

QUALIDADE DE EFLUENTES SANITÁRIOS TRATADOS E PERSPECTIVAS DE REÚSO EM ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO SERIDÓ POTIGUAR

QUALITY OF TREATED SANITARY EFFLUENTS AND WATER REUSE
PROSPECTS IN AREAS SUSCEPTIBLE TO DESERTIFICATION IN THE SERIDÓ
REGION

Ciências Exatas e da Terra • 13/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791869078](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791869078)

Cláudia Regina Maciel Gomes¹

Dayana de Melo Torres²

RESUMO

A escassez hídrica e a suscetibilidade à desertificação tornam o reúso de efluentes uma alternativa estratégica para o Seridó potiguar. Este estudo objetivou caracterizar os sistemas de tratamento, a qualidade dos efluentes sanitários tratados e as práticas de uso identificadas em estações de tratamento de esgoto (ETEs), avaliando, de forma indicativa, sua proximidade com os critérios propostos na Resolução Conjunta CNRH/CONAMA. Foram visitadas 21 ETEs em 13 municípios, das quais 18 integraram a avaliação da qualidade. A base reuniu 67 registros provenientes de campanhas realizadas entre fevereiro e abril de 2026 e do monitoramento da CAERN entre novembro de 2024 e setembro de 2025. Empregaram-se estatística descritiva, cálculo da razão de adsorção de sódio (RAS), teste de Kruskal–Wallis e comparação com os critérios da norma. Os sistemas baseados em lagoas de estabilização corresponderam a 85,7% das unidades. O uso de efluentes tratados foi identificado ou relatado em 57,1% das ETEs, mas apenas 9,5% apresentavam reúso formal, destinado ao setor industrial, enquanto 47,6% registravam usos informais. Não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre as classes climáticas. O pH e a condutividade apresentaram maior proximidade com os critérios propostos, enquanto DBO₅, sólidos, sodicidade e indicadores microbiológicos constituíram as principais limitações. Os resultados demonstram o potencial territorial do reúso, mas indicam a necessidade de regularização das práticas informais, melhorias operacionais, polimento, desinfecção e monitoramento contínuo da água e do solo.

Palavras-chave: água de reúso; esgoto sanitário; tratamento de esgoto; semiárido.

ABSTRACT

Water scarcity and susceptibility to desertification make wastewater reuse a strategic alternative for the Seridó region of Rio Grande do Norte, Brazil. This study aimed to characterize treatment systems, treated sanitary effluent quality, and identified use practices at wastewater treatment plants (WWTPs), while indicatively assessing their proximity to the criteria proposed in the draft Joint CNRH/CONAMA Resolution. Twenty-one WWTPs located in 13 municipalities were visited, and 18 were included in the effluent quality assessment. The database comprised 67 sampling records from field campaigns conducted between February and April 2026 and CAERN monitoring data collected from November 2024 to September 2025. Descriptive statistics, sodium adsorption ratio (SAR), the Kruskal–Wallis test, and comparison with the draft criteria were applied. Stabilization pond systems accounted for 85.7% of the facilities. Treated effluent use was identified or reported at 57.1% of the WWTPs; however, only 9.5% had formal reuse practices, intended for industrial activities, whereas 47.6% had informal uses. No statistically significant differences were found among dry, normal, and rainy climate classes. pH and electrical conductivity were the parameters closest to the proposed criteria, whereas organic matter, suspended solids, sodicity, and microbiological indicators were the main limitations. The results demonstrate the territorial potential for water reuse but indicate the need to regulate informal practices, improve operation and maintenance, implement polishing and disinfection processes, and continuously monitor effluent and soil quality.

Keywords: water reuse; sanitary wastewater; wastewater treatment; semiarid region.

1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica constitui uma limitação estrutural ao desenvolvimento de regiões semiáridas, nas quais a irregularidade das chuvas, a elevada evapotranspiração e a variabilidade temporal da oferta ampliam os conflitos entre abastecimento humano, produção agropecuária e manutenção dos ecossistemas. A gestão baseada apenas na ampliação de mananciais tende a ser insuficiente quando a demanda aumenta e a qualidade das fontes convencionais se deteriora. Nesse contexto, a conservação e o reúso integram um paradigma de gestão que combina controle da demanda e incorporação de fontes alternativas ao planejamento hídrico (Hespanhol, 2008).

No Rio Grande do Norte, o Plano Estadual de Recursos Hídricos reconhece contrastes espaciais marcantes entre a faixa costeira úmida e as regiões interiores, onde a infraestrutura de reservação convive com secas prolongadas, perdas de garantia e sistemas urbanos sujeitos a situações críticas. O documento inclui a ampliação do esgotamento sanitário e a implementação do uso e reúso de águas não potáveis entre as ações estruturais propostas para o Estado (Rio Grande do Norte, 2022). Ao mesmo tempo, o Atlas Esgotos evidencia que a coleta e o tratamento de esgotos permanecem determinantes para a redução das cargas orgânicas lançadas nos corpos hídricos brasileiros, aproximando as agendas de saneamento, segurança hídrica e recuperação ambiental (Ana, 2017).

Em âmbito nacional, o Marco Legal do Saneamento Básico estabeleceu a meta de atendimento de 99% da população com água potável e de 90% com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033 (Brasil, 2020). O avanço em direção a essas metas, além de reduzir os impactos sanitários e ambientais associados ao

lançamento inadequado de esgotos, tende a ampliar a disponibilidade de efluentes tratados passíveis de aproveitamento.

O Seridó potiguar reúne condições que tornam essa ampliação especialmente necessária. Além da restrição hídrica, a região integra um dos núcleos históricos de desertificação reconhecidos no Nordeste brasileiro. A fragilidade natural dos solos rasos desenvolvidos sobre o embasamento cristalino, associada a chuvas escassas e irregulares e à alta evapotranspiração, aumenta a vulnerabilidade a práticas inadequadas de uso do solo. A desertificação compromete simultaneamente a produtividade, os recursos hídricos, a biodiversidade e a qualidade de vida das populações (Perez et al., 2025).

A água presente nos efluentes tratados pode reduzir a pressão sobre fontes convencionais e, em aplicações agrícolas, também fornecer nutrientes. Entretanto, sua viabilidade não decorre apenas da existência de oferta próxima à demanda. Ela depende da compatibilidade entre a qualidade do efluente, a finalidade pretendida, a tecnologia de tratamento, as condições do solo e as barreiras sanitárias adotadas. Estudos brasileiros mostram que a produção de água de reúso exige avaliação simultânea da quantidade disponível e de indicadores como matéria orgânica, sólidos, salinidade e microrganismos indicadores (Diniz et al., 2021; Morandi et al., 2023; Carvalho et al., 2023).

A construção de um marco regulatório nacional contribui para definir níveis de qualidade proporcionais ao risco. A Resolução Conjunta CNRH/CONAMA de 2026, aprovada em 01 de setembro de 2026, propõe modalidades urbanas, agrícolas, ambientais, industriais e aquícolas, distinguindo usos restritos e irrestritos e estabelecendo

parâmetros mínimos de qualidade (Brasil, 2026). Como os requisitos variam conforme a exposição humana e ambiental, a caracterização das ETEs existentes é necessária para identificar possibilidades imediatas, necessidades de pós-tratamento e lacunas de monitoramento.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi caracterizar os sistemas de tratamento, a qualidade dos efluentes sanitários tratados e as práticas de uso identificadas em ETEs do Seridó potiguar, avaliando, de forma indicativa, sua proximidade com os critérios propostos para diferentes modalidades de reúso na Resolução Conjunta CNRH/CONAMA. A análise busca subsidiar o planejamento regional do reúso em uma área simultaneamente marcada por escassez hídrica e suscetibilidade à desertificação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Escassez Hídrica e Desertificação no Seridó Potiguar

Em regiões secas, a disponibilidade hídrica reduzida e a degradação da terra formam um sistema de pressões interdependentes. A perda de cobertura vegetal e de funções do solo diminui a infiltração, favorece a erosão e limita a produtividade, enquanto a escassez de água restringe alternativas econômicas e dificulta a recuperação das áreas degradadas. O boletim temático da Sudene define as Áreas Suscetíveis à Desertificação a partir de condições áridas, semiáridas e subúmidas secas e ressalta que os impactos alcançam a segurança alimentar, a economia rural e as condições de vida (Perez et al., 2025).

