

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (2025.1)**

AVALIAÇÃO DO ESTADO DE SERVIÇO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE MOSSORÓ-RN NO CENÁRIO DE UNIVERSALIZAÇÃO PARA 2033

EVALUATION OF THE SERVICE STATUS WASTEWATER TREATMENT PLANT IN MOSSORÓ-RN IN THE CONTEXT OF UNIVERSAL COVERAGE BY 2033

Carla Fernanda Bezerra da Silva¹
Maria Josicleide Felipe Guedes²

RESUMO

Diante das metas estabelecidas pela atualização do marco legal do saneamento básico, que prevê a quase universalização dos serviços de coleta e tratamento de esgoto até 2033, com índice de 90% de atendimento, torna-se essencial avaliar a capacidade das infraestruturas existentes para atender à demanda futura. O presente estudo teve como objetivo avaliar o estado de serviço das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) implementadas em Mossoró, Rio Grande do Norte, considerando o cenário previsto para o ano de 2033. A metodologia consistiu na ampliação da projeção populacional já disponível na literatura para o caso de estudo, correspondente à população a ser atendida nesse horizonte temporal, e, a partir dela, na estimativa das vazões de esgotos destinadas às ETEs Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, ambas situadas na região administrativa Leste do município de Mossoró. As análises foram realizadas por meio de pré-dimensionamento, com o auxílio da ferramenta computacional ETEUFERSA. Os resultados indicaram que ambas as estações, em suas configurações atuais, não apresentam capacidade suficiente para atender à demanda estimada, sendo necessário o redimensionamento de suas unidades operacionais. Concluiu-se que a readequação da infraestrutura existente e o planejamento de novas soluções são medidas necessárias para o cumprimento das metas de quase universalização do esgotamento sanitário em Mossoró até 2033.

Palavras-chave: marco legal do saneamento, esgotamento sanitário, lagoas de estabilização.

¹Graduanda da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Curso de Ciência e Tecnologia. E-mail: carla.silva45337@alunos.ufersa.edu.br.

²Docente da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Centro de Engenharias, Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais. E-mail: mjosicleide@ufersa.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

A Lei nº 11.445/2007 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, que abrange conjuntamente os serviços de: i) abastecimento de água potável; ii) esgotamento sanitário; iii) limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos; e iv) drenagem e manejo das águas pluviais (Brasil, 2007). Nesse contexto, pode-se dizer que o esgotamento sanitário é um dos componentes essenciais do saneamento básico (Brasil, 2007). Em Soares *et al.* (2021), reforçou-se que a partir das perspectivas previstas nas leis, percebe-se que o esgotamento sanitário está intrinsecamente relacionado ao saneamento básico, e que o tratamento e disposição adequados dos efluentes são medidas substanciais para promover um ambiente salubre, impactando diretamente nas condições da saúde humana.

Em 2020, foi promulgada a Lei nº 14.026, que atualizou as diretrizes da Lei nº 11.445/2007 e reforçou o compromisso com uma gestão eficiente e a universalização dos serviços de saneamento básico (Brasil, 2020). Em especial o art. 11-B da referida lei estabelece como meta a cobertura de 90% dos domicílios com coleta e tratamento de esgoto até 2033:

Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento (Brasil, 2020, Art. 11-B).

Além disso, a legislação ambiental brasileira exige que o esgoto seja tratado antes de seu lançamento em corpos hídricos, conforme previsto nas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em especial a Resolução nº 357/2005 (parcialmente alterada e complementada pelas resoluções 410/2009 e 430/2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes (Brasil, 2011).

Art. 3º Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (Brasil, 2011, Art. 3).

O tratamento do esgotamento sanitário adequado previne a contaminação de mananciais e contribui com a saúde pública e conservação ambiental. Práticas inadequadas de descarte de resíduos e esgoto podem poluir rios, lagos e oceanos, afetando a biodiversidade e o equilíbrio ecológico (Neves *et al.*, 2025).

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento dos esgotos e são indicados para as regiões de clima quente e países em desenvolvimento (Von Sperling, 1986). Essa recomendação se justifica pelas condições favoráveis dessas localidades, como altas temperaturas e elevada incidência solar, ampla disponibilidade de terrenos com baixo custo e, sobretudo, pela operação simplificada, que geralmente dispensa o uso de equipamentos complexos.

O tratamento de esgoto doméstico é estruturado em níveis sucessivos: o nível preliminar, responsável pela remoção de sólidos grosseiros e areia; o primário, que promove a sedimentação dos sólidos em suspensão; o secundário, baseado na biodegradação da matéria orgânica; e o terciário, voltado para a remoção de nutrientes e patógenos (Von Sperling, 1996). Dentre esses, o nível secundário é considerado essencial nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), por ser o responsável pela significativa redução da carga orgânica, atendendo às exigências das legislações

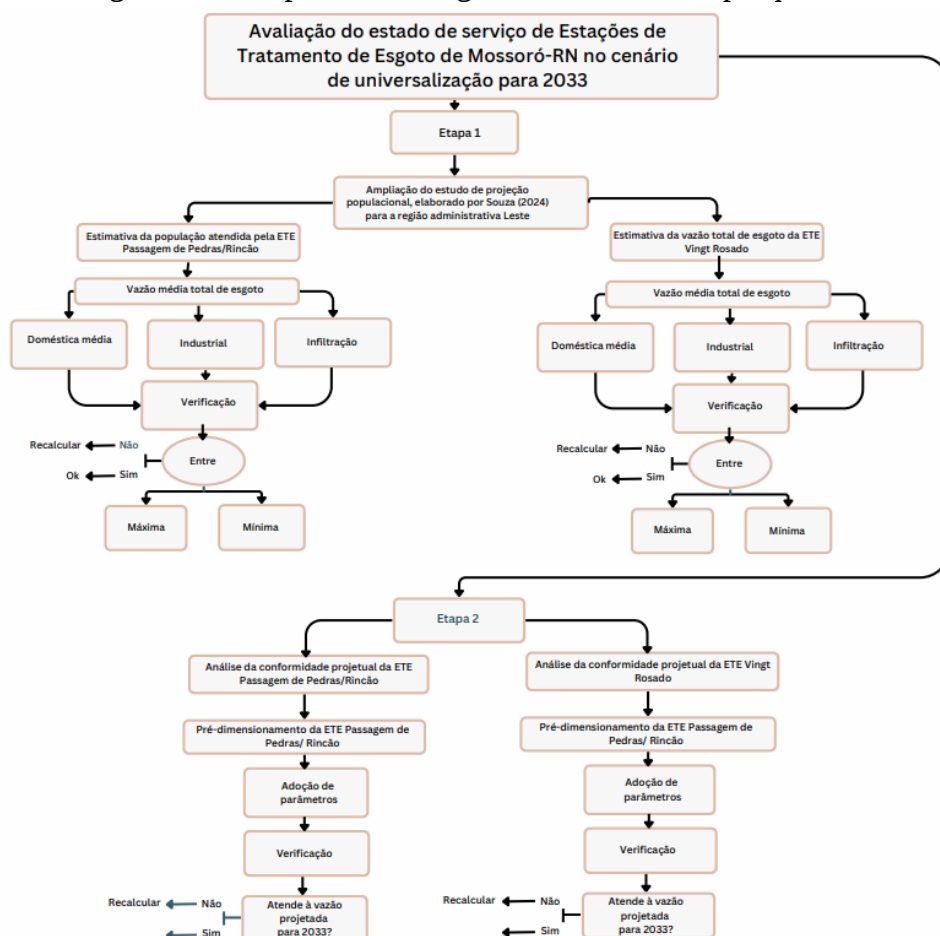
ambientais vigentes. Além disso, como a maior parte da vazão de esgoto se origina de fontes domésticas, o tratamento nesse nível é indispensável.

Dentro deste contexto, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (RN), observa-se que o sistema predominante adotado para esse fim são as lagoas de estabilização. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o estado de serviço das Estações de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado implementadas em Mossoró-RN, considerando o cenário de quase universalização previsto como meta para o ano de 2033.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foram adotados procedimentos fundamentados em revisões bibliográficas sobre a temática; análise documental, em especial ao Produto C - Diagnóstico Técnico-Participativo do Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016) e no aperfeiçoamento de métodos de análise de dados aplicados às informações necessárias para a obtenção da avaliação proposta para esta pesquisa. Ressalta-se que foram utilizados os métodos de projeção populacional já validados por Souza (2024), que melhor se adequaram aos dados históricos da área de estudo. Na Figura 1 são ilustradas as etapas metodológicas adotadas para a realização deste estudo.

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas adotadas nesta pesquisa



Fonte: Autora (2025).

