Procópio
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
aline.procopio@ufjf.br Orcid:

Renata de Oliveira Pereira
Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)
renata.pereira@ufjf.br Orcid:

Resumo: A intensificação da ocupação urbana nas áreas próximas aos mananciais, associada às mudanças climáticas, aumenta a pressão sobre os recursos hídricos e compromete a integridade dos reservatórios de abastecimento. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi verificar a existência de correlação entre parâmetros de qualidade da água e variáveis meteorológicas em três represas de abastecimento (Dr. João Penido, Chapéu D'Uvas e São Pedro), localizadas em Juiz de Fora-MG. Foram utilizados dados mensais referentes ao período de 2010 a 2024, totalizando 15 anos de monitoramento. Aplicaram-se análises de correlação de Spearman e análise de componentes principais (ACP). Os resultados indicaram correlações positivas significativas semelhantes entre as três represas, destacando-se a relação da temperatura da água e de *Escherichia coli* com a precipitação e

a temperatura do ar. Nas represas Dr. João Penido e São Pedro observou-se correlação positiva do ferro com precipitação e temperatura do ar. Em Chapéu D'Uvas verificou-se correlação significativa entre precipitação e cianobactérias. A ACP demonstrou que as variáveis meteorológicas contribuíram de forma expressiva nas duas primeiras componentes principais. Os resultados evidenciam que a variabilidade climática influencia diretamente a qualidade da água, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e de estratégias de gestão adaptativa frente às mudanças climáticas.
Palavras-chave: Mudanças Climáticas. Recursos Hídricos. Reservatórios.

Abstract: Climate change and expanding urbanization in water catchment areas are placing increasing pressure on drinking water reservoirs, with potential consequences for water quality and supply security. This study examined the influence of meteorological conditions on water quality in three drinking water reservoirs (Dr. João Penido, Chapéu D'Uvas, and São Pedro) located in Juiz de Fora, Minas Gerais, Brazil. Monthly monitoring records collected from 2010 to 2024 were used to investigate relationships between water quality indicators and climatic variables through Spearman's rank correlation and Principal Component Analysis (PCA). Similar response patterns were identified among the reservoirs, with water temperature and *Escherichia coli* showing significant positive associations with precipitation and air temperature. Iron concentrations were also positively associated with these meteorological variables in the Dr. João Penido and São Pedro reservoirs, whereas precipitation was significantly related to cyanobacterial abundance in the Chapéu D'Uvas reservoir. PCA indicated that meteorological variables made a substantial contribution to the first two principal components, highlighting their influence on reservoir water quality. Overall, the results demonstrate the importance of incorporating climatic variability into monitoring and management strategies for drinking water reservoirs in the context of climate change.
Keywords: Climate Change. Water Resources. Reservoirs.

Resumen: La intensificación de la ocupación urbana en las áreas cercanas a los manantiales, asociada al cambio climático, incrementa la presión sobre los recursos hídricos y compromete la integridad de los embalses de abastecimiento. En este contexto, el objetivo de este estudio fue verificar la existencia de correlaciones entre parámetros de calidad del agua y variables meteorológicas en tres embalses de abastecimiento (Dr. João Penido, Chapéu D'Uvas y São Pedro), ubicados en Juiz de Fora, MG, Brasil. Se analizaron datos mensuales del período 2010–2024, con un total de 15 años de monitoreo. Se aplicaron análisis de correlación de Spearman y Análisis de Componentes Principales (ACP). Los resultados mostraron correlaciones positivas significativas similares en los tres embalses, destacándose la relación de la temperatura del agua y de *Escherichia coli* con la precipitación y la temperatura del aire. En los embalses Dr. João Penido y São Pedro se observó una correlación positiva del hierro con la precipitación y la temperatura del aire. En Chapéu D'Uvas se identificó correlación significativa entre la precipitación y las cianobacterias. El ACP indicó que las variables meteorológicas contribuyeron de forma significativa a los dos primeros componentes principales. Los resultados evidencian que la variabilidad climática influye directamente en la calidad del agua, reforzando la necesidad de monitoreo continuo y de estrategias de gestión adaptativa frente al cambio climático.
Palabras clave: Cambio Climático. Calidad del Agua. Embalses

Submetido em: 06/04/2026
Aceito para publicação em: 25/08/2026
Publicado em: 15/11/2026

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso fundamental para a sobrevivência humana e dos ecossistemas, além de ter papel estratégico no desenvolvimento socioeconômico (De Carvalho et al., 2020). Sistemas de abastecimento de água compreendem o conjunto integrado de estruturas, equipamentos e atividades voltados à captação, tratamento, reservação e distribuição de água potável (Salvino, 2018). Esses sistemas desempenham função essencial sob aspectos econômicos, sociais e sanitários, ao contribuírem para a melhoria das condições de saúde e bem-estar da população, redução da incidência de doenças de veiculação hídrica, diminuição dos gastos públicos com medicamentos e hospitais e aumento da produtividade da população (Leite, 2020).

O monitoramento e a regulação da qualidade da água são fundamentais para assegurar à população acesso a um abastecimento seguro, contínuo e em conformidade com os padrões sanitários vigentes (Alves Júnior, 2024). No Brasil, os parâmetros de qualidade da água destinada ao consumo humano são estabelecidos pela Portaria GM/MS n° 888 de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021). Nesse sentido, monitorar a qualidade da água constitui um instrumento fundamental para a implementação de políticas de planejamento e gestão dos recursos hídricos, atuando como um mecanismo de diagnóstico contínuo que permite avaliar os impactos do uso dos corpos d'água (O'Grady et al., 2021).

A expansão urbana próxima às áreas de mananciais compromete a qualidade da água dos reservatórios, intensificando os impactos da poluição antrópica em relação às mudanças climáticas (Nascimento, 2022). Portanto, o crescimento populacional atrelado a urbanização desordenada, quando associados às mudanças climáticas, tendem a intensificar a pressão sobre os recursos hídricos (He et at., 2021). Atualmente, as mudanças climáticas representam uma ameaça crescente à integridade de reservatórios de água (Yao et al., 2025). Dessa forma, torna-se imprescindível o monitoramento contínuo da água e o desenvolvimento de ferramentas que promovam ações de recuperação, adaptação e prevenção em relação às condições climáticas observadas.

As mudanças climáticas correspondem a modificações detectadas no comportamento médio do clima, identificadas por variações estatisticamente significativas em suas médias ou padrões de variabilidade, que se mantêm por longos períodos, geralmente de décadas ou mais

(IPCC, 2023). De acordo com o Sexto Relatório Síntese (AR6) do IPCC (2023), a temperatura média global aumentará, muito provavelmente, entre 1,4 (± 0,4) °C e 4,4 (± 1,2) °C até 2100, a depender do cenário associado às trajetórias socioeconômicas adotadas. Além disso, esse relatório informa que outras consequências em relação às mudanças climáticas serão o aumento na frequência e intensidade de eventos extremos, derretimento de geleiras, aumento do nível do mar, alterações no ciclo hidrológico, impactos no setor socioeconômico, efeitos na saúde humana e insegurança alimentar.

A variabilidade climática exerce influência sobre a água ao provocar modificações em seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, além de interferir no ciclo hidrológico (Wang et al., 2023). Conforme evidenciado em outros estudos, as variáveis climáticas de temperatura do ar, precipitação e velocidade do vento, influenciam diretamente os parâmetros de qualidade da água, podendo comprometer serviços que demandam água de qualidade (Pompei at al., 2020; Nijhawan; Howard, 2022; Siddique et al., 2024).