O núcleo do Seridó foi identificado a partir dos estudos pioneiros de Vasconcelos Sobrinho e posteriormente incorporado ao debate

nacional sobre desertificação. Embora levantamentos recentes indiquem estabilidade da cobertura natural em parte do núcleo histórico entre 2001 e 2021, essa leitura não elimina sua fragilidade ambiental. Solos rasos, baixa disponibilidade de carbono orgânico, precipitações irregulares e evapotranspiração elevada mantêm o território sensível ao sobrepastoreio, à retirada de vegetação e ao manejo agrícola inadequado (Perez et al., 2025).

A segurança hídrica regional depende, portanto, tanto da infraestrutura de oferta quanto da diversificação das fontes. O PERH/RN registra a importância estratégica do Projeto Seridó e de sistemas adutores, mas também propõe programas para utilização de águas não potáveis. Essa combinação reconhece que novas infraestruturas e fontes alternativas devem ser articuladas ao uso racional e à proteção qualitativa dos mananciais (Rio Grande do Norte, 2022).

2.2. Efluentes Tratados Como Fonte Alternativa de Água

O reúso converte um fluxo tradicionalmente destinado ao descarte em recurso para usos compatíveis com sua qualidade. Essa abordagem reduz captações em mananciais, evita parte das cargas lançadas no ambiente e pode fortalecer a economia circular no saneamento (Santos et al., 2024a; Santos et al., 2024b).

Ao utilizar fontes alternativas de água, combinadas com técnicas de tratamento, o reúso pode atender a diferentes exigências de qualidade conforme a finalidade de aplicação. Experiências consolidadas em países pioneiros no reúso de água, como Singapura, Califórnia, Austrália e Israel, evidenciam avanços significativos na implementação de políticas e tecnologias de reúso

(Specker et al., 2025; Seah et al., 2008; Olivieri et al., 2020; Leusch et al., 2014; Ben Mordechay et al., 2021). A aplicação mais proeminente do reúso de água ocorre na agricultura, especialmente diante da necessidade global de aumento da produção de alimentos frente ao crescimento populacional (Specker et al., 2025).

Na bacia do Rio das Velhas, a avaliação integrada de oferta, demanda e qualidade demonstrou que o potencial de reúso pode crescer significativamente com a implantação de desinfecção, embora condutividade, sódio e razão de adsorção de sódio precisem ser considerados nos usos agrossilvipastoris (Morandi et al., 2023).

No próprio Seridó, estudo realizado na ETE de Florânia estimou potencial para irrigar 5,6 ha de capim Tifton-85 com vazão média de 5,3 L/s. O pH e a condutividade mostraram-se compatíveis com os critérios então adotados, mas os coliformes termotolerantes indicaram a necessidade de desinfecção. A proximidade entre a ETE e a área disponível reforçou a viabilidade territorial, enquanto a qualidade microbiológica permaneceu como principal barreira (Diniz et al., 2021).

2.3. Qualidade da Água e Critérios para Reúso

A qualidade exigida para o reúso deve ser definida em função da exposição. Aplicações com contato direto com o público ou com partes comestíveis de culturas exigem maior controle microbiológico; usos restritos admitem padrões menos rigorosos quando associados a acesso controlado, métodos de aplicação adequados e outras barreiras. A análise de normas brasileiras realizada por Carvalho et al. (2023) mostrou diferenças expressivas entre valores regulatórios e destacou a necessidade de

compatibilizar proteção sanitária, características locais e viabilidade operacional.

Os indicadores de matéria orgânica e sólidos permitem avaliar o desempenho do tratamento e a necessidade de etapas adicionais de polimento. Concentrações elevadas de demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e demanda química de oxigênio (DQO) indicam a permanência de matéria orgânica e de outros compostos oxidáveis no efluente, enquanto os sólidos suspensos totais (SST) podem reduzir a eficiência da desinfecção ao proteger os microrganismos e causar obstruções nos sistemas de irrigação. A condutividade elétrica (CE), os sólidos totais dissolvidos (STD), a concentração de sódio e a razão de adsorção de sódio (RAS) são relevantes para avaliar os riscos de salinização, sodificação e redução da permeabilidade do solo. Nitrogênio e fósforo podem representar valor agrônômico, mas sua aplicação deve acompanhar a demanda das culturas para evitar lixiviação e eutrofização. Por fim, indicadores microbiológicos orientam a necessidade de desinfecção e as restrições de contato.

A resolução conjunta propõe, para reúso urbano, limites de E. coli, ovos de helmintos, pH, DBO, turbidez e cloro residual livre (quadro 1). Para reúso agrícola, inclui E. coli e ovos de helmintos segundo a categoria da cultura, além de DBO, SST, condutividade elétrica e RAS. Para fins ambientais, apresenta E. coli, pH, condutividade e RAS, e, para aquicultura, acrescenta OD, amônia, turbidez e ovos viáveis de trematódeos (Brasil, 2026).

Quadro 1. Parâmetros e limites de qualidade previstos na Resolução Conjunta CNRH/CONAMA para reúso direto não potável.

Modalidade e	Categoria	Aplicação resumida	Demais parâmetros e limites
Urbano	Uso irrestrito	Usos com maior possibilidade de contato humano	pH: 6,0–9,0; DBO: ≤ 10 mg O ₂ /L; turbidez: ≤ 5 uT; cloro residual livre: 1,0–2,0 mg Cl ₂ /L; Ovos de helmintos : ≤ 1 ovo/L; E. coli: $\leq 10^2$ UFC/100 mL
Urbano	Uso restrito	Usos com acesso ou contato controlado	pH: 6,0–9,0; DBO: ≤ 30 mg O ₂ /L; turbidez: ≤ 10 uT; cloro residual livre: 1,0–2,0 mg Cl ₂ /L; Ovos de helmintos : ≤ 1 ovo/L; E. coli: $\leq 10^3$ UFC/100 mL
Agrícola	Classe A	Culturas consumidas cruas com contato direto e raízes consumidas cruas	DBO: ≤ 25 mg/L; SST: ≤ 35 mg/L; CE: $\leq 3,0$ dS/m; RAS: $\leq 3,0$ mmolc L ⁻¹ ; Ovos de helmintos : ≤ 1 ovo/L; E. coli: ≤ 10 NMP/100 mL
Agrícola	Classe B	Culturas consumidas cruas, acima do solo e sem contato direto	DBO: ≤ 25 mg/L; SST: ≤ 35 mg/L; CE: $\leq 3,0$ dS/m; RAS: $\leq 3,0$ mmolc L ⁻¹ ; Ovos de helmintos : ≤ 1 ovo/L; E. coli: ≤ 100 NMP/100 mL
Agrícola	Classe C	Mesma categoria da Classe B, com irrigação por	DBO: ≤ 25 mg/L; SST: ≤ 35 mg/L; CE: $\leq 3,0$ dS/m;

		gotejamento ou método equivalente	RAS: $\leq 3,0 \text{ mmolc L}^{-1}$; Ovos de helmintos : ≤ 1 ovo/L; E. coli: $\leq 1.000 \text{ NMP/100 mL}$
	Classe D	Culturas transformadas ou não alimentares, pastagens, forragens e culturas industriais	
Ambiental	—	Aplicações ambientais previstas na norma	pH: 6,0–9,0; CE: $\leq 3,0 \text{ dS/m}$; RAS: $\leq 3,0 \text{ mmolc L}^{-1}$; E. coli: $\leq 10^4 \text{ NMP/100 mL}$
Aquicultura	—	Produção aquícola	pH: 6,0–9,0; ovos viáveis de tremátodos: ≤ 1 ; OD: $\geq 5 \text{ mg/L}$; amônia: $\leq 0,1 \text{ mg/L}$ Ovos de helmintos : ≤ 1 ovo/L; E. coli: $\leq 10^3 \text{ UFC/100 mL}$ Turbidez: até 40UT
Industrial	—	Uso no processo industrial	Qualidade definida pelo empreendedor segundo os requisitos do processo e as normas de segurança no trabalho

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

3. METODOLOGIA

3.1. Área de Estudo e Unidades Avaliadas

O Seridó foi adotado como área-piloto a partir da articulação entre o recorte territorial das Áreas Suscetíveis à Desertificação e a presença de ETEs. A escolha fundamentou-se em sua relevância histórica nos estudos sobre desertificação e nas limitações hídricas que caracterizam o interior do Rio Grande do Norte. Foram visitadas 21 ETEs, distribuídas em 13 municípios. Desse conjunto, 18 foram incluídas na avaliação da qualidade dos efluentes tratados, conforme apresentado na Tabela 1. As ETEs Acauã e Bulhões, em Acari, foram excluídas por não apresentarem, durante as campanhas de campo, vazão de efluente final que possibilitasse a coleta. A ETE Bacias 5 e 6, em Parelhas, foi retirada da análise comparativa devido à ausência de histórico de monitoramento (Figura 1).