Esta pesquisa consistiu na ampliação do estudo realizado por Souza (2024), no qual foi estimada a população e, posteriormente, a vazão de esgotos projetada para o ano de 2033, referente à área de contribuição da ETE Cajazeiras. Assim, na primeira etapa deste estudo, com base na projeção populacional mencionada e tendo em mãos a estimativa da população total do município de Mossoró para 2033, foi realizada a distribuição proporcional dessa população, com o objetivo de identificar a parcela desta atendida pelas demais ETEs do município: ETE Passagem de Pedras e ETE Vingt Rosado. A partir do conhecimento da população contribuinte de cada ETE da região administrativa Leste, foi possível estimar, individualmente, a respectiva vazão de esgotos que recai sobre elas.

Na segunda etapa do estudo, foi realizada uma análise do estado de serviço das ETEs Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, com o auxílio do programa ETEUFERSA, com o objetivo de verificar a capacidade dessas unidades em comportar a vazão de esgotos estimada para o ano de 2033.

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de Mossoró, no Rio Grande do Norte, apresenta uma população de 264.577 habitantes (IBGE, 2022) e conta com três estações de tratamento de esgoto (ETE) em funcionamento, conforme citadas no item 2, são elas: ETE Cajazeiras, ETE Vingt Rosado e ETE Passagem de Pedras (Mossoró; Start, 2016) (Figura 2). A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) é detentora do contrato de concessão que regula a operação de distribuição de água e operação e manutenção de esgoto, conforme previsto no contrato de concessão nº 012/2005, em sua cláusula segunda:

O presente contrato tem por objeto a Concessão, em caráter de exclusividade pela CONCEDENTE à CONCESSIONÁRIA, para esta prestar no perímetro urbano do Município, os serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, aí incluindo operação, conservação, manutenção, modernização, ampliação, exploração e cobrança direta aos usuários dos serviços, abrangendo ainda estudos técnicos, serviços e obras necessárias à consecução deste objeto ao longo do período de concessão (Mossoró, 2005, p. 2).

Na Figura 3 é apresentado um mapa de atendimento das três ETEs elencadas na Figura 2. O município de Mossoró apresenta um total de 17 bacias de contribuição, sendo que o sistema de esgotamento sanitário coletivo contempla as bacias de 1 a 9 (Mossoró; Start, 2016). O sistema coletivo de esgoto é projetado para abranger no mínimo uma bacia, ou sub-bacia hidrográfica dentro do quadro urbano de uma cidade, concentrando toda a rede coletora do perímetro urbano em um só local para o tratamento (FUNASA, 2019). É possível identificar o rio Apodi-Mossoró dividindo o município: à esquerda do rio é situada a ETE Cajazeiras, que recebe contribuições dos esgotos das bacias 1, 2, 3, 5, 6, 8 e 9 (Mossoró; Start, 2016), ou ainda, para melhor identificação da área, a ETE trata efluentes dos bairros Santa Delmira, Abolição, Alto da Bela Vista, Nova Betânia, Santo Antônio, Barrocas, Bom Jardim, Doze Anos, Paredões, Centro e Boa Vista, Aeroporto, Alto da Conceição, Campos do Conde e Belo Horizonte (CAERN, 2024).

Figura 2 – Localização das Estações de Tratamento de Esgotos do município de Mossoró, no Rio Grande do Norte

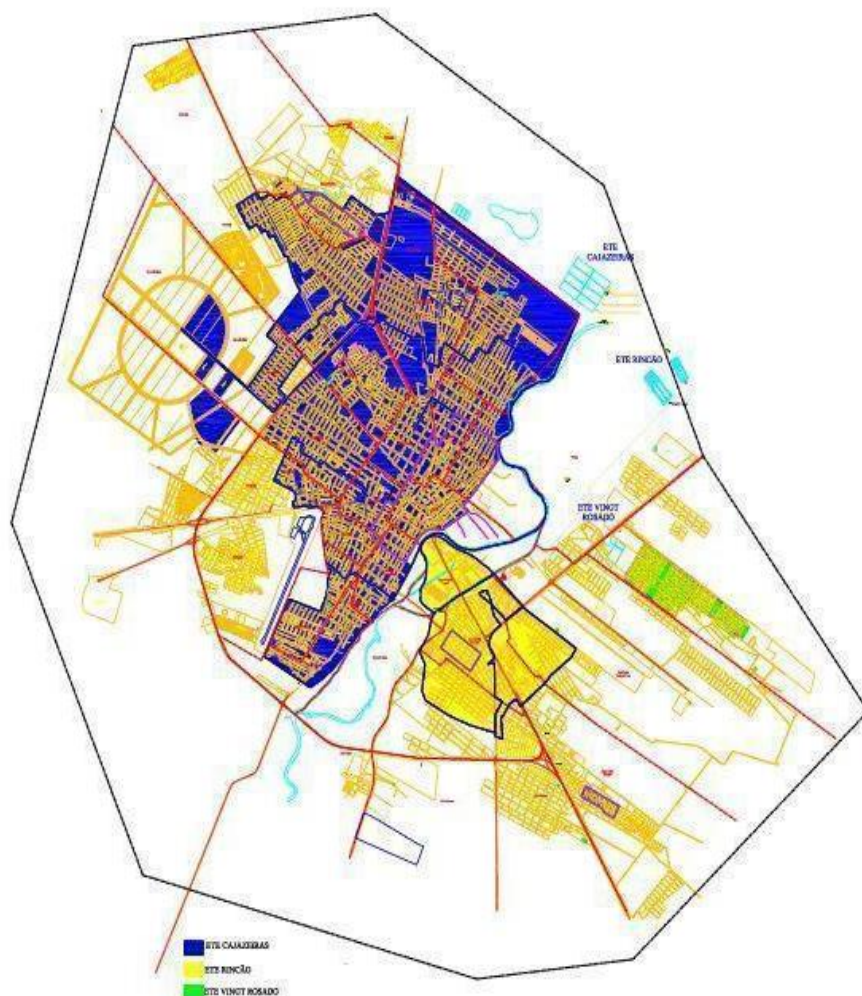


Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

Já à margem direita do rio Apodi-Mossoró é possível visualizar a localização da ETE Passagem de Pedras/ Rincão e a ETE Vingt Rosado. A ETE Passagem de Pedras/Rincão trata os esgotos provenientes da Estação Elevatória de Esgoto (EEE) 5, e esta por sua vez recebe os efluentes bombeados pelas EEE 05.1 e 06 (Mossoró; Start, 2016), que compreendem os bairros Ilha de Santa Luzia, Alto de São Manoel, Planalto 13 de Maio e Dom Jaime (CAERN, 2023). Ainda à margem direita do rio Apodi-Mossoró, encontra-se a ETE Vingt Rosado, esta que por sua vez trata efluentes apenas oriundos do bairro que deu o nome a ETE (Mossoró; Start, 2016, CAERN 2023).

Nas Figuras de 4 a 13 (itens 2.1.1 e 2.1.3) são ilustradas imagens aéreas e registros fotográficos das três ETEs inseridas no município de Mossoró, sendo todas elas constituídas por sistemas de lagoa de estabilização.

Figura 3 – Distribuição geográfica das Estações de Tratamento de Esgoto no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: CAERN (2023).

2.1.1 ETE Cajazeiras

A ETE Cajazeiras localiza-se à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró, conforme visualizada na Figura 2, com uma área total de aproximadamente 445.552,34 m². Ela é constituída por quatro baterias, em paralelo, de uma lagoa facultativa (largura de 135 m e comprimento de 332 m, aproximadamente) seguida de duas lagoas de maturação (largura de 135 m e comprimento de 160 m cada, aproximadamente) totalizando 12 lagoas (Figura 4).

Na Figura 5 observa-se o tratamento preliminar por gradeamento, o qual recebe efluentes provenientes de três tubulações emissárias. Entende-se por emissário a tubulação responsável por conduzir os esgotos ou efluentes desde o ponto de origem até a unidade de tratamento ou até o ponto de lançamento final no meio ambiente (Von Sperling, 2002).

Após o tratamento preliminar da caixa de areia (Figura 6), observa-se ao fundo a calha *Parshall* (Figura 7), dispositivo utilizado para medição de vazão do esgoto bruto na ETE. No entanto, não foi possível visualizar a graduação do medidor de vazão, o que impossibilitou a identificação precisa da vazão.

Figura 4 – Vista superior da Estação de Tratamento de Esgoto Cajazeiras, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

Figura 5 – Tratamento preliminar por gradeamento na Estação de Tratamento de Esgoto Cajazeiras, inseridas no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

Figura 6 – Tratamento preliminar por caixa de areia na Estação de Tratamento de Esgoto Cajazeiras, inseridas no município de Mossoró, Rio grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

Figura 7 – Medidor de vazão (calha *Parshall*) na Estação de Tratamento de Esgoto Cajazeiras, inseridas no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

2.1.2 ETE Passagem de Pedras/Rincão

A segunda maior ETE do município é a de Passagem de Pedras/Rincão (Figura 8), com 196.192,63 m² de área total, aproximadamente. Esta localiza-se à margem direita do rio Apodi-Mossoró, na região de nome Rincão, e por isso também é por vezes chamada de ETE Rincão (Mossoró; Start, 2016).