O sistema de abastecimento de água de Juiz de Fora é composto por quatro mananciais superficiais: Ribeirão Espírito Santo, represas de Chapéu D'Uvas, Dr. João Penido e São Pedro, os quais vêm sofrendo pressões associadas ao crescimento demográfico e ao aumento de demanda hídrica (Machado, 2012). O município também apresenta tendência de aumento da temperatura e maior frequência de dias quentes (Ferreira et al., 2023). Assim, este trabalho buscou verificar se há correlação entre parâmetros de qualidade da água e variáveis meteorológicas nas três represas utilizadas para o abastecimento de água na cidade de Juiz de Fora.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Juiz de Fora, localizado na Zona da Mata Mineira, possui 540.756 habitantes e é o quarto município mais populoso de Minas Gerais (IBGE, 2022). De acordo com a classificação de Köppen, seu clima é Tropical de Altitude (Cwa), caracterizado por duas estações bem definidas, uma quente e chuvosa entre outubro e março, responsável por 83,9% das precipitações anuais, e outra fria seca entre abril e setembro, concentrando apenas 16,1% da precipitação anual da cidade (Machado, 2012; Carvalho et al., 2022).

O sistema de abastecimento de água municipal é composto pelo Ribeirão Espírito Santo e pelas represas São Pedro, Dr. João Penido e Chapéu D'Uvas, sendo realizado o acompanhamento da qualidade da água pela Companhia de Saneamento Municipal de Juiz de Fora (CESAMA, 2025a). Neste estudo, optou-se por trabalhar apenas com os mananciais caracterizados como lênticos em Juiz de Fora, ou seja, as represas São Pedro, Dr. João Penido e Chapéu D'Uvas, não considerando o Ribeirão Espírito Santo nas análises. A represa de São Pedro possui área de drenagem em torno de 13 Km² e atende aproximadamente 8% da população (Rocha et al., 2022; Rocha, Lapa; Gomes, 2023; CESAMA, 2025b). A represa Dr. João Penido, localizada na região Norte de Juiz de Fora, apresenta área de contribuição de 59,5 Km² e é responsável por cerca de 50% do abastecimento municipal (Rocha et al., 2023; CESAMA, 2025c). A represa de Chapéu D'Uvas está situada nos municípios de Antônio Carlos, Ewbank da Câmara e Santos Dumont, possui bacia de contribuição de 312,89 Km² e é responsável por 40% do abastecimento de água para a cidade (Carvalho, 2020; CESAMA, 2025d).

2.2 Análise Estatística

Para avaliar possíveis correlações entre os parâmetros de qualidade da água e as variáveis meteorológicas em reservatórios de abastecimento de água no município de Juiz de Fora, foram realizadas análises estatísticas para um período de 15 anos, entre 2010 e 2024.

Os dados mensais de oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, cor verdadeira, turbidez, ferro, manganês, alcalinidade parcial, alcalinidade total, cloretos, dureza, oxigênio consumido, condutividade, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, sólidos dissolvidos totais, nitrito, nitrato, sulfato, coliformes totais, *Escherichia coli* (*E. coli*), cianobactérias, microcistina, saxitoxinas e cilindrospermopsinas das três represas de abastecimento de água foram fornecidos pela CESAMA, destacando que a medição da temperatura da água iniciou-se apenas em 2019.

Os dados mensais de temperatura do ar, pressão e vento foram obtidos por meio da estação automática de Juiz de Fora (código A518), fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2025). Para a precipitação foram utilizados pluviômetros localizados o mais próximo possível de cada reservatório. Assim, os dados para a represa de Chapéu D'Uvas

foram obtidos através da estação pluviométrica de código 2143020 da Agência Nacional de Águas (ANA, 2025), os dados do reservatório de São Pedro pela estação A518 (INMET, 2025) e os dados para a represa Dr. João Penido pela estação pluviométrica de código 313670224A do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN, 2025). Contudo, essa estação do Cemaden disponibiliza dados apenas a partir de agosto de 2014. Dessa forma, para o período de novembro de 2013 a julho de 2014 obteve-se dados da estação 313670210A do Cemaden, a segunda estação mais próxima da represa Dr. João Penido. Com isso, para as análises de precipitação dessa represa foi considerado como início o período de novembro de 2013.

Para o tratamento dos dados e seleção dos parâmetros de qualidade da água avaliados neste estudo foram verificadas as porcentagens de dados válidos, faltantes e censurados. Foram selecionados apenas os parâmetros que obtiveram no mínimo 50% de dados válidos e no máximo 40% dos dados censurados durante o período do estudo (Trindade, 2013; Sabino; Lage; Almeida, 2014). Valores censurados dos parâmetros foram substituídos pela metade do valor do limite de detecção e pelo próprio valor para limites máximos (Trindade, 2013; Oliveira et al., 2014; Sabino; Lage; Almeida, 2014).

O teste de Shapiro-Wilk, a correlação de Spearman e a análise de componentes principais (ACP) foram realizadas no software R. Para verificar se os dados seguem distribuição normal foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-Wilk, com nível de significância de 5% (Trindade, 2013; Oliveira et al. 2014; De Araújo, 2018). Devido a distribuição não normal das variáveis, o teste de correlação de Spearman foi utilizado para verificar o grau de associação entre os parâmetros de qualidade da água e as variáveis meteorológicas (Abreu; Cunha, 2016; Trindade, 2016; De Araújo, 2018). Correlações com valores de *p* inferiores a 0,05 foram consideradas estatisticamente significativas, indicando a existência de tendência de aumento ou diminuição do parâmetro analisado ao longo do período de estudo (Trindade, 2016). Na interpretação dos coeficientes de correlação, adotou-se a seguinte classificação: valores abaixo de 0,2 (muito fraca); entre 0,2 e 0,39 (fraca); entre 0,4 e 0,69 (moderada); entre 0,7 e 0,89 (forte); e acima de 0,9 (muito forte), podendo ser valores positivos ou negativos (Schober; Boer; Schwarte, 2018; Silva et al., 2023).

A ACP foi empregada para reduzir a dimensionalidade desse conjunto complexo de dados e identificar padrões, correlações e variáveis mais representativas (Maia; Silva; Libânio,

2019). Esse método transforma o conjunto original de dados em um novo sistema de eixos ortogonais mais adequado à avaliação estatística, fazendo com que a primeira componente principal (CP) capture a maior parcela possível da variabilidade total, e assim sucessivamente nas demais CPs, tornando possível avaliar a contribuição individual de cada variável (Greenacre at al., 2022). Foram consideradas variáveis significativas em cada CP apenas aquelas que tiveram valores iguais ou superiores a 0,5 ou iguais ou inferiores a – 0,5 (Cubilla-Montilla; Carrasco; Castillo, 2025).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos critérios adotados para a seleção dos parâmetros de qualidade da água, quinze foram considerados neste estudo: cianobactérias, condutividade, cor verdadeira, DBO, dureza, *E. coli*, ferro, fósforo total, manganês, nitrogênio total, oxigênio consumido, OD, pH, temperatura da água e turbidez. Vale ressaltar que, a temperatura da água não obteve a porcentagem mínima de dados válidos no período, porém por se tratar de um parâmetro de elevada contribuição para o funcionamento do ecossistema aquático (Bonacina et al., 2023), foi mantida nas análises.