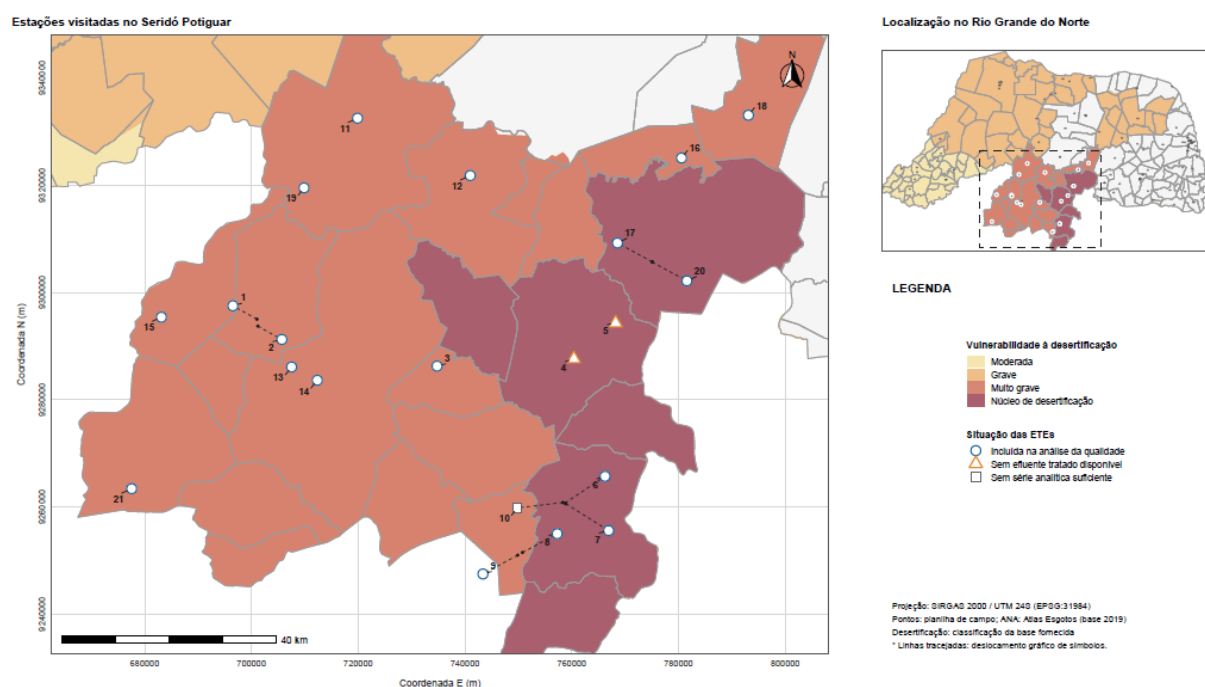
Nas unidades selecionadas, foram realizadas visitas técnicas para caracterização dos sistemas de tratamento e levantamento de informações operacionais, incluindo a tecnologia empregada, as condições de funcionamento observadas e a destinação do efluente final. Também foram registradas situações de reúso ou captação de águas residuárias identificadas ou relatadas durante as visitas.

Tabela 1. Estações de tratamento de esgoto contempladas no estudo.

Município	Estação de tratamento de esgoto
Caicó	Walfredo Gurgel; Castelo Branco
Cerro Corá	Cerro Corá
Currais Novos	Caça e Pesca; Mané Magro
Florânia	Florânia
Jardim de Piranhas	Jardim de Piranhas

Jucurutu	Jucurutu; Nova Barra
Lagoa Nova	Jesus Menino
Parelhas	Novo Sistema; B4
Santana do Seridó	Cemitério; Sítio São Bento
São Fernando	São Fernando I; São Fernando II
São José do Seridó	São José do Seridó
Serra Negra do Norte	Serra Negra do Norte

Figura 1. Localização das estações de tratamento de esgoto visitadas no Seridó Potiguar e vulnerabilidade à desertificação no Rio Grande do Norte.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

3.2. Delineamento, Origem e Organização dos Dados

O estudo integrou dados primários, obtidos nas campanhas realizadas no âmbito da pesquisa, e dados secundários provenientes

do monitoramento da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte — CAERN.

As campanhas de campo ocorreram entre fevereiro e abril de 2026, conforme as condições operacionais das ETEs. Para ampliar a abrangência temporal da caracterização, os resultados foram complementados pelo histórico de monitoramento disponibilizado pela CAERN, referente ao período de novembro de 2024 a setembro de 2025.

As ETEs de São Fernando e Serra Negra do Norte são administradas pelas respectivas prefeituras municipais e não dispunham do mesmo histórico de monitoramento fornecido pela CAERN. Nessas unidades, a caracterização foi baseada em duas amostragens realizadas em cada ETE.

3.3. Coleta e Procedimentos Analíticos

Nas campanhas da pesquisa, as amostras foram coletadas no ponto de saída do efluente tratado das ETEs. O material foi acondicionado em caixas térmicas com gelo e entregue ao laboratório no mesmo dia da coleta com intervalo inferior a seis horas entre a coleta e a entrada das amostras no laboratório.

As análises foram realizadas pelo Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes da Fundação de Apoio à Educação e ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte — NAAE/FUNCERN, em Natal/RN. Os procedimentos seguiram a 23^a edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Apha; AWWA; WEF, 2017).

Os dados secundários da CAERN foram provenientes de relatórios de ensaio emitidos pelo Centro de Biologia Experimental Oceanus Ltda., seguindo o mesmo padrão de coleta e análise durante o período considerado. As amostras foram coletadas de forma simples por equipe do laboratório contratado, de acordo com o procedimento interno HQ-POP-081, referente à coleta, preservação, transporte, armazenamento e recebimento de amostras.

Os relatórios da CAERN registraram o acondicionamento em caixas térmicas, a integridade dos frascos, a identificação mediante cadeia de custódia, o atendimento aos prazos de validade analítica e o recebimento das amostras sob refrigeração. As determinações físico-químicas foram realizadas conforme a 24ª edição do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (Apha; AWWA; WEF, 2023) e, para o fósforo total, pelo método EPA 200.8. As análises de coliformes termotolerantes foram executadas pelo NAAE/IFRN, como provedor externo, segundo o método SMWW 9221 E da 23ª edição do *Standard Methods*.

Os resultados oriundos dos dois programas de monitoramento foram padronizados quanto à denominação dos parâmetros e às unidades de medida. Os métodos empregados na determinação dos parâmetros são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Métodos analíticos empregados na caracterização dos efluentes tratados.