Figura 8 – Vista superior da Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Adaptado de *Google Earth* (2025).

Ela é constituída por duas baterias, em paralelo, de uma lagoa facultativa (largura de 84 m e comprimento de 233 m, aproximadamente) e duas de lagoas de maturação (largura de 84 m e comprimento de 100 m, cada uma aproximadamente), totalizando 6 lagoas.

Diferente das demais Estações de Tratamento de Esgoto do município, a ETE Passagem de Pedras/Rincão possui um tanque de amortecimento unilateral (TAU), que é uma unidade hidráulica utilizada para regularizar e amortecer as variações de vazão afluente à etapa de tratamento (Von Sperling, 2002), conforme ilustrado na Figura 9. A ETE Passagem de Pedras/Rincão recebe efluentes diretamente bombeados pela EEE 5, conforme demonstra o croqui do esquema do funcionamento do esgotamento sanitário à margem direita do rio Apodi-Mossoró (Figura 15, item 2.1.3).

Após o TAU, foi identificado o tratamento preliminar por caixa de areia e, por conseguinte, o medidor de vazão calha *Parshall* (Figura 10).

Figura 9 – Tanque de amortecimento unilateral (TAU) na Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão, inserida no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

Figura 10 – Tratamento preliminar por caixa de areia, seguido de medidor de vazão (calha *Parshall*), na Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão, município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

2.1.3 ETE Vingt Rosado

A ETE que possui menor área no município de Mossoró é a Vingt Rosado, possuindo, aproximadamente 61.483,23m². Ela, que também está localizada à margem direita do rio Apodi-Mossoró, é constituída por uma única bateria de lagoas de estabilização, sendo uma lagoa facultativa (largura de 176 m e comprimento de 231 m, aproximadamente) e uma lagoa de maturação (largura de 176 m e comprimento de 85 m, aproximadamente). Na Figura 11 é possível visualizar edificações muito próximas no entorno da lagoa, não respeitando a faixa de distância para edificações de pelo menos 100 metros entre a ETE e o limite de áreas residenciais, podendo ainda essa distância variar conforme o tipo de tratamento, a topografia do terreno, ventos predominantes e barreiras vegetais (FUNASA, 2019).

Na Figura 12 é possível identificar o tratamento preliminar por gradeamento e por caixa de areia, além do medidor de vazão (calha *Parschall*) visível ao fundo. Este por sua vez encontra-se em bom estado, permitindo a medição do volume de esgoto com precisão, conforme detalhado na Figura 13.

Figura 11 – Vista superior da Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Adaptado de Google Earth (2025).

Figura 12 – Tratamento preliminar por gradeamento e caixa de areia na Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

Figura 13 – Detalhe do medidor de vazão (calha Parshall) da Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

É importante ressaltar que a CAERN segregou o município de Mossoró por unidades administrativas, sendo elas: Central, Leste, Oeste e Sul. Entende-se como região Central, Oeste e

Sul a área do município localizada à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró; e a região administrativa Leste, a área localizada à margem direita do referido rio (Mossoró; Start, 2016).

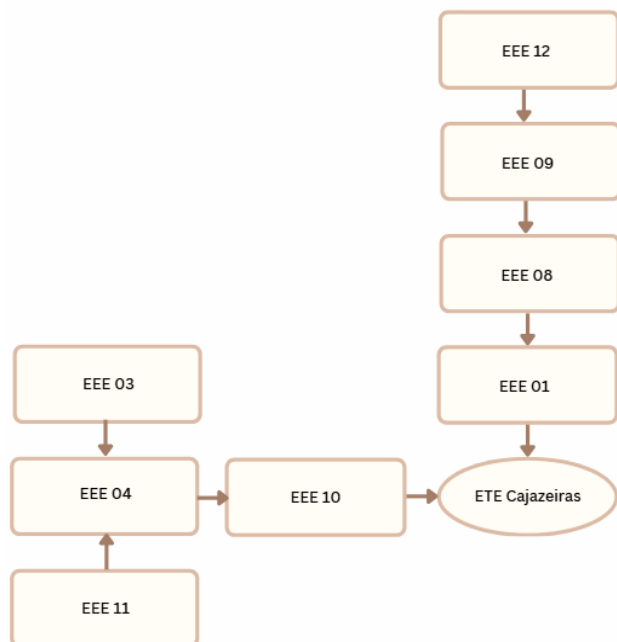
Entendendo a denominação, a localização das regiões administrativas e conhecendo a distribuição espacial das ETEs em atividade em Mossoró (Figuras 2 e 3), é possível compreender como funciona o fluxo das contribuições de efluentes no município.

Sendo assim, as regiões Central, Oeste e Sul têm as suas contribuições de esgoto para a ETE Cajazeiras, a única Estação de Tratamento de Esgoto localizada à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró (Figuras 2 e 3). Já a região Leste tem as suas contribuições de esgoto sendo direcionadas para as ETE Vingt Rosado e ETE Passagem de Pedras/Rincão, estas por sua vez localizadas à margem direita do referido rio, como é possível verificar na Figuras 2 e 3.

A Figura 14 esquematiza o funcionamento do esgoto à margem esquerda do rio Apodi-Mossoró. A EEE 4 recebe os efluentes bombeados da EEE 3 e EEE 11, e bombeia conduzindo o esgoto para a EEE 10 e de lá o esgoto é bombeado até a ETE Cajazeiras. Por outro lado, a EEE 12 bombeia o efluente para a EEE 9, de lá o efluente é bombeado para a EEE 8, e em seguida para a EEE 1 que bombeia para a ETE Cajazeiras para tratamento. A EEE 1 é uma das Estações Elevatórias de Esgoto mais antigas no município, com idade superior a 40 anos de funcionamento (Mossoró; Start, 2016).

A Figura 15 esquematiza o funcionamento do esgoto à direita do rio Apodi-Mossoró. A EEE 5 recebe esgoto bombeados da EEE 6 e EEE 7, e de lá o esgoto é bombeado a ETE Passagem de Pedras/Rincão.

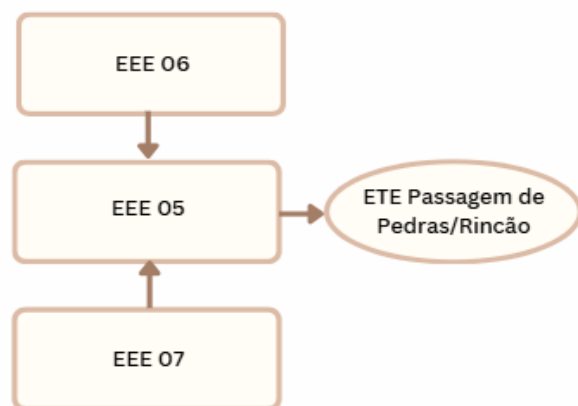
Figura 14 – Croqui de funcionamento do sistema de esgotamento sanitário da margem esquerda do rio Apodi-Mossoró, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



*Informações obtidas em campo
Fonte: Autora (2025).

Já na Figura 16 é esquematizado como os efluentes chegam na ETE Vingt Rosado. Na ETE Vingt Rosado só é tratado o esgoto produzido pelo bairro Vingt Rosado, e este chega até a ela por gravidade, ou seja, sem a necessidade de EEE.

Figura 15 – Croqui de funcionamento do sistema de esgotamento sanitário da margem direita do rio Apodi-Mossoró, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, até a Estação de Tratamento de Esgoto Pedras/Rincão



Fonte: Autora (2025).

Figura 16 – Croqui de funcionamento do sistema de esgotamento sanitário da margem direita do rio Apodi-Mossoró, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado



Fonte: Autora (2025).

2.2 Projeção populacional

Conforme mencionado no item 2, utilizou-se da projeção populacional de Mossoró, que foi elaborada, avaliada e validada por Souza (2024), como ponto de partida para o desenvolvimento deste estudo. Souza (2024) fez uso de dados populacionais dos censos dos últimos cinquenta anos, que abrangeram os anos de 1970, 1980, 1991, 2000, 2010 e 2022, em conjunto com métodos de projeção populacional, e considerou o ano de 2033 como sendo o fim do projeto. Desta forma, o método de projeção que melhor se adaptou aos dados do município de Mossoró, conforme estudo de Souza (2024), foi o método dos mínimos quadrados (MMQ) pois ele apresentou o menor desvio médio absoluto entre os valores observados e os valores ajustados, garantindo assim maior precisão na estimativa populacional.

Além do mais, Souza (2024) realizou uma estimativa da população atendida pela ETE Cajazeiras. Assim, utilizando a metodologia adotada por Souza (2024) para estimar a população atendida pela ETE Cajazeiras, nesta pesquisa foram estimadas as populações que são atendidas pela ETE Passagem de Pedras/Rincão e ETE Vingt Rosado, conforme explicitado no item 2.2.1.

