



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GEISIANE MARIA DUARTE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS
PRODUZIDOS NO DISTRITO DE SAPUCARANA NO MUNICÍPIO DE BEZERROS-
PE**

Caruaru

2023

GEISIANE MARIA DUARTE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS
PRODUZIDOS NO DISTRITO DE SAPUCARANA NO MUNICÍPIO DE BEZERROS-
PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência.

Área de concentração: Saneamento

Orientador: Profa. Dra. Kenia Kelly Barros da Silva.

Caruaru

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele não teria chegado até este momento. Foi por meio das minhas orações que encontrei a força, a sabedoria, a fé e o discernimento necessários para trilhar este caminho.

Em memória dos meus amados avós maternos, Severina Ana e José Aleixo, que foram verdadeiros exemplos de força e coragem.

Um agradecimento especial dedicado a Ana Duarte, ou melhor, mainha, de quem tenho imenso orgulho em dizer que foi tanto mãe quanto pai. Ela enfrentou todas as dificuldades para me proporcionar educação. Minha gratidão eterna a você, mãe.

Ao meu namorado, João Victor, que esteve ao meu lado nos momentos em que mais precisei, sendo meu apoio, meu abraço e meu lar.

À minha família, pelo apoio constante, e em especial a Jeandro, Vanessa, Sofia. A Jhônatas, que sempre fez e faz tudo por mim.

À professora Kenia, que aceitou ser minha orientadora, compreendeu minhas necessidades, teve paciência e me guiou ao longo desse processo, sou imensamente grata.

A todos os meus professores, desde os primeiros passos na alfabetização até a graduação, vocês são pilares fundamentais. Ensinar-me que a educação tem o poder de transformar vidas.

Aos amigos da faculdade, vocês foram essenciais na minha trajetória acadêmica, em especial a Vinícius e Samuel Azevêdo. À Simeia, pela disponibilidade e paciência em me ensinar e conduzir as análises dos efluentes necessárias para este trabalho de conclusão de curso.

A equipe da Secretaria de Infraestrutura de Bezerros, onde trabalho, que sempre compreendeu a importância da minha jornada acadêmica.

À minha banca, pela disponibilidade neste momento importante da graduação, expresso minha profunda gratidão.

Proposta de um sistema de tratamento dos esgotos sanitários produzidos pelo distrito de Sapucarana no município de Bezerros-PE.

Proposal of a sewage treatment system produce by the district of Sapucarana in the municipality of Bezerros-PE

Geisiane Maria Duarte¹

RESUMO

A ausência de um gerenciamento adequado dos esgotos sanitários gerados em centro urbanos e áreas rurais tem forçado a busca por soluções práticas, econômicas e eficientes de tratamento, afim de se dar um descarte ou reúso adequado aos efluentes tratados. No cenário demográfico brasileiro, a população enfrenta a carência de um sistema de tratamento de esgoto sanitário adequado onde os próprios habitantes descartam seus rejeitos em fossas rudimentares, sumidouros ou em cursos d'água; há ainda aqueles que utilizam do binômio fossa-poço como forma de tratamento e destinação dos esgotos. As propriedades rurais são as mais prejudicadas, visto que são contempladas apenas com o sistema de tratamento de fossas sépticas, pois normalmente, os sistemas mais adequados estão presentes nas áreas urbanas, sendo operados por empresas de saneamento básico de economia mista. Diante deste contexto, o presente trabalho apresenta uma proposta de um sistema de tratamento e destinação final dos esgotos sanitários gerados pela população do distrito de Sapucarana, localizada no município de Bezerros-PE, cuja economia gira em torno de atividades agrícolas, especialmente o plantio de tomate. Ao analisar a viabilidade econômica e socioambiental da implantação e operação de diversas modalidades de tratamento esgotos, chegou-se à conclusão de que o melhor método a ser usado será o emprego de reatores anaeróbios.

Palavras-chaves: saneamento básico; reatores anaeróbios; propriedades rurais.

ABSTRACT

The lack of proper management of sanitary sewage generated in urban and rural areas has forced the search for practical, economical, and efficient treatment solutions, aiming to provide adequate disposal or reuse of treated effluents. In the Brazilian demographic scenario, the population faces the lack of an adequate sanitary sewage treatment system where residents

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: geisiane.duarte@ufpe.br

dispose of their waste in rudimentary pits, cesspools, or water bodies; there are also those who use the septic tank-soak pit combination as a means of sewage treatment and disposal. Rural properties are the most affected, as they are usually equipped only with septic tank systems, since the more appropriate systems are typically found in urban areas, operated by mixed-economy sanitation companies. Given this context, this study presents a proposal for a sewage treatment and final disposal system for the population of the Sapucarana district, located in the municipality of Bezerros-PE, whose economy revolves around agricultural activities, especially tomato cultivation. By analyzing the economic and socio-environmental feasibility of implementing and operating various sewage treatment methods, it was concluded that the best method to be employed would be the use of anaerobic reactors.