Parâmetro	Unidade padronizada	Campanhas da pesquisa	Monitoramento da CAERN
Temperatura	°C	APHA 2550	SMWW 2550 B

Condutividade elétrica	μS/cm	APHA 2510 A, B	SMWW 2510 B
pH	adimensional	APHA 4500-H ⁺	SMWW 4500-H ⁺ B
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	APHA 2540 A, C	SMWW 2540 C
Sólidos suspensos totais	mg/L	APHA 2540 A, D	SMWW 2540 D
Sódio	mg/L Na ⁺	APHA 3500-Na A, B	Não determinado
Cálcio	mg/L Ca ²⁺	APHA 3500-Ca	Não determinado
Magnésio	mg/L Mg ²⁺	APHA 3500-Mg	Não determinado
Nitrogênio amoniacal	mg/L N	APHA 4500-NH ₃ A-C	SMWW 4500-NH ₃ D
Fósforo total	mg/L P	APHA 4500-P A, B, E	EPA 200.8 – ICP-MS
DBO ₅	mg/L O ₂	APHA 5210 A, B	SMWW 5210 B
DQO	mg/L O ₂	APHA 5220 A, C	SMWW 5220 D
Oxigênio dissolvido	mg/L O ₂	APHA 4500-O A, C	SMWW 4500-O G
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	APHA 9221 A, C, E	SMWW 9221 E ¹

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Nota: APHA/SMWW = *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; EPA = *United States Environmental Protection Agency*; ICP-MS = espectrometria de massas com plasma

indutivamente acoplado. ¹ Análise executada pelo NAAE/IFRN como provedor externo.

3.4. Determinação da Razão de Adsorção de Sódio

A razão de adsorção de sódio — RAS foi calculada para as 17 ETEs que dispunham de resultados de sódio, cálcio e magnésio. Embora tenham sido obtidos 20 registros desses elementos, as duas ETEs de São Fernando e a ETE de Serra Negra do Norte foram amostradas mais de uma vez. Para a caracterização da salinidade e da sodicidade, foi utilizado um resultado de RAS por amostra.

A RAS foi calculada conforme a formulação apresentada por Tavares et al. (2021):

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

em que Na^{+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} correspondem às concentrações de sódio, cálcio e magnésio, respectivamente, expressas em $mmol\ L^{-1}$. Os resultados da RAS foram expressos em $(mmol\ L^{-1})^{1/2}$.

Como os resultados laboratoriais foram fornecidos em mg/L , realizou-se a conversão para $mmol\ L^{-1}$ com base nos pesos equivalentes dos respectivos íons. A RAS foi interpretada conjuntamente com a condutividade elétrica, pois esses parâmetros representam, respectivamente, os riscos de sodicidade e salinidade associados ao uso da água na irrigação (Tavares et al., 2021).

3.5. Tratamento Estatístico

Em razão da assimetria observada em parte das distribuições e do número desigual de amostras entre as ETEs, a caracterização dos

parâmetros foi realizada por estatística descritiva, priorizando-se a mediana como medida de tendência central. Também foram calculados valores mínimo e máximo e intervalo interquartil.

Os resultados informados como inferiores ao limite de detecção ou de quantificação foram substituídos, exclusivamente para o processamento estatístico, pelo respectivo limite informado no relatório laboratorial. Os dados ausentes ou considerados analiticamente inválidos foram mantidos como ausentes, sem imputação.

Para a análise das condições climáticas, os registros foram agrupados nas classes seco, normal e chuvoso, conforme a classificação mensal aplicável ao município e ao período de coleta, com base nos relatórios pluviométricos da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S.A. — EMPARN. A base reuniu 19 registros classificados como secos, 27 como normais e 20 como chuvosos.

As diferenças globais entre as três classes foram avaliadas pelo teste não paramétrico de Kruskal–Wallis, adotando-se nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$ \alpha = 0,05). Em razão da estrutura desbalanceada da base, do número desigual de amostras por ETE e da existência de medições repetidas em algumas unidades, o teste foi empregado com finalidade exploratória. O número de observações empregado em cada teste variou conforme a disponibilidade de resultados válidos para o respectivo parâmetro.

3.6. Comparação com a Resolução CNRH/CONAMA

Os resultados foram confrontados com os valores previstos no Anexo da Resolução Conjunta CNRH/CONAMA de 2026, que estabelece

modalidades, diretrizes, critérios gerais e parâmetros mínimos de qualidade para o reúso direto não potável de efluentes sanitários tratados.

Foram comparados apenas os parâmetros equivalentes quanto à definição e à unidade de medida. A comparação foi realizada prioritariamente com base nas medianas calculadas para cada ETE. Para a RAS, foram considerados os resultados pontuais obtidos nas amostras com determinações de sódio, cálcio e magnésio.

A ausência de resultados de ovos de helmintos, turbidez, cloro residual livre e ovos viáveis de trematódeos impediu a verificação integral das modalidades previstas na resolução. Dessa forma, a comparação teve caráter indicativo e foi utilizada para identificar a proximidade ou a distância entre a qualidade observada e os critérios propostos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições Operacionais e Usos Observados em Campo

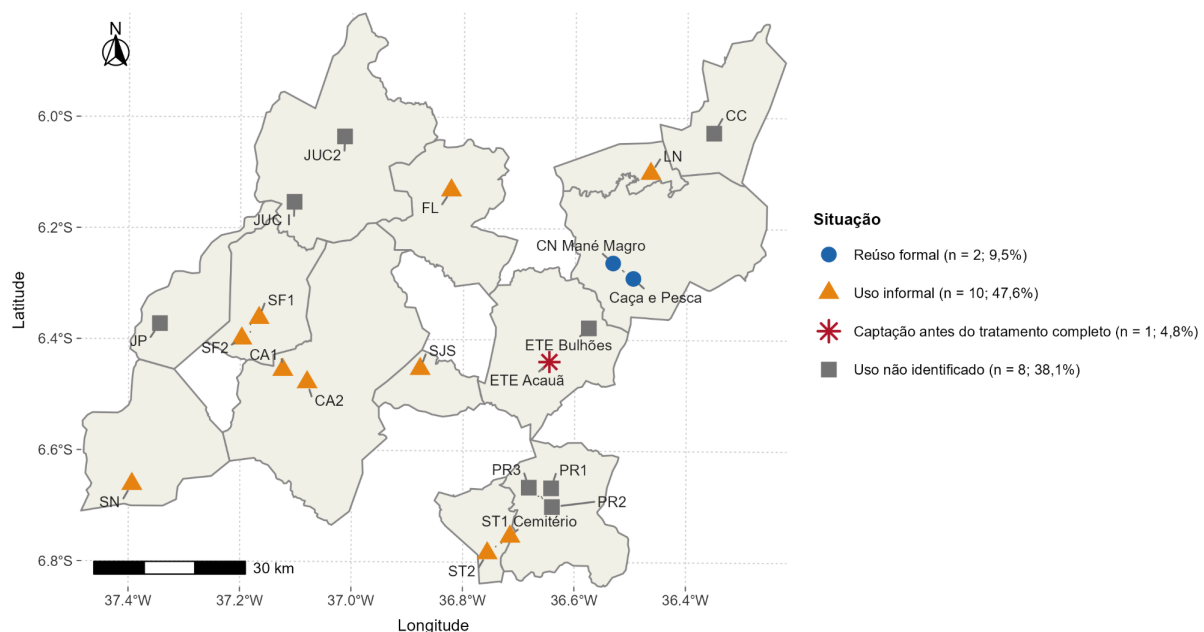
Das 21 ETEs visitadas, 18 (85,7%) apresentavam sistemas de tratamento baseados predominantemente em lagoas de estabilização, incluindo lagoas facultativas isoladas ou associadas a lagoas anaeróbias, de maturação e, em alguns casos, a fossas sépticas. As outras três ETEs (14,3%) apresentavam configurações compactas ou mecanizadas, distintas dos sistemas de lagoas. O Novo Sistema de Parelhas era baseado em reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). A ETE Nova Barra, em Jucurutu, era constituída por reator anaeróbio de manta de lodo, filtro biológico aerado, decantador secundário e cloração. Na ETE Cerro

Corá, o sistema compreendia tratamento preliminar, tanque aerado e desinfecção.