2.2.1 Estimativa da população atendida por Estação de Tratamento de Esgoto

No Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016) constam informações do total de economias cadastradas por unidade administrativa, considerando o ano base de 2015, conforme apresentado na Tabela 1 (Mossoró; Start, 2016).

Tabela 1 – Informações de número de economias de esgotamento sanitário de Mossoró, Rio Grande do Norte, por região administrativa para o ano base de 2015

Esgoto Mossoró	Central	Leste	Oeste	Sul	Total Mossoró
Economias cadastradas	16.555	11.879	3.870	9.045	41.340

Fonte: Adaptado de Mossoró; Start (2016).

Como observado na Tabela 1, no ano de 2015, Mossoró possuía 41.340 economias cadastradas, estando estas distribuídas nas suas regiões administrativas Central, Leste, Oeste e Sul.

Para estimar a população atendida pelo serviço de esgotamento sanitário em Mossoró, foram utilizados como base os dados sistematizados por Souza (2024), que consideraram o índice de atendimento total de esgoto, o número de economias cadastradas no sistema e a população total conhecida do município. A partir desses dados, foi possível obter uma relação média de habitantes por economia. Com base nos dados do ano de 2015, chegou-se a uma média de 3 habitantes por economia cadastrada, conforme demonstrado na Equação 1.

$$N^{\circ} \text{ de hab. por região} = Qntd. \text{ de economias da região} \times N^{\circ} \text{ de hab. por economia} \quad (1)$$

Essa relação foi utilizada como base para a extrapolação dos dados referentes aos anos de 2022 e 2033, permitindo a estimativa do número de economias cadastradas, originando as Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Estimativa do número de economias cadastradas e percentual do esgotamento sanitário de Mossoró, Rio Grande do Norte, por região administrativa em 2022

Região	Central	Leste	Oeste	Sul	Total Mossoró
Nº de economias cadastradas	20.188	14.475	4.719	11.030	54.412
% de economias cadastradas	40,05	28,71	9,36	21,88	100

Fonte: Souza (2024).

Tabela 3 – Estimativa do número de economias cadastradas e percentual do esgotamento sanitário de Mossoró, Rio Grande do Norte, por região administrativa em 2033

Região	Central	Leste	Oeste	Sul	Total Mossoró
Nº de economias cadastradas	28.572	20.486	6.679	15.611	71.348
% de economias cadastradas	40,05	28,71	9,36	21,88	100

Fonte: Souza (2024).

Para distribuir essas economias entre as diferentes regiões administrativas de Mossoró, considerou-se a contribuição percentual de cada região observada em 2015, assumindo-se que essa distribuição permaneceria constante ao longo do período analisado. Com os percentuais aplicados e utilizando a Equação 2, foi possível estimar o número de habitantes atendidos por região administrativa nos anos de 2022 e 2033. Os resultados dessas estimativas foram organizados e apresentados nas Tabelas 4 e 5.

$$N^{\circ} \text{ de economias (região)} = \% \text{ de economias (região)} \times N^{\circ} \text{ total de economias} \quad (2)$$

Tabela 4 – Estimativa do número de habitantes de Mossoró, Rio Grande do Norte, por região administrativa em 2022

Região	Central	Leste	Oeste	Sul	Total Mossoró
Nº de habitantes	65.404	46.895	15.289	35.734	163.322

Fonte: Adaptado de Souza (2024).

Tabela 5 – Estimativa do número de habitantes de Mossoró, Rio Grande do Norte, por região administrativa em 2033

Região	Central	Leste	Oeste	Sul	Total Mossoró
Nº de habitantes	91.525	65.624	21.395	50.006	228.550

Fonte: Adaptado de Souza (2024).

Para garantir a continuidade e a efetividade deste estudo, foram consideradas apenas as informações referentes à região administrativa Leste do município de Mossoró. Essa delimitação se justifica pelo fato de que tanto a ETE Passagem de Pedras/Rincão quanto a ETE Vingt Rosado estão localizadas à margem direita do rio Apodi-Mossoró, conforme ilustrado na Figura 2.

Com o objetivo de setorizar a população e, conseqüentemente, a contribuição do efluente gerado, foi utilizada a Tabela 6, a qual apresenta os dados relativos aos tipos de ligações de esgoto – condominial e convencional – e suas respectivas quantidades, organizadas por região administrativa, com base no ano de 2015. Esses dados foram fundamentais para o presente estudo, uma vez que o tipo de ligação foi adotado como critério para a estimativa da vazão de esgoto direcionada a cada ETE da região Leste de Mossoró.

Tabela 6 – Informações das quantidades de ligações, por tipo de ligação, no município de Mossoró para a região administrativa Leste (ano base 2015)

Ligações	Quantidade de ligações	% de contribuição
Convencional	6.163	63,27
Condominial	3.578	36,73
Ligações ativas	9.741	100

Fonte: Adaptado de Mossoró; Start (2016).

Para estimar o número de economias cadastradas que contribuem para cada ETE localizada nessa região, adotou-se o critério de atribuir a ETE Vingt Rosado todas as ligações do tipo condominial existentes na região Leste. Essa premissa se justifica pelo fato de que a ETE Vingt Rosado atende exclusivamente ao bairro Vingt Rosado, que de acordo com o Plano municipal de Saneamento Básico possui apenas ligações condominiais (Mossoró; Start, 2016). A mesma proporção de ligações - condominiais e convencionais - foi utilizada para distinguir a população e a vazão de esgotos da região administrativa Leste.

2.3 Cálculo das vazões de esgoto

Após estimada a população para o ano de 2033, distribuída pelas áreas administrativas do município de Mossoró, foi possível mensurar a vazão que será encaminhada a cada ETE.

Em Von Sperling (2002), o cálculo da vazão total de esgoto é aquela advinda de domicílios, além dos gerados por atividades comerciais e institucionais. Para se estimar a vazão, baseia-se no consumo de água, considerando um valor referente a quota *per capita*; o coeficiente de retorno, que representa a proporção do consumo de água que se transforma em esgoto; e ainda o coeficiente de variação das vazões a serem consideradas: mínima, média e máxima (Equações 3 e 5).

Foi adotado um coeficiente de retorno de esgoto/água de 0,80, conforme recomendação da NBR 9649 (ABNT, 1986), em razão da ausência de dados oficiais.

$$Qd_{méd} = \frac{Pop. \cdot QPC \cdot R}{86400} \quad (3)$$

Onde:

$Qd_{média}$ = vazão doméstica média de esgotos (L/s);

QPC = quota *per capita* de água (L/hab.d); e

R = coeficiente de retorno esgoto/água.

A taxa de infiltração adotada foi de 0,3 L/s.km, valor que se encontra dentro do intervalo de 0,05 a 1,0 L/s.km estabelecido pela NBR 9649 (ABNT, 1986), além de coincidir com a faixa indicada por Von Sperling (2002), que varia de 0,3 a 0,5 L/s.km. A vazão de infiltração foi calculada pela Equação 4.

$$Q_{inf} = T_i \cdot L_{rede} \quad (4)$$

Onde:

Q_{inf} = vazão de infiltração (L/s);

T_i = taxa de infiltração (L/s.km); e

L_{rede} = extensão de rede de esgoto (km).

$$\begin{aligned} Q_{min} &= (Qd_{média} \cdot K_1 \cdot K_2) + Q_{inf} + Q_{ind} \\ Q_{máx} &= (Qd_{média} \cdot K_3) + Q_{inf} + Q_{ind} \end{aligned} \quad (5)$$

Onde:

Q_{min} = vazão mínima (L/s);

$Q_{máx}$ = vazão máxima (L/s);

$Qd_{média}$ = vazão doméstica média (L/s);

Q_{inf} = vazão de infiltração (L/s);

Q_{ind} = vazão industrial (L/s);

K_1 = coeficiente do dia de maior consumo;

K_2 = coeficiente da hora de maior consumo; e

K_3 = coeficiente da hora de menor consumo.

2.4 Conformidade projetual das Estações de Tratamento de Esgotos

Com o objetivo de avaliar a conformidade projetual atual das ETEs localizadas à margem direita do rio Apodi-Mossoró, foi realizado assim o pré-dimensionamento dessas unidades, com base nas vazões estimadas para o ano de 2033, utilizando o programa ETEUFERSA (Figura 17), registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), sob o número BR512023002763-4.

A análise da conformidade projetual das ETEs foi realizada com base na vazão estimada de esgoto para 2033, por meio do programa ETEUFERSA, que utiliza dados de projeto para realizar o pré-dimensionamento. Essa verificação é fundamental, considerando o crescimento populacional e a meta de 90% de cobertura de atendimento sanitário até 2033. O programa permite o pré-dimensionamento de lagoas anaeróbicas, facultativas e de maturação, adaptando ao formato desejado.