A análise descritiva dos parâmetros físico-químicos e biológicos revelou diferenças na qualidade da água entre as represas Dr. João Penido, Chapéu D'Uvas e São Pedro (tabela 1). Embora algumas variáveis tenham apresentado comportamento semelhante entre os mananciais, os valores de mediana evidenciaram padrões limnológicos distintos, refletindo em condições ambientais e pressões antrópicas específicas de cada represa. A concentração mediana de ferro e manganês foi maior em Dr. João Penido e São Pedro, por conta de seus solos conterem altos teores desses metais (Bucci et al., 2015; Rocha et al., 2022). A cor verdadeira e a turbidez apresentaram valores mais elevados em São Pedro e Dr. João Penido, demostrando que ocorre maior concentração de sólidos em suspensão e dissolvidos nessas represas. A represa de São Pedro possui concentração mediana de *E. coli* superior às outras represas, indicando ser a que possui maior pressão antrópica. O valor elevado da mediana de cianobactérias na represa de Chapéu D'Uvas é um problema histórico do local (Rocha, 2023).

Tabela 1 – Medianas dos parâmetros de qualidade da água das represas.

Parâmetros	Dr. João Penido	Chapéu D'Uvas	São Pedro
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	5,70	6,28	5,77
Temperatura da Água (°C)	23,30	23,68	23,23
pH	7,13	7,33	7,13
Cor Verdadeira (UC)	40,00	6,09	40,00
Turbidez (NTU)	5,38	2,30	8,26
Ferro (mg/L)	0,79	0,08	0,82
Manganês (mg/L)	0,15	0,04	0,20
Dureza (mg/L)	8,60	7,50	13,07
Oxigênio Consumido (mg/L)	3,71	1,06	3,21
Condutividade (µS/cm)	24,21	23,79	35,00
DBO (mg/L)	6,00	6,00	6,00
Fósforo Total (mg/L)	0,04	0,04	0,04
Nitrogênio Total (mg/L)	0,60	0,30	0,60
Escherichia Coli (NMP/100 mL)	8	3	29
Cianobactérias (células/mL)	2596	14748	2712

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

3.1. Correlação entre condições meteorológicas e qualidade da água

As tabelas 2, 3 e 4 apresentam as correlações de Spearman entre as variáveis meteorológicas e os parâmetros de qualidade da água para as represas Dr. João Penido, Chapéu D'Uvas e São Pedro, respectivamente. Observa-se para a represa Dr. João Penido, na tabela 2, uma correlação positiva fraca significativa entre precipitação e ferro, resultado consistente com o observado por Oliveira e Cunha (2014). Essa relação é coerente com a composição do solo na bacia de contribuição, caracterizada por elevados teores de ferro (Bucci et al., 2015). O escoamento superficial decorrente das chuvas promove o transporte de partículas ricas em ferro para o reservatório e intensifica sua inserção na coluna d'água. O ferro também apresentou correlação positiva moderada significativa com a temperatura do ar, padrão igualmente reportado por Bucci et al. (2015) utilizando a correlação de Pearson para essa represa. Considerando que o ferro está amplamente presente nos solos da região,

o aumento da temperatura favorece a solubilização do mesmo. Embora o ferro não seja considerado um metal tóxico, a sua presença interfere na qualidade da água para consumo humano, conferindo coloração e sabor à água, o que pode gerar rejeição pelos consumidores e demandar etapas adicionais de tratamento, elevando os custos operacionais (Rocha, 2023).

Foi verificada forte correlação positiva significativa entre a temperatura do ar e a temperatura da água, resultado esperado, visto que a temperatura do ar, a radiação e o nível de água são as principais variáveis que controlam a temperatura superficial em reservatórios de abastecimento (Tavera-Quiroz et al., 2023). Bucci et al. (2015) identificaram a mesma relação utilizando a correlação de Pearson para essa represa. O aumento da temperatura altera parâmetros físico-químicos e a atividade microbiológica; como exemplo, o consumo de oxigênio dissolvido, que pode gerar condições anóxicas e favorecer a solubilização de ferro e manganês (Wetzel, 2001; Felbauer et al., 2020; Zhong et al., 2021). Ademais, foi identificada moderada correlação significativa positiva entre precipitação e temperatura da água, assim como nos estudos de Abreu e Cunha (2016) e Malheiros et al. (2012). Devido ao regime climático da região, o período chuvoso coincide com o período de temperaturas mais elevadas, resultando em correlações positivas com parâmetros dependentes das condições térmicas, como a temperatura da água.

Foi evidenciada correlação positiva moderada significativa entre precipitação e *E. coli*, assim como encontrado por Oliveira e Cunha (2014), Abreu e Cunha (2016) e Iqbal, Ahmad e Hofstra (2017). Em períodos chuvosos o aumento da concentração de *E. coli* pode ser atribuída ao escoamento superficial proveniente de fezes de animais ou despejo de efluentes domésticos, indicando a presença de contaminação fecal no local (Ahmed et al., 2019; Wen et al., 2020). O mapa de uso e cobertura do solo da bacia de contribuição da represa Dr. João Penido para o ano de 2022 revela que 75% da área é de pastagem (Langoni et al., 2024), o que favorece a entrada de fezes de animais na represa durante eventos de chuva. O aumento de *E. coli* implica no aumento da carga microbiológica na água, ampliando o risco da presença de microrganismos patogênicos, exigindo uma gestão preventiva de riscos e, a depender dos resultados, um tratamento mais complexo, o que eleva o custo operacional (String et al., 2021). A temperatura do ar também apresentou correlação positiva moderada significativa com *E. coli* em consonância com os estudos de Iqbal, Ahmad e Hofstra (2017) e Gołaś e Gotkowska-Plachta (2024).

Tabela 2 – Correlação por Spearman das variáveis para a represa Dr. João Penido, onde os valores em negrito indicam correlações significativas.

Parâmetros	Precipitação	Pressão	Temperatura	Velocidade do Vento
Oxigênio Dissolvido	-0,12	0,10	-0,10	0,05
Temperatura da Água	**0,67**	**-0,76**	**0,78**	-0,23
pH	-0,06	0,06	**-0,19**	**0,19**
Cor Verdadeira	0,01	**-0,18**	**0,22**	**-0,17**
Turbidez	0,14	**-0,23**	**0,30**	0,06
Ferro	**0,30**	**-0,38**	**0,51**	**-0,30**
Manganês	**0,25**	-0,09	**0,20**	-0,11
Dureza	-0,03	-0,05	**0,21**	**-0,29**
Oxigênio Consumido	**0,38**	**-0,25**	**0,31**	-0,16
Condutividade	-0,01	-0,03	**0,17**	**-0,34**
DBO	0,05	**-0,25**	0,11	0,04
Fósforo Total	-0,09	-0,10	0,03	**0,22**
Nitrogênio Total	0,05	-0,06	-0,02	0,10
Escherichia Coli	**0,55**	**-0,47**	**0,48**	-0,19
Cianobactérias	-0,06	-0,05	-0,13	0,05

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A represa de Chapéu D'Uvas (tabela 3), assim como a represa Dr. João Penido, apresentou correlação positiva significativa dos parâmetros de temperatura da água e *E. coli* com precipitação e temperatura do ar. Porém, o resultado de maior destaque para essa represa foi a correlação positiva fraca significativa entre cianobactérias e precipitação. As cianobactérias são microrganismos procarióticos autotróficos que se desenvolvem em ambientes com elevadas concentrações de nutrientes, podendo produzir toxinas e ocasionar alterações de sabor e odor na água (Huisman et al., 2018). A represa de Chapéu D'Uvas apresenta histórico de presença de cianobactérias associado ao lançamento de efluente doméstico e ao escoamento de nutrientes e fezes de animais em períodos chuvosos (Rocha, 2023). A presença de cianobactérias na represa exige tratamento de água avançado, aumentando o seu custo para o consumidor.