A predominância das lagoas de estabilização é compatível com as condições climáticas do semiárido, onde as temperaturas elevadas favorecem os processos biológicos. No entanto, esses sistemas demandam manutenção periódica e controle operacional. Durante as visitas, foram observadas situações de ausência ou baixa carga hidráulica, problemas na condução do esgoto e acúmulo de lodo, condições que podem interferir tanto no desempenho do tratamento quanto na disponibilidade efetiva de efluente para reúso. Essa influência das condições de projeto e operação sobre a qualidade final também foi demonstrada por Oliveira e von Sperling (2005), que encontraram ampla variabilidade de desempenho entre 166 ETEs brasileiras, inclusive entre unidades pertencentes à mesma modalidade tecnológica.

O uso de efluentes tratados foi identificado ou relatado em 12 das 21 ETEs visitadas (57,1%). Apenas duas unidades (9,5%), Mané Magro e Caça e Pesca, apresentavam reúso formal e planejado, destinado a atividades industriais mediante bombeamento e transporte por adutora. Nas outras dez unidades (47,6%), foram observadas ou relatadas práticas informais. Na ETE Acauã (4,8%), a captação ocorria antes da conclusão do tratamento e, portanto, não foi contabilizada como reúso de efluente tratado. Nas oito unidades restantes (38,1%), não foi identificado ou relatado uso do efluente durante as visitas técnicas (figura 2).

Figura 2. Situação do uso dos efluentes das ETEs do Seridó/RN.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

A distribuição dos usos identificados revela uma dissociação entre a demanda local pelo efluente e a institucionalização do reúso. As duas experiências formalizadas destinavam-se ao setor industrial, enquanto os usos informais, eram principalmente para irrigação de capim e outras culturas destinadas à alimentação animal. Esse padrão sugere que a necessidade de água já impulsiona o aproveitamento dos efluentes, mas ainda não foi acompanhada, na mesma proporção, por mecanismos institucionais capazes de organizar e tornar segura essa prática.

Esse resultado apresenta continuidade com situações documentadas anteriormente no estado. Souza (2018) identificou reúso agrícola não controlado em Parelhas e práticas simultaneamente controladas e informais em Santana do Seridó, demonstrando que o aproveitamento dos efluentes no território antecede as campanhas desta pesquisa. No contexto do semiárido, a oferta relativamente contínua de efluentes pode contribuir para a produção de forragem e a manutenção dos rebanhos durante os períodos de estiagem.

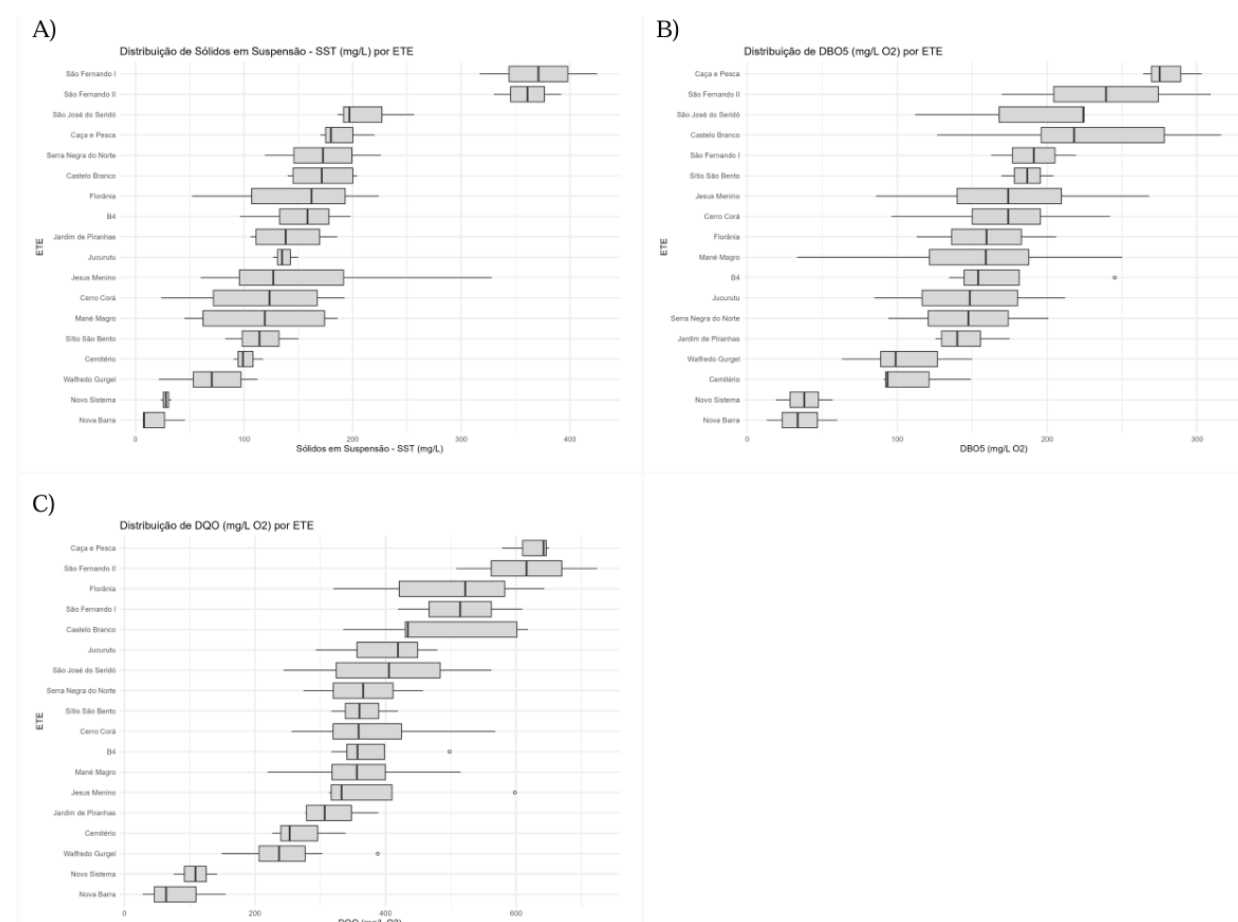
4.2. Matéria Orgânica e Sólidos

Os resultados evidenciaram ampla heterogeneidade entre as ETEs. Para SST, as maiores medianas ocorreram em São Fernando I e II, seguidas por São José do Seridó e Caça e Pesca, enquanto Nova Barra e Novo Sistema apresentaram os menores valores (figura 3). A amplitude observada em Jesus Menino, Cerro Corá, Mané Magro e Florânia revela instabilidade operacional ou variações importantes na carga afluyente e nas condições de tratamento.

A DBO₅ apresentou padrão semelhante, com concentrações mais elevadas em Caça e Pesca, São Fernando II, Castelo Branco e São José do Seridó. Para DQO, Caça e Pesca permaneceu entre as unidades com maiores valores, acompanhada por São Fernando II, Florânia, São Fernando I e Castelo Branco. As menores concentrações foram observadas em Nova Barra e Novo Sistema.

Nos sistemas de lagoas, concentrações elevadas de SST podem decorrer não apenas da permanência de sólidos do esgoto, mas também da presença de algas no efluente (Oliveira; von Sperling, 2005). Para fins de reúso, contudo, a origem dos sólidos não elimina suas implicações operacionais: concentrações elevadas podem favorecer a obstrução de sistemas de irrigação localizada e reduzir a eficiência da desinfecção. Rolim et al. (2016) também identificaram SST e turbidez como fatores limitantes para o uso de efluente de reator UASB em irrigação localizada. Assim, nas unidades com DBO₅ e SST elevados, a implantação de desinfecção isoladamente pode ser insuficiente, devendo ser precedida ou acompanhada por etapas de remoção adicional de sólidos e matéria orgânica.

Figura 3. Distribuição de sólidos suspensos totais, DBO5 e DQO nos efluentes tratados por ETE. Fonte: elaboração própria.