Para o caso da ETE Passagem de Pedras/Rincão o sistema é composto por duas baterias de lagoas, sendo uma lagoa facultativa e duas lagoas de maturação; e a ETE Vingt Rosado é composto

por uma única bateria de lagoas, sendo uma lagoa facultativa e uma lagoa de maturação. Os dados de entrada necessários para que o programa realize os cálculos estão elencados no Quadro 1, como também os dados de saída (resultados), que são apresentados através de relatórios analíticos e *layout* das lagoas (Ribeiro; Medeiros; Guedes, 2023).

Figura 17 – Painel de entrada de dados do programa ETEUFERSA

The image shows the 'Painel de entrada de dados' (Data Entry Panel) of the ETEUFERSA program. It features a grid of input fields for various parameters: Population, Influent Flow, Influent DBO, Temperature (°C), Number of Lagoons, Proportion of Facultative, Coefficient K, Chemical Oxygen Demand (DQO), Surface Application Rate, Effluent SS Concentration, and SS/DBO5 Concentration. Below these are checkboxes for 'Facultative', 'Consider only Facultative?', and 'Do you want to calculate Maturation Lagoon?'. Further down are fields for Fecal Coliforms, Helminth Eggs, Lagoons in Series, Useful Depth, Length, Width, Detention Time, Typical DBO Removal Efficiency, and Typical Egg Removal Efficiency. A blue 'Dimensionar' (Dimension) button is located at the bottom right.

Fonte: ETEUFERSA (2025).

Quadro 1 – Dados de entrada e saída do programa ETEUFERSA para pré-dimensionamento dos sistemas de lagoa facultativa e lagoa de maturação

Tipos de sistemas	Dados de entrada	Dados de saída
Lagoa Facultativa	População; vazão afluente; demanda bioquímica de oxigênio (DBO) afluente; temperatura; quantidade de lagoas; proporção/1 facultativa; Coeficiente de remoção de DBO (K); Demanda química de oxigênio (DQO); taxa de aplicação superficial; concentração de sólidos em suspensão (SS) efluente; concentração de sólidos em suspensão (SS)/DBO ₅ ; profundidade da lagoa.	Carga afluente; área de cada lagoa; volume; tempo; Coeficiente de remoção da DBO em uma temperatura do líquido T qualquer (K _T); concentração de DBO solúvel efluente (S); DBO ₅ particulada; DBO efluente.
Lagoa de Maturação	Coliformes fecais; ovos de helmintos; lagoas em série; profundidade útil; comprimento; largura; tempo de detenção; eficiência de remoção de ovos.	Remoção de coliformes; volume das lagoas; área superficial; área superficial total; número de dispersão; coeficiente de decaimento bacteriano; coeficiente de decaimento para temperatura local; concentração de coliformes efluentes; eficiência das lagoas; concentração de coliformes no efluente final; eficiência de remoção global; concentração de ovos no efluente do tratamento secundário; eficiência de remoção global dos ovos; eficiência global de remoção de helmintos; unidades log removidas.

Fonte: Adaptado de Ribeiro, Medeiros e Guedes (2023).

No Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016), são apresentadas informações de eficiência de remoção de parâmetros como demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e coliformes termotolerantes das ETES, conforme Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão inserida no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, em relação à remoção de DBO, DQO e coliformes termotolerantes

Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão				
Eficiência/Ano	2012	2013	2014	2015
DBO (%)	72,5	91,8	85,6	84,6
DQO (%)	44,6	56,7	39,4	75,4
Coliformes termotolerantes (%)	99,99	99,99	99,99	99,92

Fonte: Adaptado de Mossoró; Start (2016).

Tabela 8 – Eficiência da Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado inserida no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, em relação à remoção de DBO, DQO e coliformes termotolerantes

Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado				
Eficiência/Ano	2012	2013	2014	2015
DBO (%)	90,8	90,8	90,8	90,8
DQO (%)	66,9	66,9	66,9	66,9
Coliformes termotolerantes (%)	99,99	99,99	99,99	99,99

Fonte: Adaptado de Mossoró; Start (2016).

Devido à ausência de informações oficiais dos sistemas, alguns dados necessários para a utilização do programa ETEUFERSA foram obtidos por meio de cálculos e referências da literatura técnica. Von Sperling (2002) apresenta a Equação 6, onde é possível calcular a eficiência de remoção de um poluente no tratamento, com base nas concentrações do afluente e do efluente.

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

E = eficiência de remoção (%);

C₀ = concentração afluente do poluente (mg/L); e

C_e = concentração efluente do poluente (mg/L).

No Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016) apresenta os resultados das análises de DQO e DBO referentes ao ano de 2015, como também o percentual de eficiência de remoção destes, permitindo se chegar ao valor estimado da concentração do efluente bruto por meio da utilização da Equação 6. Na ETE Passagem de Pedras/Rincão, os valores registrados no ano de 2015 foram de 209,0 mg/L para a DQO e 155,1 mg/L para a DBO, respectivamente, e as eficiências constam na Tabela 7, sendo elas 75,4 e 84,6 respectivamente. Aplicando na Equação 6, resultou no valor de 849,59mg/L para o DQO e de 1.007,14mg/L para a DBO, ambos valores de vazão afluente. Já na ETE Vingt Rosado, os valores

registrados no ano de 2015 foram 465,0 mg/L para a DQO e 84,6 mg/L para a DBO, e os valores registrados de suas eficiências estão na Tabela 8, sendo eles 66,9 e 90,8 respectivamente. Da mesma forma, aplicando os dados na Equação 6 chegou-se aos valores de 1.404,83 mg/L para DQO e de 919,57mg/L para DBO, também ambos parâmetros estimados para afluente.

Segundo Mara (1995, apud Sperling, 1986), os sólidos em suspensão de lagoas facultativas são em torno de 60 a 80% de algas. E cada 1 mg de algas gera uma DBO₅ em torno de 0,45 mg, fazendo com que essa faixa varie de 0,3 a 0,4 mg DBO₅/L.

Para a análise da situação projetual das ETEs Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, foram considerados os valores de vazão total e população total atendida, bem como dados estimados com base em equações consagradas na literatura técnica e em registros complementares, como o Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016). Tal abordagem se justifica pela ausência de dados oficiais atualizados. Os parâmetros de entrada para o pré-dimensionamento das ETEs estão explicitados nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 – Dados de entrada para pré-dimensionamento das lagoas facultativas das Estações de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, inseridas no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, no programa desenvolvido por Ribeiro, Medeiros e Guedes (2025)

Dados	Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão		Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado	
	Ano		Ano	
	2022	2033	2022	2033
Entrada				
População (hab.)	29.672	41.995	17.227	24.379
Vazão afluente (m³/dia)	2.142,29	2.782,94	2.487,46	3.231,36
DBO afluente (m³/L)	1.007,14	1.007,14	919,57	919,57
Temperatura (°C)	32	32	32	32
Quantidade de lagoas	1	1	1	1
Proporção/1(Largura/Comprimento)	2,5	2,5	1,5	1,5
K(1/d)	0,33	0,33	0,33	0,33
DQO (mg/L)	849,6	849,6	1.404,8	1.404,8
Taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.d)	240	240	240	240
Concentração sólidos em suspensão do efluente (mg/L)	80	80	80	80
Concentração sólidos em suspensão/DBO ₅	0,28	0,28	0,28	0,28
Profundidade (m)	2	2	2	2

DQO = demanda bioquímica de oxigênio; K = correção de coeficiente de DBO em 1/dia; DQO = demanda química de oxigênio.

Fonte: Autora (2025).

A vazão afluente da ETE Passagem de Pedras/Rincão foi estimada e posteriormente dividida por dois, uma vez que, após o tratamento preliminar, o efluente é distribuído em duas baterias de lagoas. Para a determinação do DQO afluente, utilizou-se como base a concentração de DQO do efluente tratado no ano de 2015, cujo valor registrado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016) foi de 209,0 mg/L. Com base nesse dado e na eficiência de remoção da DQO apresentada na Tabela 7, aplicou-se a Equação 6, obtendo-se o valor da DQO do efluente bruto. Com relação a taxa de aplicação superficial foi utilizado o valor de 240

kgDBO₅/ha.d, sendo esse um valor razoável para a faixa de 240 a 350 KgDBO₅/ha.dia para regiões com inverno quente e elevada insolação.

A temperatura adotada foi de 32°C, em consonância com os dados utilizados por Souza (2024), considerando que se trata do mesmo corpo receptor.

Para a correção do coeficiente de remoção de DBO, representado por K, adotou-se o valor de 0,33 d⁻¹. A concentração de sólidos suspensos foi considerada como 80 mg/L. Assumindo-se que cada 1 mg de algas gera aproximadamente 0,45 mg de DBO₅, adotou-se o valor de 0,28 mg/L para a DBO₅.