Tabela 3 – Correlação por Spearman das variáveis para a represa de Chapéu D'Uvas, onde os valores em negrito indicam correlações significativas.

Parâmetros	Precipitação	Pressão	Temperatura	Velocidade do Vento
Oxigênio Dissolvido	**0,19**	-0,02	0,08	0,06
Temperatura da Água	**0,63**	**-0,70**	**0,80**	**-0,30**
pH	**0,26**	**-0,24**	**0,26**	0,06
Cor Verdadeira	0,08	-0,13	0,01	-0,06
Turbidez	**0,20**	**-0,35**	**0,28**	0,13
Ferro	-0,16	**0,22**	**-0,17**	-0,17
Manganês	-0,04	0,09	0,05	-0,05
Dureza	0,03	0,09	-0,07	-0,09
Oxigênio Consumido	-0,08	0,03	0,01	0,03
Condutividade	-0,14	**0,25**	-0,10	**-0,25**
DBO	0,16	**-0,23**	0,08	0,01
Fósforo Total	0,05	-0,11	-0,02	**0,23**
Nitrogênio Total	-0,09	0,13	-0,14	-0,01
Escherichia Coli	**0,32**	**-0,34**	**0,30**	-0,01
Cianobactérias	**0,33**	**-0,27**	0,14	**0,21**

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Observa-se através da tabela 4 que a represa São Pedro apresentou mais parâmetros de qualidade da água correlacionados com as variáveis meteorológicas. A explicação para esse resultado pode ser pelo fato de a represa São Pedro ter o menor tamanho e ser a mais urbanizada em relação às demais represas, além de possuir 73% de pastagem em sua área de bacia de contribuição (Rocha et al., 2018; Cesama, 2025a).

A represa São Pedro, assim como a represa Dr. João Penido, apresentou correlação positiva significativa dos parâmetros de ferro, temperatura da água e *E. coli* com precipitação e temperatura do ar. Contudo, destaca-se a correlação positiva fraca significativa entre condutividade elétrica e precipitação, a qual também foi observada por Malheiros et al. (2012), enquanto os estudos de Mohamed e Hirayama (2017), Oliveira e Cunha (2014) e Long et al. (2025) apresentaram comportamento diferente. A condutividade elétrica expressa a concentração de íons dissolvidos na água, e é fortemente influenciada pela precipitação

(Sadeghi et al., 2021). Em corpos hídricos inseridos em áreas agrícolas ou urbanas, o escoamento superficial promove o transporte de íons (sais/solutos) para corpos d'água, elevando a condutividade, enquanto em outros sistemas o incremento do volume hídrico decorrente da chuva pode gerar diluição e redução desse parâmetro (Olson, 2018). Considerando que a represa São Pedro está localizada em área urbanizada e circundada por extensas zonas de pastagem, o aumento da condutividade poderia ocorrer. Além disso, valores elevados de condutividade elétrica podem indicar aporte de efluentes, demandando tratamento mais complexos para a adequação da água e, consequentemente, elevando seu custo operacional (Fernández-Medrano et al., 2022).

Tabela 4 – Correlação por Spearman das variáveis para a represa São Pedro, onde os valores em negrito indicam correlações significativas.

Parâmetros	Precipitação	Pressão	Temperatura	Velocidade do Vento
Oxigênio Dissolvido	**-0,23**	**0,23**	-0,17	0,01
Temperatura da Água	**0,58**	**-0,69**	**0,73**	**-0,27**
pH	-0,13	0,08	**-0,17**	0,04
Cor Verdadeira	**0,34**	**-0,37**	**0,27**	0,03
Turbidez	**0,28**	**-0,29**	0,14	**0,37**
Ferro	**0,55**	**-0,58**	**0,57**	-0,01
Manganês	0,14	-0,1	0,15	0,09
Dureza	**0,45**	**-0,38**	**0,46**	-0,07
Oxigênio Consumido	**0,27**	**-0,29**	**0,19**	**0,20**
Condutividade	**0,38**	**-0,37**	**0,43**	-0,10
DBO	0,07	-0,16	0,01	0,13
Fósforo Total	0,05	-0,07	-0,05	0,16
Nitrogênio Total	-0,01	-0,07	-0,06	-0,11
Escherichia Coli	**0,42**	**-0,36**	**0,28**	-0,07
Cianobactérias	0,09	-0,12	-0,07	0,06

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Nas três represas observaram-se correlações significativas entre as variáveis meteorológicas e parâmetros de qualidade da água: a precipitação correlacionou-se com 12 dos 15 parâmetros de qualidade da água; a temperatura do ar, com 10 parâmetros; a pressão,

com 12 parâmetros; e a velocidade do vento, com 9 parâmetros, evidenciando a influência do clima sobre a qualidade da água. Os resultados encontrados para as correlações, positivas ou negativas, trazem preocupação para a gestão dos reservatórios, especialmente em períodos quentes e chuvosos, visto que o aumento na concentração dos parâmetros de ferro, *E. coli* e cianobactérias podem comprometer a qualidade da água e modificar o tipo de tratamento necessário para assegurar sua adequação ao consumo humano.

Nos parâmetros em que houve correlações positivas com a precipitação, ocorreram correlações negativas com a pressão e vice-versa. Esse padrão era esperado, visto que em centros de alta pressão prevalecem condições estáveis e menos chances de chuvas, enquanto sistemas de baixa pressão são associados a períodos de instabilidade e geração de precipitação (Muniz et al., 2023).

3.2. Análise de componentes principais

A tabela 5 contém os resultados da ACP da represa Dr. João Penido, os quais revelam que as duas primeiras componentes principais (CP) conseguem explicar 50,08% dessa variância. A primeira CP da represa Dr. João Penido representou um ambiente fortemente associado às condições redox e aos processos internos do reservatório. O aumento da temperatura da água promove maior consumo de oxigênio dissolvido (OD) (Zhong et al., 2021). Portanto, em temperaturas elevadas a carga positiva de OD (0,437) associado às cargas negativas fortes de temperatura do ar (-0,700) e de temperatura da água (-0,635) indica uma relação inversa entre temperatura e oxigenação da água.

Esse padrão sugere que o aumento da temperatura pode favorecer a redução do oxigênio dissolvido, possivelmente contribuindo para condições de menor oxigenação no reservatório. Esse cenário favorece a solubilização e a diluição de ferro e manganês na coluna de água, e consequentemente o aumento da concentração desses metais (Wetzel, 2001). Essa situação é verificada na represa por conta das altas cargas negativas de ferro (-0,910) e manganês (-0,750). Em contrapartida, períodos de baixas temperaturas facilitam a saturação do oxigênio e a oxidação de ferro e manganês, os quais, em estado oxidado, tornam-se insolúveis e precipitam, reduzindo suas concentrações. Portanto, a primeira CP descreve dois

ambientes na represa, um com menores concentrações de OD e outro oxigenado, que irão depender principalmente da temperatura.