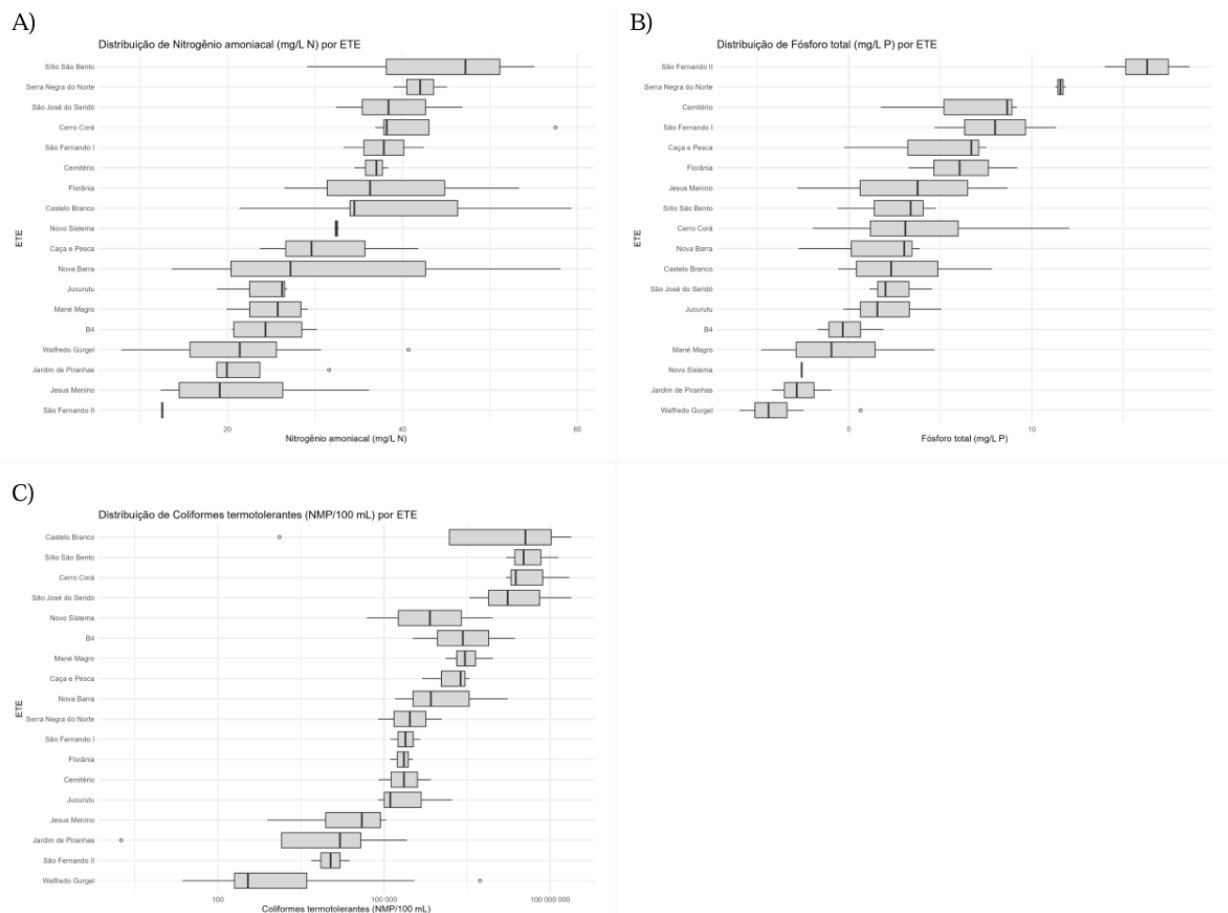


Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

4.3. Nutrientes e Qualidade Microbiológica

O nitrogênio amoniacal apresentou valores mais altos em Sítio São Bento, Serra Negra do Norte, São José do Seridó, Cerro Corá e São Fernando I, embora algumas dessas unidades tenham mostrado grande variabilidade. O fósforo total foi mais elevado em São Fernando II e Serra Negra do Norte, seguido por Cemitério e São Fernando I (figura 4).

Figura 4. Distribuição por ETE de nitrogênio amoniacal, fósforo total e coliformes termotolerantes nos efluentes tratados.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Sob a perspectiva agrícola, esses nutrientes podem reduzir parcialmente a necessidade de fertilizantes; entretanto, seu aproveitamento exige compatibilização entre concentração, lâmina aplicada, demanda da cultura e capacidade de retenção do solo. Em território suscetível à desertificação, a aplicação deve evitar tanto a sobrecarga de nutrientes quanto o agravamento da salinização e da degradação física do solo.

As concentrações de coliformes termotolerantes variaram por várias ordens de grandeza. Castelo Branco, Sítio São Bento, Cerro Corá e São José do Seridó apresentaram distribuições elevadas, enquanto Walfredo Gurgel e São Fernando II mostraram medianas inferiores, mas ainda com ampla dispersão ou valores extremos.

Os resultados são consistentes com limitações documentadas em outros sistemas. Rolim *et al.* (2016) identificaram que mesmo com

maior remoção no sistema aeróbio, os autores apontaram a necessidade de tratamento complementar em razão dos coliformes, da turbidez e dos ovos de helmintos. No Seridó, Souza (2018) registrou medianas de coliformes termotolerantes de $1,6 \times 10^7$ NMP 100 mL⁻¹ em Parelhas e de $2,0 \times 10^5$ NMP 100 mL⁻¹ em Santana do Seridó. Esses registros históricos, embora resultem de períodos e delineamentos distintos, reforçam que a qualidade microbiológica permanece como uma das principais barreiras à formalização do reúso agrícola na região.

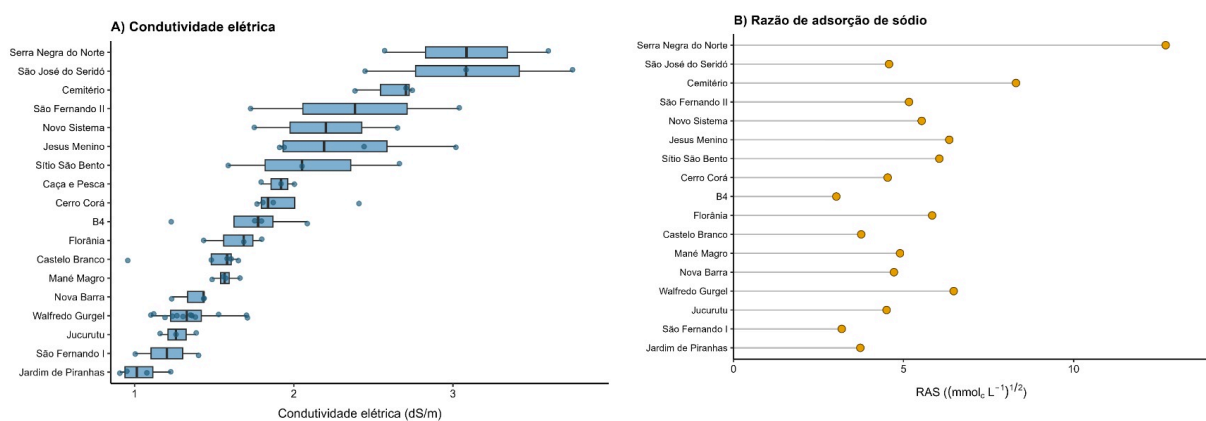
4.4. Salinidade e Sodicidade

As medianas de condutividade elétrica (CE) dos efluentes variaram de 1,014 dS/m, em Jardim de Piranhas, a 3,086 dS/m, em Serra Negra do Norte. São José do Seridó também apresentou valor elevado, com mediana de 3,083 dS/m. Essa amplitude pode estar associada à qualidade da água utilizada no abastecimento, às características do esgoto afluente, à ocorrência de contribuições não domésticas e às particularidades operacionais dos sistemas de tratamento.

No Seridó, a presença natural de sais nas águas superficiais e subterrâneas está relacionada às condições climáticas semiáridas, à elevada evaporação e à interação da água com as formações geológicas predominantes (Saraiva Filho; Bonilla, 2022). Como esses sais ingressam no sistema de esgotamento por meio da própria água de abastecimento e não são removidos de maneira significativa pelos processos biológicos convencionais, sua concentração tende a permanecer no efluente tratado. Nos sistemas constituídos por lagoas de estabilização, as perdas de água por evaporação ainda podem aumentar a concentração dos sais dissolvidos.