Keywords: basic sanitation; anaerobic reactors; rural properties.

DATA DE APROVAÇÃO: 03 de outubro de 2023.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE (2011), 75% das residências rurais, no Brasil, não possuem sistemas de tratamento e/ou destinação adequados aos esgotos tratados que, em geral, são descartados diretamente nos cursos d'água ou sumidouros e fossas rudimentares. Esse tipo de procedimento implantado nas áreas rurais, contaminam águas superficiais e subterrâneas – além do solo –, impactando o meio ambiente e, conseqüentemente, prejudicando a saúde da população. Dessa forma, se faz necessário propor e implantar soluções viáveis e eficazes para a coleta, tratamento e disposição final dos esgotos tratados, garantindo uma melhor qualidade de vida para a população rural.

Conforme a NBR 9648:1986, que versa sobre o estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, o conjunto em questão é organizado por condutos, instalações e equipamentos planejados para coletar, transportar, tratar e encaminhar unicamente o esgoto sanitário até uma disposição final adequada, garantindo a continuidade do processo e a segurança sanitária.

No Brasil existem normas que regem o projeto e a implantação do sistema de esgotamento sanitário, como a NBR 13969:1997, cujo objetivo é oferecer alternativas de procedimentos técnicos para o projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico.

Essa adversidade provocada por um sistema de esgotamento sanitário precário é uma circunstância que acontece no distrito de Sapucarana, em Bezerros-PE, onde todos os esgotos produzidos pelos moradores escorrem a “céu aberto” atrás de suas residências, formando um enorme córrego que tem como destino as várzeas. Portanto, não há um gerenciamento adequado dos esgotos sanitários; atualmente, o procedimento utilizado para lidar com os esgotos domésticos do distrito afeta diretamente o solo e os lençóis freáticos, o que prejudica a saúde, o desenvolvimento e as atividades econômicas da população.

Sapucarana é um distrito pertencente ao município de Bezerros, no Agreste de Pernambuco, localizado a 20 km do município. Esse distrito possui uma população de aproximadamente 2.393 habitantes, conforme dados do Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Ipojuca (2020), referente ao ano de 2018. A atividade econômica do distrito é baseada na agricultura, com predominância de cultivo de tomate e piscicultura. O fruto é a grande fonte de renda dos agricultores do distrito, mas, há outros alimentos que também são cultivados em larga escala, como alface, repolho e pimentão; esses suprimentos são de tamanha importância para a região.

No distrito, encontra-se a Cooperativa dos Produtores Agrícolas de Sapucarana (Coopasa), estabelecida em 2007. Conforme o relato da Folha de Pernambuco (2022), a cooperativa é composta por 80 cooperados, entre agricultores e agricultoras familiares. O principal produto da Coopasa é o tomate in natura, sendo a atividade predominante durante a safra, que se estende de outubro a fevereiro. Durante esse período, a colheita do fruto atinge uma produção significativa, variando entre 20 mil a 30 mil toneladas, e representa a principal fonte de renda para o distrito. Além do tomate, a cooperativa se dedica à produção de outros alimentos, como repolho, alface e pimentão. Adicionalmente, um grupo composto por oito mulheres trabalha na produção de doce de tomate com vinho, contribuindo para evitar o desperdício do fruto e incrementar a rentabilidade das famílias.

O distrito de Sapucarana é contemplado pela Administração Direta, em que a prefeitura assume diretamente, através dos seus próprios órgãos, secretarias e departamentos, a responsabilidade da prestação de serviços, caracterizando uma gestão centralizada. Vale salientar que em Sapucarana, de acordo com o departamento de saneamento básico da Secretaria de Infraestrutura do município de Bezerros, o distrito não dispõe de um sistema de esgotamento sanitário e, portanto, não existe infraestrutura operacional de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados para os esgotos sanitários gerados na região.

Diante do exposto, se faz necessário propor um método para solucionar o problema da destinação do esgoto sanitário de Sapucarana, visando melhorar a qualidade de vida dos

habitantes da região. Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo propor um sistema de tratamento de esgotos sanitários eficaz para o distrito, através de uma análise técnica e econômica que seja adequado para a localidade.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo propor um sistema eficiente de tratamento e destinação final dos esgotos sanitários gerados no distrito de Sapucarana, em Bezerros-PE.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar o território, a população e as atividades econômicas do distrito;
- Apresentar uma proposta para o tratamento dos esgotos sanitários que seja social e ambientalmente sustentável para o distrito;
- Estudar a viabilidade econômica da implantação e operação do sistema de tratamento proposto.

1.2 Referencial teórico

1.2.1 Saneamento básico no Brasil

De acordo com Menezes (2018), ao longo da história, os interesses políticos e institucionais no campo do saneamento básico no Brasil têm dado prioridade aos grandes centros urbanos em termos de acesso aos serviços públicos. Foi a partir da década de 1960 que políticas mais organizadas de saneamento começaram a se consolidar no contexto brasileiro. Nesse período, o país experimentava uma rápida industrialização, o que propiciou investimentos e planejamentos adequados para o abastecimento de água.