Tabela 5 – Análise de componentes principais (CP) para a represa Dr. João Penido, onde os valores em negrito indicam variáveis significativas.

Parâmetros	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Oxigênio Dissolvido	0,437	0,482	-0,495	-0,117	0,067
Temperatura da Água	**-0,635**	**0,664**	-0,056	-0,256	0,098
pH	0,391	0,476	**-0,633**	-0,223	0,335
Cor Verdadeira	**0,507**	0,266	**0,695**	-0,178	0,173
Turbidez	**-0,534**	-0,075	**0,662**	0,202	0,381
Ferro	**-0,910**	0,023	0,239	0,197	-0,014
Manganês	**-0,750**	-0,497	-0,039	0,337	0,011
Dureza	**-0,581**	0,082	**-0,504**	-0,186	**0,554**
Oxigênio Consumido	**-0,519**	-0,046	**-0,655**	0,238	-0,120
Condutividade	**-0,619**	0,030	-0,172	-0,108	-0,172
Fósforo Total	0,118	-0,264	0,315	**-0,827**	-0,264
Nitrogênio Total	-0,029	**0,774**	0,074	0,139	**-0,524**
Escherichia Coli	0,223	0,474	0,053	**0,667**	-0,112
Cianobactérias	0,122	-0,371	-0,365	-0,001	**-0,632**
Pressão	**0,607**	**-0,591**	-0,097	0,293	0,250
Temperatura do Ar	**-0,700**	**0,507**	0,039	-0,304	-0,038
Velocidade do Vento	**0,626**	**0,622**	0,007	0,228	0,144
Precipitação	-0,167	**0,855**	0,255	0,153	-0,096
Variância	0,279	0,222	0,148	0,103	0,084
Variância Acumulada	27,93%	50,08%	64,85%	75,17%	83,52%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A segunda CP da represa Dr. João Penido está associada a um ambiente com condições quentes e úmidas, caracterizado por elevada precipitação, velocidade do vento e temperaturas da água e do ar. As altas cargas positivas de precipitação (0,855), nitrogênio total (0,774) e *E. coli* (0,474) indicam aporte externo intensificado pelo escoamento superficial

durante eventos de chuva (Ahmed et al., 2019; Osman et al., 2019). Langoni et al. (2024) fizeram o levantamento do uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa Dr. João Penido para o ano de 2022, o qual apontou para 75% de pastagem presente na área. Portanto, em períodos de chuva os nutrientes residuais utilizados nas áreas de pastagens tornam-se fontes de carga orgânica para a represa, podendo levar ao processo de eutrofização do corpo hídrico. Velocidade do vento (0,622) e oxigênio dissolvido (0,482) com cargas positivas representam um cenário de maior mistura superficial e reoxigenação do corpo hídrico (Ribaudo et al., 2021; Ladwig et al., 2021).

Os valores obtidos pela análise de CP para a represa Chapéu d'Uvas (tabela 6) mostram que as duas primeiras CP são responsáveis por 49,86% da variância total. A primeira CP da represa de Chapéu D'Uvas descreve um regime limnológico dominado pela ação da chuva. A carga negativa elevada de precipitação (-0,916) associada às cargas negativas de ferro (-0,682), fósforo total (-0,651) e *E. coli* (-0,714) sugere que esses parâmetros aumentam sua concentração na represa durante períodos de chuva por meio do escoamento superficial (Oliveira; Cunha, 2014; Wang et al., 2025). As altas cargas de fósforo total e *E. coli* relacionadas com o aumento da urbanização e à porcentagem de pastagem/silvicultura (67%) no uso e cobertura da terra na bacia de contribuição da represa, indicam que pode haver contaminação difusa por meio de escoamento superficial e despejo de efluentes domésticos na represa (Rocha et al., 2023).

Além disso, as cargas negativas elevadas de fósforo total (-0,651), temperatura do ar (-0,755) e da água (-0,785) e cianobactérias (-0,613) sugerem que altas temperaturas atreladas a entrada de fósforo na represa favorece a floração de cianobactérias nesse ambiente, as quais em muitos casos podem produzir cianotoxicinas, acarretando riscos à saúde humana (Chorus; Fastner; Welker, 2021). Rocha et al. (2023) afirmam que a represa de Chapéu D'Uvas tem histórico de cianobactérias, mas que houve diminuição com o amadurecimento do reservatório. Porém, com a ocupação das margens da represa e o consequente despejo de esgoto esse problema pode retornar, exigindo tratamento de água.

Tabela 6 – Análise de componentes principais (CP) para represa Chapéu D'Uvas, onde os valores em negrito indicam variáveis significativas.

Parâmetros	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Oxigênio Dissolvido	-0,138	**0,690**	0,355	-0,358	-0,391
Temperatura da Água	**-0,785**	**-0,518**	0,123	-0,198	-0,073
pH	-0,249	0,159	**0,831**	0,014	-0,279
Cor Verdadeira	-0,144	0,436	-0,037	0,298	**0,765**
Turbidez	-0,208	**0,533**	-0,174	**0,537**	-0,152
Ferro	**-0,682**	0,042	-0,442	0,425	-0,041
Manganês	-0,036	**-0,544**	**0,543**	0,120	0,189
Dureza	-0,410	-0,217	**0,676**	0,243	0,126
Oxigênio Consumido	-0,020	-0,313	**0,501**	0,397	0,143
Condutividade	-0,143	**-0,607**	-0,171	**0,573**	-0,344
Fósforo Total	**-0,651**	0,276	-0,472	0,374	-0,180
Nitrogênio Total	0,402	-0,096	0,238	**0,790**	-0,140
Escherichia Coli	**-0,714**	-0,342	-0,367	-0,187	-0,077
Cianobactérias	**-0,613**	**0,649**	0,257	0,058	0,151
Pressão	**0,886**	0,299	0,052	0,134	-0,187
Temperatura do Ar	**-0,755**	**-0,546**	0,120	-0,152	-0,133
Velocidade do Vento	-0,422	**0,755**	0,268	0,088	-0,219
Precipitação	**-0,916**	0,281	0,063	-0,076	0,183
Variância	29,22%	20,64%	14,79%	11,90%	6,95%
Variância Acumulada	29,22%	49,86%	64,65%	76,55%	83,50%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A segunda CP de Chapéu D'Uvas representa uma dinâmica meteorológica de controle da qualidade da água do reservatório por meio de estados opostos, no qual um é caracterizado pela intensa mistura e reaeração e outro por acúmulo de substâncias dissolvidas. As cargas positivas elevadas da velocidade do vento (0,755) e de OD (0,690) indicam que na camada superficial da represa são promovidas condições de mistura e oxigenação (Ribaudo et al., 2021; Ladwig et al., 2021). A ação do vento promove a ressuspensão de partículas e sedimentos, podendo elevar a turbidez da água (Yao et al., 2022). Além disso, as cargas

positivas elevadas de velocidade do vento (0,755) e cianobactérias (0,649) apontam para a ocorrência do transporte superficial de cianobactérias devido a ação do vento (Wang et al., 2016). As cargas negativas de manganês (-0,544) e das temperaturas do ar (-0,546) e da água (-0,518) em contraste com a carga positiva de OD (0,690), indicam um ambiente caracterizado por baixa disponibilidade de oxigênio e maior solubilidade de manganês (Wetzel, 2001; Röpke et al., 2016).