A RAS foi determinada em 17 unidades e variou de 3,02, na ETE B4, a 12,71, em Serra Negra do Norte. B4 e São Fernando I apresentaram os menores valores, de 3,02 e 3,18, respectivamente, enquanto Cemitério e Serra Negra do Norte registraram os maiores, de 8,31 e 12,71. Essa variação evidencia que a composição iônica dos efluentes não foi uniforme entre as unidades. Valores mais elevados de RAS indicam maior predominância relativa de sódio em relação ao cálcio e ao magnésio. Nova Barra e o Novo Sistema de Parelhas apresentaram resultados relativamente favoráveis de DBO₅, DQO e SST, mas registraram RAS de 4,72 e 5,53, respectivamente.

Figura 5. Condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio dos efluentes tratados nas ETEs avaliadas no Seridó Potiguar.



Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Os resultados atuais apresentam proximidade com valores históricos observados no território por Souza, 2018 e Rolim et al., 2016. O excesso relativo de sódio favorece a dispersão das partículas de argila, a desagregação da estrutura do solo e a formação de crostas superficiais, podendo reduzir a infiltração e a permeabilidade da água (Tavares et al., 2021). Esses efeitos são particularmente preocupantes em áreas suscetíveis à desertificação, pois a deterioração da estrutura física do solo pode intensificar o escoamento superficial, a erosão e a perda de capacidade produtiva.

Assim, a disponibilidade de efluente em uma região com escassez hídrica não implica, necessariamente, sua aptidão imediata para irrigação.

Como sódio, cálcio e magnésio foram determinados uma única vez em cada ETE, os valores obtidos representam uma caracterização preliminar. O uso desses efluentes requer monitoramento periódico da água e do solo para prevenir processos cumulativos de salinização e sodificação.

4.5. Comportamento Segundo as Classes Climáticas

Dos 67 registros da base consolidada, 66 puderam ser associados às classes climáticas utilizadas na análise: 19 ao período seco, 27 às condições normais e 20 ao período chuvoso. As medianas de condutividade foram 1,607, 1,662 e 1,629 dS/m, respectivamente, enquanto as medianas de STD foram 1.109, 1.071 e 1.055 mg/L. A proximidade desses valores sugere que, na escala da base analisada, a classificação climática não produziu alteração consistente na fração dissolvida.

Para SST, as medianas foram 107,5 mg/L no período seco, 146 mg/L no normal e 151 mg/L no chuvoso. A DBO5 apresentou medianas de 149, 140 e 188 mg/L, e a DQO, de 334, 318 e 417,5 mg/L. Embora os resultados mostrem aumento de alguns indicadores no período chuvoso, especialmente DBO5 e DQO, a variabilidade interna foi ampla e os testes não confirmaram diferença estatística entre as classes (tabela 2).

As medianas de nitrogênio amoniacal foram 29,1, 30,7 e 23,55 mg/L para as classes seco, normal e chuvoso; para fósforo total, 4,704, 5,349 e 7,1605 mg/L; e, para coliformes termotolerantes, $3,3 \times 10^5$, $1,3 \times$

10^6 e $1,6 \times 10^5$ NMP/100 mL. O fósforo apresentou mediana mais alta no período chuvoso, enquanto nitrogênio e coliformes não seguiram a mesma direção. A ausência de um comportamento comum entre os parâmetros sugere maior influência da heterogeneidade entre ETEs, tecnologias, cargas afluentes e condições operacionais do que da classe climática considerada isoladamente.

Tabela 2. Resultado do teste de Kruskal-Wallis entre classes climáticas.

Parâmetro	n	H	p
Temperatura	66	5,979	0,050
Condutividade	66	0,672	0,715
pH	66	1,147	0,564
STD	66	0,074	0,964
SST	66	0,497	0,780
Nitrogênio amoniacal	66	2,896	0,235
Fósforo total	63	3,720	0,156
DBO5	63	2,180	0,336
DQO	66	1,564	0,458
OD	65	1,377	0,502
Coliformes termotolerantes	63	1,836	0,399

Nota: n = número de observações válidas; H = estatística do teste de Kruskal-Wallis; p = valor de significância estatística. Adotou-se nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Nenhum parâmetro apresentou diferença significativa a 5%. A temperatura aproximou-se do limiar convencional ($p = 0,0503$), mas permaneceu acima dele. Esse resultado não demonstra ausência de sazonalidade em cada ETE, porque o agrupamento reúne unidades distintas e com frequências desiguais. Ele indica que, nesta base agregada, não houve evidência suficiente de diferenças globais entre as três classes.

4.6. Adequação Potencial aos Critérios Nacionais

A comparação com a norma nacional mostra que a adequação depende da modalidade (Tabela 3). Para fins urbanos, o pH deve permanecer entre 6,0 e 9,0 e a DBO5 deve ser igual ou inferior a 10 mg/L no uso irrestrito ou 30 mg/L no restrito. Para uso agrícola, a nota da norma estabelece DBO de 25 mg/L e SST de 35 mg/L, além de condutividade elétrica e RAS iguais ou inferiores a 3,0. Para aquicultura, são previstos OD mínimo de 5 mg/L e amônia máxima de 0,1 mg/L (Brasil, 2026).

Tabela 3. Síntese da comparação entre a base analisada e a norma CNRH/CONAMA.

Parâmetro	Resultado observado	Critério da norma	Interpretação
RAS	Valores de 3,02 a 12,7 em 17 ETEs.	$\leq 3,0$ para as modalidades agrícola e ambiental	Nenhuma das 17 ETEs avaliadas atendeu ao limite de $RAS \leq 3,0$. A ETE B4, em Parelhas, apresentou o valor mais próximo do critério (3,02). A ETE Caça e Pesca, em Currais Novos, não foi avaliada quanto à RAS por

			indisponibilidade dos dados necessários ao cálculo.
pH	Medianas por ETE entre 6,9 e 8,9.	6,0 a 9,0 para usos urbanos e ambientais e aquicultura	Todas as ETEs apresentaram medianas compreendidas no intervalo estabelecido.
Condutividade	Medianas por ETE entre 1,0 e 3,0 dS/m;	$\leq 3,0$ dS/m para usos agrícolas e ambientais	16 das 18 ETEs apresentaram medianas compatíveis com o critério, com necessidade de monitoramento continuado da água e do solo. Serra Negra do Norte e São José do Seridó apresentaram valores superiores a 3,0 dS/m
DBO5	Medianas por ETE entre 35,5 e 280 mg/L	≤ 10 ou 30 mg/L no uso urbano conforme a categoria; 25 mg/L no agrícola	Nenhuma ETE apresentou mediana compatível com os critérios. Nova Barra registrou o valor mais próximo para Uso Urbano Restrito, com 35,54 mg/L.
SST	Medianas por ETE entre 7,8 e 371 mg/L	≤ 35 mg/L para o reúso agrícola	Nova Barra e o Novo Sistema de Parelhas apresentaram medianas compatíveis com o critério; as demais unidades indicaram necessidade de polimento e maior controle de sólidos.
OD	Medianas por ETE	≥ 5 mg/L para aquicultura	Predomínio de medianas inferiores ao valor mínimo. Apenas

	entre 0,87 e 5,7 mg/L		Castelo Branco, Walfredo Gurgel e São Fernando II apresentaram medianas entre 5,2 e 5,7 mg/L, superiores ao mínimo estabelecido.
Nitrogênio amoniacal	Medianas por ETE entre 12,5 e 47,2 mg/L de N	Amônia $\leq 0,1$ mg/L para aquicultura	Comparação não conclusiva, pois o resultado foi expresso como nitrogênio amoniacal.
Coliformes termotolerantes	Medianas por ETE entre $1,6 \times 10^5$ e $1,3 \times 10^6$ NMP/100 mL	<i>E. coli</i> : 10 a 10^3 UFC/100 mL no uso agrícola; 10^2 a 10^3 UFC/100 mL no urbano; $\leq 10^4$ UFC/100 mL no ambiental	Os resultados indicam necessidade de desinfecção.