Dada a ausência de registros sobre a profundidade da lagoa facultativa da ETE Passagem de Pedras/Rincão, adotou-se o valor de 2,00 m, conforme faixa usual recomendada por Von Sperling (1986), que é entre 1,5 m e 2,0 m. As dimensões da lagoa, obtidas via *Google Earth* (Figura 8), são de 84,00 m de largura e 233,00 m de comprimento, resultando em uma razão comprimento/largura de aproximadamente 2,5, valor próximo à configuração real.

Na ETE Vingt Rosado, conforme registrado no Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016), a concentração de DQO no efluente tratado em 2015 era de 465,0 mg/L (Mossoró; Start, 2016). A partir desse valor e da eficiência de remoção de DQO apresentada na Tabela 8, aplicou-se a Equação 6, obtendo-se a concentração aproximada de 1.404,83 mg/L no esgoto bruto.

Observa-se que, tanto na ETE Vingt Rosado quanto na ETE Passagem de Pedras/Rincão, localizadas na região Leste do município, os valores de DQO estimados para o esgoto bruto extrapolam a faixa típica de 200 a 800 mg/L associada a esgotos domésticos, segundo Jordão e Pessoa (2017).

Adotaram-se para essa unidade os mesmos parâmetros de projeto considerados para a ETE Passagem de Pedras/Rincão, como coeficiente de remoção de DBO (K), temperatura, concentração de sólidos em suspensão e taxa de aplicação superficial, tendo em vista as similaridades ambientais onde as ETEs estão inseridas.

Devido à ausência de registros quanto à profundidade da lagoa facultativa da ETE Vingt Rosado, atribuiu-se o valor de 2,00 m, conforme recomendação de Von Sperling (1986). Suas dimensões, obtidas por imagens de satélite via *Google Earth* (Figura 8), são de 176,00 m de largura por 231,00 m de comprimento, resultando em uma proporção comprimento/largura de aproximadamente 1,5, valor adotado para os cálculos.

Os parâmetros adotados para a lagoa de maturação da mesma ETE encontram-se detalhados na Tabela 10. Conforme o Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016), a concentração de coliformes fecais no efluente tratado em 2015 era de 35.000 CF/mL. Considerando-se uma eficiência de remoção de 99,92% (Tabela 7), aplicou-se a Equação 6, obtendo-se uma concentração estimada de 43.750.000 CF/mL no efluente bruto.

Seguindo a abordagem de Souza (2024), adotou-se o valor de 100 ovos/L para a concentração de ovos de helmintos.

Assim como na lagoa facultativa, não há registros sobre a profundidade da lagoa de maturação. Deste modo, foi atribuído o valor de 1,20 m, dentro da faixa usual de 0,80 m a 1,20 m, segundo Von Sperling (1986). As dimensões da lagoa, também obtidas por imagens de satélite (Figura 8), são de 84,00m de largura e 100,00 m de comprimento.

Tabela 10 – Dados de entrada para pré-dimensionamento das lagoas de maturação das Estações de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, inseridas no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, no programa desenvolvido por Ribeiro, Medeiros e Guedes (2025)

Dados	Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão		Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado	
	Ano		Ano	
Entrada	2022	2033	2022	2033
Coliformes fecais (CF/mL)	43.750.000	43.750.000	1.600.000.000	1.600.000.000
Ovos helmintos (ovos/L)	100	100	100	100
Lagoas em série	2	2	1	1
Profundidade útil (m)	1,20	1,20	1,20	1,20
Comprimento (m)	100	100	85	85
Largura (m)	84	84	176	176
Tempo de detenção (d)	5	5	5	5
Eficiência típica de remoção de DBO (%)	84,6	84,6	90,8	90,8
Eficiência típica de remoção de ovos (%)	99,69	99,69	97,55	97,55

CF = coliformes fecais; DBO = demanda bioquímica de oxigênio

Fonte: Autora (2025).

O tempo de detenção hidráulica considerado foi de 5 dias para cada lagoa de maturação, valor dentro da faixa recomendada por Von Sperling (1996) para lagoas de maturação primária, que varia entre 3 e 5 dias. Cabe destacar que a eficiência de remoção de ovos de helmintos ocorre em grande parte nas lagoas facultativas e anaeróbias, e caso haja remanescente de ovos haverá essa sedimentação adicional nas lagoas de maturação, como consta em Von Sperling (1996, apud Ayres, 1992). O percentual adotado foi de 99,69 para o tempo total de detenção de 10 dias. Já a eficiência típica de remoção de DBO foi adotado conforme valor apresentado na Tabela 7.

Na Tabela 10, constam informações referentes à lagoa de maturação da ETE Vingt Rosado que segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Mossoró (PMSB) (Mossoró; Start, 2016), a concentração de coliformes fecais no efluente tratado da ETE Vingt Rosado em 2015 era de 160.000 CF/mL. Considerando uma eficiência de remoção de 99,99%, conforme Tabela 8, e utilizando a Equação 6, estimou-se uma carga de 1.600.000.000 CF/mL no efluente bruto.

De maneira semelhante ao adotado para a ETE Passagem de Pedras/Rincão, considerou-se o valor de 100 ovos/L para a concentração de ovos de helmintos no esgoto afluente.

Em razão da ausência de dados sobre a profundidade da lagoa de maturação da ETE Vingt Rosado, foi adotado o valor de 1,20 m, dentro da faixa usual recomendada por Von Sperling (1986). As dimensões dessa lagoa, verificadas via *Google Earth* (Figura 11), são de 176,00 m de largura e 85,00 m de comprimento.

Os valores de eficiência típica de remoção de DBO foi adotado conforme dados da Tabela 8. O tempo de detenção hidráulica foi fixado em 5 dias, valor compatível com o intervalo recomendado por Von Sperling (1996) para lagoas de maturação primária. No caso da eficiência de remoção de ovos foi adotado o valor de 97,55, utilizando os valores médios de Von Sperling (1996, apud Ayres, 1992).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2015, a região administrativa Leste contava com um total de 9.741 ligações ativas de esgoto. Destas, 3.578 ligações (36,73%) eram do tipo condominial, enquanto 6.163 das ligações ativas (63,27%) eram do tipo convencional.

Com base nas estimativas referentes ao número de economias cadastradas por regiões administrativas nos anos de 2022 e 2033, apresentadas no item 2.2.1, e considerando a proporção de contribuição de cada estação de tratamento de esgoto, foram obtidos os valores apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Quantidades de economias cadastradas por Estação de Tratamento de Esgoto da região administrativa Leste, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (anos 2015, 2022 e 2033)

Estação de tratamento de esgoto	Total de ligações em 2015*	Estimativa do total de ligações em 2022**	Estimativa do total de ligações em 2033**	% de contribuição
Passagem de Pedras/Rincão	6.163	9.158	12.961	63,27
Vingt Rosado	3.578	5.317	7.525	36,73
TOTAL DE ECONOMIAS CADASTRADAS	9.741	14.475	20.486	100

Fonte: Mossoró; Start (2016)*, Autora (2025)**.

A partir da quantidade de economias e utilizando a média de 3 habitantes por economia cadastrada, conforme metodologia apresentada por Souza (2024), foi possível estimar a população atendida por cada ETE nos anos de 2022 e 2033, conforme apresentado na Tabela 12.

A vazão de infiltração foi estimada com base em uma taxa de 0,3 L/s.km, em conformidade com a NBR 9649 (ABNT, 1986) e Von Sperling (2002), considerando a extensão de rede de esgoto por região, conforme Tabela 13. Com base nessa taxa e na extensão da rede, foi calculada uma vazão de infiltração correspondente para a ETE Passagem de Pedras/Rincão de 13,87 L/s, de 8,05 L/s na ETE Vingt Rosado (Tabela 14), e de 54,45 L/s na ETE Cajazeiras. Ressalta-se que a estimativa de vazão para a ETE Cajazeiras foi obtida em Souza (2024).

Tabela 12 – Estimativa da população atendida por Estação de Tratamento de Esgoto na região Leste de Mossoró, Rio Grande do Norte (anos de 2022 e 2033)

Estação de Tratamento de Esgoto	Total de habitantes em 2022	Total de habitantes em 2033
Passagem de Pedras/Rincão	29.672	41.995
Vingt Rosado	17.227	24.379
TOTAL DE HABITANTES DA REGIÃO LESTE	23.450	66.374

Fonte: Autora (2025).

Considerando o coeficiente de retorno de 0,80 (NBR 9649, 1986) e o consumo médio *per capita* de 130L/hab.dia, foram estimadas nesta pesquisa as vazões domésticas de esgoto de 50,55 L/s na ETE Passagem de Pedras/Rincão e 29,35 L/s na ETE Vingt Rosado (Tabela 14). Além do mais, Souza (2024) estimou uma vazão de 196,11 L/s na ETE Cajazeiras.

Tabela 13 – Extensão de rede coletora de esgoto em 2022 no município de Mossoró, Rio Grande do Norte

Estação de tratamento de esgoto	Extensão de rede (km)
Passagem de Pedras/Rincão	46,25
Vingt Rosado	26,85
VALOR PROPORCIONAL DA EXTENSÃO DE REDE REGIÃO LESTE	73,09

Fonte: SNIS (2025), Autora (2025).