A análise de CP realizada para a represa São Pedro (tabela 7) evidencia que as duas primeiras componentes principais são responsáveis por 51,35% da variância total. A primeira CP da represa São Pedro descreve um ambiente dominado pela chuva. Assim, a alta carga negativa de precipitação (-0,804) associada às cargas negativas de ferro (-0,630), condutividade elétrica (-0,769), turbidez (-0,595) e DBO (-0,625) indicam que, em episódios de chuva, sedimentos, metais, matéria orgânica e íons são carreados para a represa por meio do escoamento superficial, aumentando a concentração desses parâmetros (Oliveira; Cunha, 2014; Momou et al., 2017; Olson, 2018; Oliveira Júnior, 2020). Além disso, a elevação da temperatura do ar aumenta a temperatura da água, a qual acelera a atividade microbiana, levando ao aumento do consumo da matéria orgânica, diminuindo assim o OD (Matos et al., 2014; Szewczyk; Smith; Benitez-Nelson, 2023).

A segunda CP de São Pedro também está relacionada com as variáveis climáticas, criando dois sistemas distintos para a qualidade da água. Por conta de suas cargas negativas, a precipitação (-0,543) associada a velocidade do vento (-0,475) promove escoamento superficial e mistura da coluna d'água, favorecendo a mobilização de metais e sedimentos para a represa, isso explica a carga negativa para os parâmetros de ferro (-0,651), manganês (-0,532) e turbidez (-0,589) (Michalopoulou et al., 2024; Yao et al., 2022). As cargas positivas de temperatura do ar (0,456), nitrogênio total (0,556) e condutividade elétrica (0,345) indicam que em condições mais estáveis, com temperaturas mais elevadas e menor diluição ocorre acúmulo de íons e nutrientes dissolvidos na represa (Lin et al., 2023).

As variáveis meteorológicas exibiram contribuições significativas na primeira e segunda CP, evidenciando que os mecanismos atmosféricos exercem papel decisivo na dinâmica funcional das represas. Essa mesma relação foi verificada no estudo de Pimentel, da Rocha e Loitzenbauer (2023) e mostra que as condições atmosféricas exercem influência significativa na dinâmica dos corpos hídricos e na qualidade da água, interagindo com os

processos físico-químicos e hidrológicos dos sistemas estudados. Portanto, os resultados corroboram com hipóteses levantadas em estudos anteriores sobre os efeitos das mudanças climáticas na dinâmica limnológica de reservatórios de água (Li et al., 2022; Mi, 2025).

Tabela 7 – Análise de componentes principais (CP) para a represa São Pedro, onde os valores em negrito indicam variáveis significativas.

Parâmetros	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Oxigênio Dissolvido	-0,420	-0,021	**0,823**	0,051	-0,354
Temperatura da Água	**-0,740**	-0,035	-0,163	0,390	0,377
pH	-0,069	-0,449	**0,607**	0,019	0,466
Cor Verdadeira	-0,099	0,155	-0,378	**0,508**	**-0,689**
Turbidez	**-0,595**	**-0,589**	-0,406	-0,038	-0,355
Ferro	**-0,630**	**-0,651**	0,062	-0,096	0,336
Manganês	0,480	**-0,532**	0,406	0,457	-0,040
Dureza	**-0,733**	0,123	0,485	-0,284	-0,138
Oxigênio Consumido	**-0,744**	0,152	-0,049	**0,555**	-0,234
Condutividade	**-0,769**	0,345	0,144	-0,273	0,076
DBO	**-0,625**	0,069	-0,035	**0,633**	0,370
Fósforo Total	0,292	-0,308	**-0,828**	-0,090	0,254
Nitrogênio Total	-0,361	**0,556**	-0,320	0,391	0,379
Escherichia Coli	-0,444	-0,442	-0,385	**-0,642**	-0,132
Cianobactérias	0,295	**-0,642**	-0,004	0,226	0,070
Pressão	**0,880**	-0,061	0,168	0,261	-0,171
Temperatura do Ar	**-0,801**	0,456	-0,020	-0,259	-0,098
Velocidade do Vento	-0,467	-0,475	-0,057	0,180	-0,469
Precipitação	**-0,804**	**-0,543**	-0,006	0,109	0,042
Variância	34,58%	16,77%	14,61%	12,11%	10,04%
Variância Acumulada	34,58%	51,35%	65,96%	78,07%	88,11%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Esses resultados fornecem subsídios aos gestores dos mananciais, evidenciando que eventos de precipitação favorecem o aporte de nutrientes, metais, sedimentos e

microrganismos por meio do escoamento superficial, enquanto temperaturas mais elevadas aumentam a probabilidade da ocorrência de florações de cianobactérias. O aumento na concentração desses parâmetros interfere na qualidade e no tratamento da água destinada à população, evidenciando a importância da incorporação das variáveis climáticas ao planejamento e à gestão das represas de abastecimento, especialmente diante dos cenários futuros das mudanças climáticas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho evidenciou a influência das variáveis meteorológicas sobre diversos parâmetros de qualidade da água em três mananciais de abastecimento de água de Juiz de Fora.

A correlação de Spearman destacou associações relevantes entre precipitação e ferro nas represas de São Pedro e Dr. João Penido, indicando que a chuva pode promover carreamento de ferro para estas represas por meio do escoamento superficial. A forte correlação entre temperatura do ar e temperatura da água nas três represas pode favorecer condições de baixa oxigenação e solubilização de metais (ferro e manganês). A correlação positiva entre precipitação e *E. coli* nos três reservatórios, indica que eventos de chuva intensificam a entrada de contaminação fecal via escoamento superficial. A correlação entre precipitação e cianobactérias na represa de Chapéu D'Uvas, aponta para o carreamento de nutrientes durante as chuvas, possivelmente associado a despejos de efluentes domésticos.

A análise de componentes principais revelou que as variáveis meteorológicas explicam uma parcela significativa da variância dos parâmetros de qualidade da água nas três represas de estudo. As variáveis meteorológicas estão presentes de forma significativa nas duas primeiras componentes principais em todas as represas, indicando que os processos climáticos, em especial precipitação e temperatura do ar, têm papel central na definição dos estados ecológicos internos dos reservatórios.

Dessa forma, este trabalho reforça a necessidade de políticas públicas levarem em consideração os efeitos das mudanças climáticas nos sistemas de abastecimento de água. Considerando as projeções de aumento de temperatura e mudanças nos regimes de chuva

para a região, conforme apontado por modelagens climáticas regionais, torna-se urgente planejar estratégias de adaptação.

Entre as medidas recomendadas, destacam-se o monitoramento contínuo e integrado das variáveis de qualidade da água que foram identificadas nesse estudo, com atenção especial a parâmetros sensíveis, como *E. coli*, ferro, manganês e cianobactérias, especialmente em períodos de transição climática (chuvas intensas ou ondas de calor); a gestão de preservação dos reservatórios, com práticas que favoreçam a reoxigenação e reduzam o escoamento superficial, e consequentemente o carreamento de sólidos e nutrientes; e a gestão de prevenção de riscos, com estratégias de ajustes no tratamento da água em casos de previsão de chuvas intensas ou ondas de calor.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de produtividade em pesquisa (303915/2025-0).