A comparação foi baseada prioritariamente nas medianas calculadas para cada ETE. Para a RAS, foram considerados os resultados pontuais das 17 ETEs com dados de sódio, cálcio e magnésio. Assim, a análise expressa a proximidade da qualidade observada com os valores propostos. O atendimento à norma depende da frequência de monitoramento, da modalidade pretendida e da avaliação conjunta dos parâmetros aplicáveis.

O pH foi o parâmetro com maior aproximação aos critérios propostos: todas as medianas permaneceram entre 6,99 e 8,91. A CE também apresentou condição comparativamente favorável, com 16 das 18 ETEs abaixo ou no limite de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Em contraste, nenhum dos 17 resultados pontuais de RAS foi igual ou inferior ao critério. A diferença entre esses indicadores demonstra que uma concentração total de sais relativamente moderada não elimina o

risco relacionado à predominância do sódio em relação ao cálcio e ao magnésio.

A DBO_5 constituiu uma das principais limitações para o aproveitamento direto. As medianas variaram de 35,54 a 280 mg L^{-1} e permaneceram acima dos valores utilizados na comparação. A menor mediana ocorreu em Nova Barra, mas ainda superou os limites de 30 mg L^{-1} para o uso urbano restrito e de 25 mg L^{-1} para o agrícola. Para os SST, Nova Barra e o Novo Sistema de Parelhas apresentaram compatibilidade potencial com o critério agrícola de 35 mg L^{-1} . Nas demais unidades, os resultados indicaram necessidade de polimento e maior controle de sólidos. Esses achados confirmam que a implantação de desinfecção, embora necessária, não seria suficiente nas ETEs com concentrações elevadas de matéria orgânica e sólidos.

As medianas de OD variaram de 0,87 a 5,73 mg L^{-1} , com predomínio de valores inferiores ao mínimo previsto para aquicultura. Mesmo nas três unidades com medianas superiores a 5 mg L^{-1} , o OD isoladamente não permite afirmar aptidão, pois a modalidade depende da manutenção contínua da oxigenação e do atendimento aos demais critérios.

As medianas de coliformes termotolerantes, entre $1,6 \times 10^5$ e $1,3 \times 10^6$ NMP 100 mL^{-1} , evidenciam a necessidade de desinfecção para modalidades com possibilidade de contato humano, animal ou com partes comestíveis das culturas.

De modo geral, pH e CE apresentaram maior proximidade com os critérios propostos. DBO_5 e SST indicaram a necessidade de adequações operacionais ou etapas complementares de tratamento,

enquanto a RAS revelou limitação relevante relacionada à sodicidade. A avaliação integral permaneceu limitada pela ausência de resultados de *E. coli*, ovos de helmintos, turbidez, cloro residual livre e ovos viáveis de trematódeos, além da impossibilidade de comparação direta entre nitrogênio amoniacal e amônia.

Os resultados caracterizam, portanto, a distância entre a qualidade atualmente produzida e parte dos requisitos previstos para as diferentes modalidades. Do ponto de vista territorial, a presença das ETEs em uma região marcada pela escassez hídrica cria oportunidades para irrigação de culturas forrageiras e não alimentares, recuperação de áreas degradadas, controle de poeira e usos urbanos restritos. Entretanto, projetos-piloto devem priorizar unidades com maior estabilidade operacional, qualidade mais próxima da modalidade pretendida, proximidade dos usuários e possibilidade de incorporar polimento e desinfecção.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efluentes tratados das ETEs do Seridó potiguar representam uma fonte alternativa relevante em um território marcado pela escassez hídrica e pela suscetibilidade à desertificação, mas a qualidade atual limita seu aproveitamento direto. O pH e a condutividade elétrica apresentaram, em geral, condições mais próximas dos valores propostos na norma CNRH/CONAMA. Em contraste, DBO5, SST e indicadores microbiológicos revelaram necessidade recorrente de polimento e desinfecção.

As classes climáticas não diferiram significativamente para os parâmetros avaliados, indicando que a heterogeneidade entre ETEs

e as condições operacionais tiveram maior peso que a classificação climática.

Recomenda-se ampliar e padronizar o monitoramento, avaliar cada tecnologia e priorizar projetos-piloto com barreiras múltiplas, controle operacional e definição prévia do uso final. Em áreas suscetíveis à desertificação, a aplicação agrícola ou ambiental deve incluir acompanhamento do solo, balanço de nutrientes e controle da salinidade para que o reúso contribua efetivamente para a segurança hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília, DF: ANA, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos; Conselho Nacional do Meio Ambiente. Minuta de Resolução Conjunta CNRH/CONAMA nº 001, de 2026. Estabelece modalidades, diretrizes, critérios gerais e parâmetros mínimos de qualidade para a prática de reúso direto não potável de água proveniente de efluente sanitário tratado em estações de tratamento de esgoto de sistemas públicos de esgotamento sanitário. Brasília, DF, 2026. Minuta.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.

CARVALHO, Clara Bandeira de; MOTA, Suetônio; SANTOS, Ana Sílvia Pereira; SANTOS, André Bezerra dos. Avaliação legal e prática da aplicação de águas residuárias tratadas no solo no contexto do reúso

de água no Brasil. Revista DAE, São Paulo, v. 71, n. 241, p. 153-172, 2023. DOI: 10.36659/dae.2023.045.

DINIZ, Guilherme José da Silva; TINÔCO, Juliana Delgado; MEDEIROS, Izaldo Breno de Araújo; ARAÚJO, Cynthia dos Santos. Avaliação do potencial de aplicação de efluente doméstico tratado ao reúso voltado à produção de forragem animal com capim Tifton-85 no município de Florânia/RN. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 2021, Evento Online. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2021.

HESPANHOL, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

MORANDI, Thiago Henrique Santos Abreu; SILVA, Lucas de Almeida Chamhum; VON SPERLING, Marcos; RIBEIRO, Thiago Bressani. Avaliação do potencial para uso não potável de efluentes de estações de tratamento de esgoto na bacia do Rio das Velhas-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 32., 2023, Belo Horizonte. Anais eletrônicos [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2023. Trabalho técnico II-927.

PEREZ, Aldrin Marin; CUNHA, John Elton de Brito Leite; COSTA, Laisa Daiana Alcântara; OLIVEIRA, Sabrina Holanda; BEZERRA, Ulisses Alencar. Boletim Temático Desertificação. Recife: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste, 2025.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Revisão e atualização do Plano Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte: resumo executivo. Natal: SEMARH, 2022.

SANTOS, Ana Silvia Pereira et al. A technical-scientific content management system on water reuse as an environmental education tool: the experience of a Portugal/Brazil partnership. *Water Supply*, v. 24, n. 10, p. 3603-3616, 2024b.

SANTOS, Ana Silvia Pereira; LIMA, Maira Araujo de Mendonça; PAIXÃO, Mickaela Midon; JORDÃO, Eduardo Pacheco; VIEIRA, José Manuel Pereira. A perspective for the acceptance of water reuse: history of the valorization of wastewater throughout the development of society. *Water Policy*, v. 26, n. 4, p. 336-358, 2024a. DOI: 10.2166/wp.2024.196.

SARAIVA FILHO, Daniel Eugenio; BONILLA, Oriel Herrera. Salinização secundária no semiárido e seus impactos no solo, na agricultura e cultivo das plantas: uma revisão. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 8, e49011831298, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.31298.

TAVARES, Silvio Roberto de Lucena; AMARAL, Fernando Cezar Saraiva do; BOTELHO, Fábio Pereira; RODRIGUES, Natália Fernandes. *Valores e critérios estabelecidos dos parâmetros relacionados ao solo e à qualidade e custo de captação da água para irrigação utilizados no SiBCTI*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. 114 p. (Documentos / Embrapa Solos, 227). Disponível em: [Embrapa Solos – Documento 227](#). Acesso em: 15 set. 2026.

¹ Discente do Programa de Pós Graduação em Uso Sustentável dos Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus Natal Central*. E-mail:

[acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus Natal Central*. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)