Não há registros significativos de contribuição de efluentes industriais na área abrangida pelo sistema de esgotamento sanitário do município de Mossoró (Figura 2). Assim como adotado por Souza (2024), este estudo desconsidera a parcela de vazão referente a vazão industrial.

Além disso, também foram determinadas as vazões totais máxima e mínima, correspondendo a 104,86 L/s e 39,15 L/s na ETE Passagem de Pedras, 60,88 L/s e 22,73 L/s na ETE Vingt Rosado, respectivamente (Tabela 14). Cabe ressaltar que os valores estimados para as vazões totais máxima e mínima em Souza (2024) foram de 152,50 L/s e 407,45 L/s, respectivamente, na ETE Cajazeiras.

Tabela 14 – Estimativa de vazões por estação de tratamento de esgoto da região administrativa Leste, no município de Mossoró, Rio Grande do Norte (ano 2033)

Estação de tratamento de esgoto	Vazão doméstica (L/s)	Vazão de infiltração (L/s)	Vazão total (L/s)	Vazão total máxima (L/s)	Vazão total mínima (L/s)
Passagem de Pedras/Rincão	50,55	13,87	64,42	104,86	39,15
Vingt Rosado	29,35	8,05	37,40	60,88	22,73

Fonte: Mossoró; Start (2016), Autora (2025).

Os dados apresentados nas Tabelas 9 e 10 foram inseridos no programa desenvolvido por Ribeiro, Medeiros e Guedes (2023), resultando nos dados de saídas apresentados nas Tabelas 15 e 16, referentes aos anos de 2022 e 2033, permitindo a comparação do crescimento ocorrido, principalmente em função do aumento populacional. Na Tabela 15 estão apresentados os resultados obtidos no pré-dimensionamento das lagoas facultativas das ETEs Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado.

A análise dos dados gerados referente a lagoa facultativa de Passagem de Pedras/Rincão evidencia um aumento significativo entre os anos considerados no estudo. A carga afluente apresentou um acréscimo de 23,02% no intervalo de 10 anos.

Já com relação a lagoa facultativa da ETE Vingt Rosado, cuja configuração é composta por apenas uma lagoa, os dados de saída referentes ao pré-dimensionamento, evidencia um crescimento da carga afluente de 23,02% no intervalo de 10 anos. Esse acréscimo, da mesma forma que na ETE Passagem de Pedras/Rincão, está diretamente relacionado ao crescimento populacional estimado no período analisado.

Tabela 15 – Dados de saída para as lagoas facultativas das ETEs Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, inseridas no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, anos 2022 e 2033, por meio do programa desenvolvido por Ribeiro, Medeiros e Guedes (2025)

Dados	Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão		Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado	
	Ano		Ano	
	2022	2033	2022	2033
Carga afluyente à lagoa facultativa (kgDBO/d)	2.157,59	2.802,81	2.287,39	2.971,46
Área requerida (ha)	9,0	11,7	9,5	12,4
Área individual para cada lagoa facultativa (m²)	90.000	117.000	95.000	124.000
Volume resultante da lagoa facultativa (m³)	180.000	234.00	190.000	248.000
Tempo de detenção resultante (d)	84,02	84,08	76,38	76,75
Correção para temperatura de 23°C (cm/ano)	0,59	0,59	0,59	0,59
Estimativa da DBO solúvel efluente (mg/L)	20	20	20	20
Estimativa da DBO particulada efluente (mgDBO ₅)	22,4	22,4	22,4	22,4
DBO total efluente (mg/L)	42	42	42	42

DQO = demanda bioquímica de oxigênio

Fonte: Autora (2025).

A Tabela 16 apresenta os dados de saída referentes ao pré-dimensionamento da lagoa de maturação da ETE Passagem de Pedras/Rincão, composta por duas lagoas de maturação em série.

De forma semelhante aos resultados obtidos para a lagoa facultativa, os valores referentes à lagoa de maturação também apresentaram aumentos, bem como algumas repetições. Esse crescimento pode ser atribuído ao aumento da vazão do efluente, decorrente do crescimento populacional estimado no período analisado.

Além disso, alguns dados da lagoa de maturação se mantêm constantes. Isso se deve, provavelmente, à adoção de valores padronizados da literatura técnica, utilizados em razão da indisponibilidade de dados reais.

Também na Tabela 16 constam os dados de saída referentes ao pré-dimensionamento da lagoa de maturação da ETE Vingt Rosado, sistema composto por apenas uma lagoa.

Assim como observado nos demais sistemas analisados, os dados gerados pelo programa ETEUFERSA indicam a necessidade de um aumento de 23,07% no volume da lagoa de maturação e de 23,07% na área superficial. No caso da ETE Vingt Rosado, os valores da área superficial e da área superficial total são iguais, uma vez que o sistema é composto por apenas uma lagoa de maturação.

O programa ETEUFERSA, além de fornecer os dados resultantes do pré-dimensionamento, também gera automaticamente o *layout* da ETE com base nas informações inseridas. A Figura 18 ilustra o *layout* gerado pelo programa para a ETE Passagem de Pedras/Rincão.

Tabela 16 – Dados de saída para as lagoas de maturação das ETEs Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, inseridas no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, anos 2022 e 2033, por meio do programa desenvolvido por Ribeiro, Medeiros e Guedes (2025)

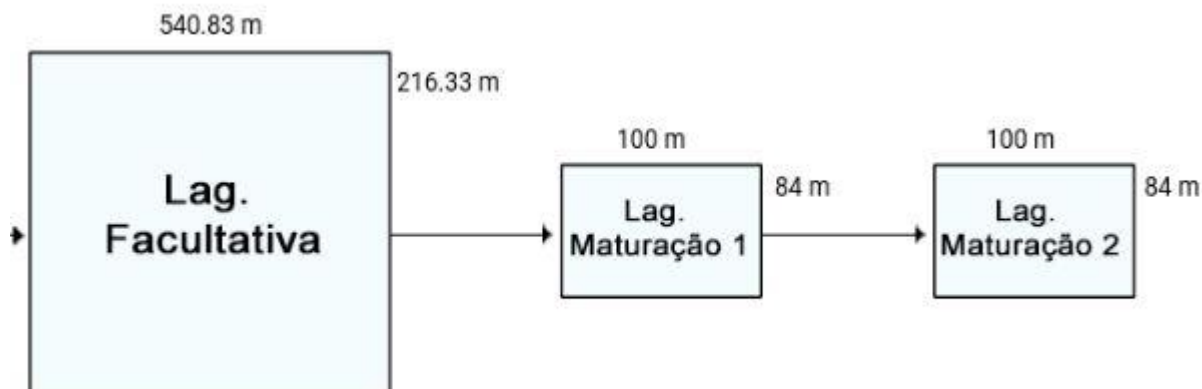
Dados	Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão		Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado	
	Ano		Ano	
	2022	2033	2022	2033
Concentração de coliformes após facultativa (CF/100mL)	6.737.500	6.737.500	246.400.000	147.200.000
Volume das lagoas (m³)	5.355,73	6.957,35	12.437,30	16.156,80
Área superficial (m²)	4.463	5.798	10.364,00	13.364,00
Área superficial total (m²)	8.926	11.596	10.364,00	13.364,00
Número de dispersão	0,84	0,84	2,07	2,07
Coefficiente de decaimento bacteriano (d ⁻¹)	0,43	0,43	0,43	0,43
Coefficiente de decaimento bacteriano para temperatura local (d ⁻¹)	0,97	0,97	0,97	0,97
Concentração de coliformes após maturação 1 (CF/100mL)	999.000	999.000	36.500.000	21.800.000
Eficiência das lagoas (%)	97,8	97,8	85,19	85,19
Concentração de coliformes após maturação 2 (CF/100mL)	148.126	148.126	-	-
Eficiência de remoção global (%)	99,66	99,66	97,72	98,64
Concentração efluente pós tratamento secundário (ovos/L)	0,08	0,08	0,31	0,01
Eficiência de remoção global dos ovos (%)	100	100	100	100
Eficiência global de remoção de helmintos (%)	99,99	99,99	99,99	99,99
Unidades log removidas	4,1	4,1	4,1	4,1

CF = coliformes fecais

Fonte: Autora (2025).

De acordo com a verificação realizada por meio do *Google Earth* (Figura 8), as lagoas de maturação da ETE Passagem de Pedras/Rincão apresentaram aproximadamente 100 m de comprimento e 84 m de largura. Com essas dimensões, a eficiência de remoção manteve-se em 100%, o que indica que, em 2033, as lagoas de maturação atingiriam eficiência máxima no tratamento com as dimensões atuais.