REFERÊNCIAS

ABREU, Carlos Henrique Medeiros de; CUNHA, Alan Cavalcanti. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 45-56, 2016.

AHMED, Warish et al. A review on microbial contaminants in stormwater runoff and outfalls: Potential health risks and mitigation strategies. **Science of the Total Environment**, v. 692, p. 1304-1321, 2019.

ALVES JÚNIOR, Josafá Almeida. **Análise e diagnóstico do sistema de abastecimento de água de municípios do Rio Grande do Norte**. 2024. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

ANA – (Agência Nacional de Águas). **Hidroweb**: Séries Históricas de Estações. 2025. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 07 jul. 2025.

BONACINA, Luca et al. Effects of water temperature on freshwater macroinvertebrates: a systematic review. **Biological Reviews**, v. 98, n. 1, p. 191-221, 2023.

BRASIL. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de Maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS no 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos

de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 05 jul. 2025.

BUCCI, Maria Magaly Heidenreich Silva et al. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 804-824, 2015.

CARVALHO, Anne Caroline Barbosa de. **Estimativa dos componentes do balanço de energia em diferentes usos da terra na Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas**. 2020. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada à Conservação e Manejo de Recursos Naturais) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020.

CARVALHO, Pamela Martins et al. Comparação da temperatura do ar noturna entre centro e periferia: uma contribuição aos estudos sobre clima urbano em Juiz de Fora-MG. **Revista de Geografia-PPGEO-UFJF**, v. 12, n. 2, p. 18-40, 2022.

CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais). **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden**. 2025. Disponível em: https://mapainterativo.cemaden.gov.br/#. Acesso em: 10 jul. 2025.

CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal). **Qualidade da Água**. 2025a. Disponível em: https://www.cesama.com.br/a-cesama/qualidade-da-agua-2-1. Acesso em: 04 ago. 2025.

CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal). **Represa São Pedro**. 2025b. Disponível em: https://www.cesama.com.br/mananciais/represa-de-sao-pedro-2. Acesso em: 04 ago. 2025.

CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal). **Represa Doutor João Penido**. 2025c. Disponível em: https://www.cesama.com.br/mananciais/represa-dr-joao-penido-2. Acesso em: 04 ago. 2025.

CESAMA (Companhia de Saneamento Municipal). **Barragem Chapéu d'Uvas**. 2025d. Disponível em: https://www.cesama.com.br/mananciais/barragem-de-chapeu-d-uvas-2. Acesso em: 04 ago. 2025.

CHORUS, Ingrid; FASTNER, Jutta; WELKER, Martin. Cyanobacteria and cyanotoxins in a changing environment: Concepts, controversies, challenges. **Water**, v. 13, n. 18, p. 2463, 2021.

CUBILLA-MONTILLA, Mitzi; CARRASCO, Gonzalo; CASTILLO, Marisela. Assessment of Water Quality in the Panama Canal Watershed Using Multivariate Analysis of Physicochemical and Biological Parameters. **Water**, v. 17, n. 7, p. 979, 2025.

DE CARVALHO, Leonaria Luna Silva et al. Variabilidade espaço-temporal da qualidade da água subterrânea em uma área irrigada na região semiárida brasileira. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e644985786, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5786. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/5786. Acesso em: 20 jun. 2025.

FELDBAUER, Johannes et al. Managing climate change in drinking water reservoirs: potentials and limitations of dynamic withdrawal strategies. **Environmental Sciences Europe**, v. 32, n. 1, p. 48, 2020.

FERNÁNDEZ-MEDRANO, Vilma et al. Application of nanofiltration and reverse osmosis membranes for tannery wastewater reuse. **Water**, v. 14, n. 13, p. 2035, 2022.

FERREIRA, Cássia de Castro Martins et al. **Clima de Juiz de Fora: 50 anos de dados meteorológicos**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2023.

GOŁAŚ, Iwona; GOTKOWSKA-PLACHTA, Anna. Fountain Water as a Source of Opportunistic Escherichia coli and Aeromonas hydrophila Strains in Atmospheric Air. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 24, n. 4, p. 230183, 2024.

GREENACRE, Michael et al. Principal component analysis. **Nature Reviews Methods Primers**, v. 2, n. 1, p. 100, 2022.

HE, Chunyang et al. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 4667, 2021.

HUISMAN, Jef et al. Cyanobacterial blooms. **Nature Reviews Microbiology**, v. 16, n. 8, p. 471-483, 2018.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades e Estados: Juiz de Fora**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/juiz-de-fora.html. Acesso em: 04 out. 2025.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). **Banco de Dados Meteorológicos**. 2025. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/#. Acesso em: 11 jun. 2025.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023**. Geneva, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/. Acesso em: 22 set. 2025.

IQBAL, Muhammad Shahid; AHMAD, Muhammad Nauman; HOFSTRA, Nynke. The relationship between hydro-climatic variables and E. coli concentrations in surface and drinking water of the Kabul river basin in Pakistan. **AIMS Environmental Science**, v. 4, n. 5, p. 690-708, 2017.

LADWIG, Robert et al. Lake thermal structure drives interannual variability in summer anoxia dynamics in a eutrophic lake over 37 years. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 25, n. 2, p. 1009-1032, 2021.

LANGONI, Carla Medeiros et al. Análise da alteração do uso da terra à luz das legislações na represa Dr. João Penido, Juiz de Fora-MG, por geoprocessamento. **VII Jornada de Geotecnologias do estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Diogo-Lapa/publication/386381148_ANALISE_DA_ALTERACAO_DO_USO_DA_TERRA_A_LUZ_DAS_LEGISLACOES_NA_REPRESA_DR_JOAO_PENIDO_JUIZ_DE_FORA-MG_POR_GEOPROCESSAMENTO/links/674f6e06876bd177783afc69/ANALISE-DA-

ALTERACAO-DO-USO-DA-TERRA-A-LUZ-DAS-LEGISLACOES-NA-REPRESA-DR-JOAO-PENIDO-JUIZ-DE-FORA-MG-POR-GEOPROCESSAMENTO.pdf. Acesso em: 08 set. 2025

LEITE, Carolinne de Negreiros Martins. **Análise e recomendações do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Monte das Gameleiras**. 2020. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

LI, Huiyun et al. Effects of the long-term climate change and selective discharge schemes on the thermal stratification of a large deep reservoir, Xin'anjiang Reservoir, China. **Water**, v. 14, n. 20, p. 3279, 2022.

LIN, Yu-I. et al. Will extreme drought impact the reservoir water quality? A 30-year observational study. **Agricultural Water Management**, v. 289, p. 108574, 2023.

LONG, Xunjian et al. Spatiotemporal variations and drivers of water quality in the source region of the Yellow River. **Ecological Indicators**, v. 180, p. 114353, 2025.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Diagnóstico Ambiental e Ordenamento Territorial: instrumentos para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas/MG**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MAIA, Kelly Prado; SILVA, Gilmare Antônia da; LIBÂNIO, Marcelo. Aplicação de análise multivariada no estudo da frequência de amostragem e do número de estações de monitoramento de qualidade da água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 1013-1025, 2019.

MALHEIROS, Carolina Hortêncio et al. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 245-262, 2012.

MATOS, Mateus P. de et al. Effect of time-temperature binomial in obtaining biochemical oxygen demand of different wastewaters. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 332-340, 2014.

MI, Chenxi et al. Cascading climate effects in deep reservoirs: Full assessment of physical and biogeochemical dynamics under ensemble climate projections and ways towards adaptation. **Ambio**, v. 54, n. 3, p. 385-401, 2025.

MICHALOPOULOU, Maria et al. Investigation of the origin of elevated amounts of iron and manganese in a dam reservoir. **Geosciences**, v. 14, n. 12, p. 336, 2024.

MOHAMED, Ola; HIRAYAMA, Nagahisa. Multivariate Statistical Modeling of Seasonal River Water Quality Using Limited Hydrological and Climatic Data. **Water**, v. 17, n. 11, p. 1585, 2025.

MOMOU, Kouassi Julien et al. Effects of rainfalls variability and physical–chemical parameters on enteroviruses in sewage and lagoon in Yopougon, Côte d'Ivoire. **Applied Water Science**, v. 7, n. 4, p. 2075-2087, 2017.

MUNIZ, Beatriz Rodrigues Bagnolin et al. Campos de pressão atmosférica predominantes nas regiões de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 40-60, 2023.

NASCIMENTO, Maxsuel Bezerra do. **Relação da variabilidade climática e os índices de seca com a qualidade da água em reservatórios de abastecimento público na bacia hidrográfica do Rio Paraíba**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2022.

NIJHAWAN, Anisha; HOWARD, Guy. Associations between climate variables and water quality in low-and middle-income countries: A scoping review. **Water Research**, v. 210, p. 117996, 2022.

O'GRADY, Joyce et al. A comprehensive review of catchment water quality monitoring using a tiered framework of integrated sensing technologies. **Science of the Total Environment**, v. 765, p. 142766, 2021.

OLIVEIRA JÚNIOR, Raimundo Fernandes de. **Análise dos atributos quali-quantitativos da água em microbacia perene do semiárido brasileiro**. 2020. Dissertação (Doutorado em Manejo de Solo e Água), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.

OLIVEIRA, Brunna Stefanny Sangel de; CUNHA, Alan Cavalcanti da. Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 261-275, 2014.

OLIVEIRA, Mariângela Dutra de et al. Nova abordagem do índice de qualidade de água bruta utilizando a lógica fuzzy. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 361-372, 2014.

OLSON, John R. Predicting combined effects of land use and climate change on river and stream salinity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 374, n. 1764, p. 20180005, 2018.

OSMAN, Manal et al. A review of nitrogen removal for urban stormwater runoff in bioretention system. **Sustainability**, v. 11, n. 19, p. 5415, 2019.

PIMENTEL, Viviane Tavares; DA ROCHA, Cacinele Mariana; LOITZENBAUER, ESTER WOLFF. Variabilidade climática e qualidade da água em três lagoas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí, RS, Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 20, n. 2023, 2023.

POMPEI, C. M. E. et al. Impact of meteorological variables on water quality parameters of a reservoir and ecological filtration system. International Journal of Environmental Science and Technology, v. 17, n. 3, p. 1387-1396, 2020.

REBOITA, Michelle Simões et al. Cenários de mudanças climáticas projetados para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 33, n. 2, p. 207-224, 2018.

RIBAUDO, Cristina et al. Wind exposure regulates water oxygenation in densely vegetated shallow lakes. **Plants**, v. 10, n. 7, p. 1269, 2021.

ROCHA, Cézar Henrique Barra et al. Vulnerabilidades socioambientais associadas à implantação de rodovias às margens do reservatório de abastecimento público da Represa de São Pedro, Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 1, p. e19805-e19805, 2022.

ROCHA, Cézar Henrique Barra; LAPA, Diogo Parreira; GOMES, Francisco Carlos Moreira. Por que permitiram “essa” alteração da paisagem da Bacia da Represa de São Pedro em Juiz de Fora (MG) nos últimos 20 anos. **IV SRHPS-Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**, p. 1-10, 2023.

ROCHA, Cézar Henrique Barra et al. Riscos aos mananciais de abastecimento público de Juiz de Fora-MG-Brasil. **XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Aracaju, p. 1-10, 2023.

ROCHA, Cézar Henrique Barra. **Represas de Abastecimento Público de Juiz de Fora: mananciais da vida**. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023.

RÖPKE, Cristhiana Paula et al. Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon Rivers. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 194-212, 2016.

SABINO, Claudia Vilhena Schayer; LAGE, Ludmila Vieira; ALMEIDA, Katiane Cristina de Brito. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. spe, p. 87-94, 2014.

SADEGHI, Azad et al. Assessing the change of groundwater quality compared with land-use change and precipitation rate (Zrebar Lake's Basin). **Applied Water Science**, v. 11, n. 11, p. 170, 2021.

SALVINO, Laís Régis. **Eficiência Energética em Sistemas Pressurizados de Distribuição de Água com o uso de Redes Neurais Artificiais**. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

SCHOBER, Patrick; BOER, Christa; SCHWARTE, Lothar. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. **Anesthesia and Analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763–1768. 2018.

SIDDIQUE, Mohammad Abu Baker et al. Impact of climatic factors on water quality parameters in tilapia broodfish ponds and predictive modeling of pond water temperature with ARIMAX. **Heliyon**, v. 10, n. 18, 2024.

SILVA, Carla Ferreira Borges et al. **Avaliação da estratificação térmica e química no reservatório da UHE Itumbiara, Bacia do Rio Paranaíba**. 2023. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental), Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

STRING, Gabrielle M. et al. Efficacy of locally-available cleaning methods and household chlorination at inhibiting biofilm development in jerricans used to store household drinking water. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 7, n. 2, p. 367-383, 2021.

SZEWCZYK, Curtis J.; SMITH, Erik M.; BENITEZ-NELSON, Claudia R. Temperature sensitivity of oxygen demand varies as a function of organic matter source. **Frontiers in Marine Science**, v. 10, p. 1133336, 2023.

TAVERA-QUIROZ, Humberto et al. Water quality analysis of a tropical reservoir based on temperature and dissolved oxygen modeling by CE-QUAL-W2. **Water**, v. 15, n. 6, p. 1013, 2023.

TRINDADE, Ana Laura Cerqueira. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira do rio São Francisco**. 2013. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

TRINDADE, Ana Laura Cerqueira et al. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 13-24, 2016.

WANG, Hua et al. Separation of wind's influence on harmful cyanobacterial blooms. **Water Research**, v. 98, p. 280-292, 2016.

WANG, Runzi et al. Investigating water quality sensitivity to climate variability and its influencing factors in four Lake Erie watersheds. **Journal of Environmental Management**, v. 325, p. 116449, 2023.

WANG, Yuanyi et al. Rainfall impacts on nonpoint nitrogen and phosphorus dynamics in an agricultural river in subtropical montane reservoir region of southeast China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 149, p. 551-563, 2025.

WEN, Xiaotong et al. Microbial indicators and their use for monitoring drinking water quality—A review. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 2249, 2020.

WETZEL, Robert G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001.

YAO, Rui et al. Response of thermal stratification in Longyangxia reservoir to climate change and adaptive management. **Discover Sustainability**, v. 6, n. 1, p. 1226, 2025.

YAO, Xinyu et al. The influence of wind-induced sediment resuspension and migration on raw water turbidity in Lake Taihu, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 56, p. 84487-84503, 2022.

ZHONG, Ming et al. Modeling spatial patterns of dissolved oxygen and the impact mechanisms in a cascade river. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, p. 781646, 2021.