Figura 18 – *Layout* do pré-dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão, inserido no município de Mossoró, Rio Grande do Norte

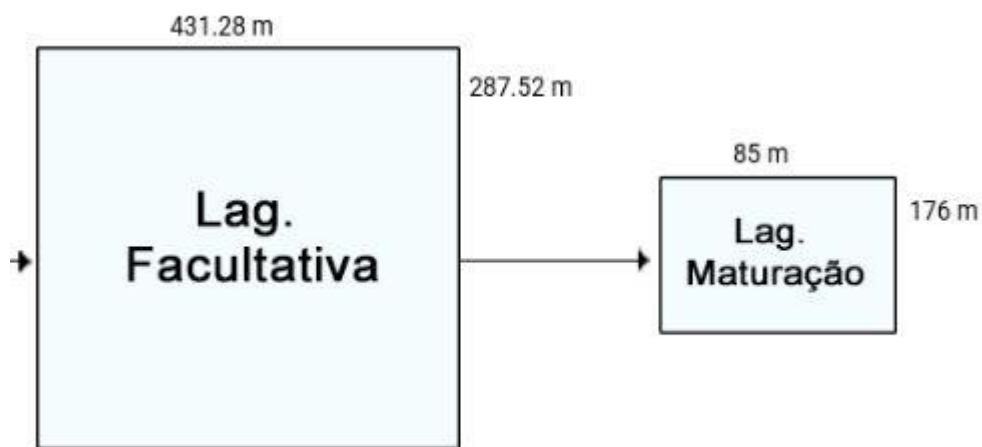


Fonte: Autora (2025).

Por outro lado, as lagoas facultativas, conforme o *layout* gerado pelo programa (Figura 18), demandariam dimensões de 540 m de comprimento e 216 m de largura, aproximadamente, para atender adequadamente à carga de efluente prevista. Em termos de área, isso representa um *déficit* equivalente à necessidade de uma bateria adicional de lagoas facultativas, sendo essa ampliação necessária para o ano de 2033.

Da mesma forma, o programa ETEUFERSA, gerou o *layout* do pré-dimensionamento da ETE Vingt Rosado (Figura 19). Ao analisar e compará-lo com a Figura 11, que apresenta as dimensões atuais das lagoas da estação, verifica-se que a lagoa facultativa precisaria ser ampliada para atender à demanda de efluente estimada para o ano de 2033. O *layout* gerado pelo programa indica que, para tratar essa vazão, a lagoa facultativa deveria ter dimensões de 430 m de comprimento e 280 m de largura, aproximadamente.

Figura 19 – *Layout* do pré-dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgoto Vingt Rosado, inserido no município de Mossoró, Rio Grande do Norte



Fonte: Autora (2025).

No entanto, a ampliação da ETE Vingt Rosado, seja por meio da construção de uma nova lagoa facultativa ou da expansão da lagoa existente, mostra-se inviável. Conforme evidenciado na Figura 11, há edificações construídas muito próximas à estação, não sendo respeitada a faixa mínima de afastamento de 100 m entre instalações de tratamento de esgoto e áreas residenciais, descumprindo as diretrizes da FUNASA (2019), que recomendam esse afastamento mínimo, o qual pode variar de acordo com o tipo de tratamento adotado, as condições topográficas, os ventos predominantes e a presença de barreiras vegetais.

Por outro lado, a lagoa de maturação da ETE Vingt Rosado, com dimensões aproximadas de 85 m de comprimento por 176 m de largura, manteve uma eficiência de remoção de 100%, indicando desempenho máximo mesmo em 2033.

Diante disso, fica evidenciada a necessidade de readequação e ampliação do sistema da ETE Vingt Rosado para que este atenda às exigências de universalização do esgotamento sanitário previstas para o referido ano.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos dados levantados e da aplicação do programa ETEUFERSA, este estudo permitiu avaliar a situação operacional e projetual das Estações de Tratamento de Esgoto Passagem de Pedras/Rincão e Vingt Rosado, localizadas no município de Mossoró-RN, frente ao cenário de quase universalização do esgotamento sanitário previsto para o ano de 2033. Os resultados obtidos permitiram identificar deficiências estruturais nas ETEs analisadas, bem como a necessidade de intervenções para garantir a capacidade de atendimento à demanda futura de esgoto. Desta forma, as principais conclusões do estudo foram:

- O programa ETEUFERSA demonstrou ser uma ferramenta eficiente e prática para o pré-dimensionamento de Estações de Tratamento de Esgoto, proporcionando resultados rápidos e com fácil interpretação técnica;
- A ETE Passagem de Pedras/Rincão apresentou dimensões insuficientes para atender à demanda estimada para 2033, sendo necessário o redimensionamento de suas unidades operacionais;
- A ETE Vingt Rosado também não apresenta capacidade para atender à vazão futura estimada, e sua ampliação é inviável devido à ocupação residencial no entorno, que compromete as faixas de afastamento exigidas por norma;
- Os resultados evidenciam a inadequação dos sistemas existentes frente ao crescimento urbano e à meta de universalização do serviço de esgotamento sanitário.

Para estudos futuros, recomenda-se a revisão e atualização deste trabalho com base em dados atuais das regiões administrativas de Mossoró, considerando as expansões urbanas e consequentemente a atualização do número de ligações ativas de esgoto. Essa atualização permitirá uma avaliação mais precisa da distribuição da população e do impacto nas ETEs existentes, além de embasar decisões sobre a viabilidade da implantação de uma nova ETE. Além disso, é importante incluir a esta análise, o impacto de grandes consumidores, como condomínios fechados, tais como o Residencial Ninho e Hospital da Mulher, localizados na região Leste, e o Condomínio das Américas, Bosque dos Carnaúbas, além do Hospital Infantil e de Combate ao Câncer em Mossoró localizados na região Central. Todos esses empreendimentos concentrarão uma demanda significativa e podem influenciar de forma expressiva a carga afluyente às unidades de tratamento existentes ou planejadas. Sugere-se também a investigação de alternativas tecnológicas de

tratamento que apresentem custo acessíveis e rapidez de execução, considerando a urgência imposta pelo prazo de universalização previsto para 2033.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986. Disponível em: https://www.gedweb.com.br/aplicacao/usuario/asp/resultado_avancado.asp. Acesso em: 01 jul. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. 2011. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 02 abr. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000... 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm#view. Acesso em: 05 abr. 2025.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). Ofício - **CAERN nº 2582/2023/CAERN - GBO/CAERN - DO/CAERN - PR-CAERN**. Mensagem recebida por: mjosicleide@ufersa.edu.br em 13 dez. 2023.

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (ETEUFERSA). **Programa de computador**. Disponível em: <https://eteufersa.vercel.app/>. Acesso em: 21 jul. 2025.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília: FUNASA, 2019. 640 p. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506>. Acesso em: 08 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mossoró – RN**. Cidades e Estados. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>. Acesso em: 1 jul. 2025.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos**

domésticos. 8. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2017.

MOSSORÓ (RN). **Contrato de Concessão nº 012/2005**. Concessão dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário do Município de Mossoró. Mensagem recebida por: marcondes@caern.com.br em 18 ago. 2021.

MOSSORÓ. START. **Plano municipal de saneamento básico – Produto C - Diagnóstico Técnico Participativo**. Mossoró, Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em: <https://prefeiturademossoro.com.br/paginas/plano-municipal-de-saneamento-basico-de-mossorom>. Acesso em: 23 de dez. 2023.

NEVES, A. N. D. C.; SILVA, J. da; SANTOS, V. da S.; MACHADO, E. da C.; SILVA JUNIOR, I. V. da. A importância do saneamento básico para a saúde e o desenvolvimento sustentável. **Engenharia Civil**, v. 29, n. 147, jun. 2025. DOI: 10.69849/revistaft/cl10202506211658. Disponível em: <https://revistaft.com.br/a-importancia-do-saneamento-basico-para-a-saude-e-o-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em 10 jul. 2025.

RIBEIRO, F. D.; MEDEIROS, A. G. de; GUEDES, M. J. F. Ferramenta computacional aplicada ao pré-dimensionamento de estações de tratamento de esgoto por sistema australiano. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 05, p. 15712-15728, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n5>.

SOARES, Solano Ribeiro; CAMPANA, Ana Claudia Marangoni Batista; CARNEIRO, Andressa Roberta; MORA, Edinei Aparecido; ECHEVERRIA, Larissa; PEREIRA, Máriam Trierveiler. Análise do índice de tratamento do esgoto coletado na região Sul do Brasil no período de vigência dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 6, n. 4, 2021. DOI: 10.21575/25254782rmetg2021vol6n41597.

SOUZA, M. S. **Caracterização do estado de serviço de uma estação de tratamento de esgoto no município de Mossoró-RN**. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/4fa74ba9-5c73-45f6-a94c-54fcc35c7d30>. Acesso em 06 jul. 2025.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, vol. 1. 4ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 3. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1986. 196 p.

VON SPERLING, M. **Reatores anaeróbios**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2002. (Série Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 4).