A inadequação das soluções para a coleta e tratamento dos esgotos sanitários no Brasil é um problema crítico que tem sérias repercussões em diversos aspectos da sociedade. A partir do cenário epidemiológico, que incluía doenças como ancilostomíase, malária e doença de Chagas, surgiu no Brasil o movimento de saneamento conhecido como Liga Pró-Saneamento do Brasil, conforme observado por Rezende e Heller (2008). Esse movimento se estabeleceu como uma ferramenta essencial no combate às endemias que impactavam a população rural, desempenhando um papel crucial na melhoria das condições de saúde e higiene nessas comunidades.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), apenas 55,8% dos esgotos produzidos no Brasil são devidamente tratados. E, especificamente no contexto do Nordeste, a situação é preocupante, uma vez que essa região ocupa a quarta posição no ranking nacional, em relação ao tratamento de esgotos, perdendo apenas para o Norte. Apenas 31,2% dos esgotos do Nordeste são tratados, evidenciando a urgência de investimentos e políticas públicas voltadas para o saneamento básico na região.

Conforme estabelecido pela Constituição Federal, é imperativo que os serviços de saneamento básico sejam disponibilizados de maneira adequada a todos os cidadãos. Entretanto, somente em 2007, após dezenove anos da promulgação da Constituição Federal, foram delineados os parâmetros dos serviços de saneamento básico e estabelecidas diretrizes para sua organização, planejamento, prestação, regulação e fiscalização. Isso foi realizado por meio da Lei Federal nº 11.445, datada de 5 de janeiro de 2007, que é conhecida como Lei de Diretrizes Nacionais de Saneamento Básico (LDNSB).

A mencionada lei estipula que o saneamento básico deve ser integrado a todas as políticas públicas voltadas para aprimorar a qualidade de vida dos cidadãos. Isso abrange políticas relacionadas à promoção da saúde, proteção ambiental, habitação, combate à pobreza, gestão de recursos hídricos, além do desenvolvimento urbano e regional.

É importante notar a Lei nº 14.026/2020, que representa o novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil, objetivando garantir não somente a universalização dos serviços de esgotamento sanitário, mas também o abastecimento de água potável. Para alcançar essa disposição, a legislação implementa diversas medidas, tais como: promoção da concorrência no setor, obrigatoriedade de contratação por meio de licitação e estabelecimento de agências reguladoras independentes para fins de fiscalização.

1.2.2 Saneamento básico e saúde

A Organização Mundial de Saúde – OMS (2004) define saneamento como o conjunto de medidas destinadas a controlar fatores do meio ambiente físico que possam afetar negativamente a saúde física, mental e social das pessoas. Essas definições ressaltam a natureza das ações de saneamento, que têm o propósito de preservar a saúde humana através do controle ambiental.

No contexto do Brasil, a Lei nº 8.080/1990, que estabeleceu o Sistema Único de Saúde (SUS), atribuiu a esse sistema a responsabilidade de promover, proteger e restaurar a saúde da

população, incluindo a promoção de iniciativas relacionadas ao saneamento básico e à vigilância sanitária como parte integrante das ações do SUS.

No âmbito dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o sexto objetivo desempenha um papel crucial ao garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos. Este objetivo inclui metas como a distribuição equitativa de água para toda a população global, aprimoramento da qualidade da água, eliminação da prática de defecação ao ar livre e assegurar saneamento para todos. Estas metas são delineadas de forma precisa e quantificável, oferecendo diretrizes sobre as ações e políticas necessárias para atingir os objetivos gerais estipulados na Agenda 2030.

Entretanto, em 2018, quando a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançou suas diretrizes sobre saneamento e saúde, foi emitido um importante alerta: a meta relacionada a saneamentos para todos provavelmente não será alcançada até 2030, a menos que os países implementem mudanças políticas substanciais e aumentem os investimentos nessa área crítica. A OMS enfatizou que o acesso ao saneamento adequado é de vital importância para reduzir doenças transmitidas pela água, melhorar a saúde e salvar vidas.

Como mencionado por Málaga e García (2010), é imperativo assegurar o acesso adequado ao saneamento básico e implementar programas de educação em saúde ambiental. Esses são fatores cruciais para prevenir doenças decorrentes da exposição das pessoas a riscos de doenças de transmissão hídrica, tais como diarreia, febre tifoide, hepatite A, cólera e disenteria, além de arboviroses como malária, dengue e febre amarela, juntamente com outras doenças associadas à falta de saneamento adequado.

Um estudo divulgado pelo Instituto Trata Brasil, intitulado "Saneamento e Doenças de Veiculação Hídrica - Ano Base 2019", baseado em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do DATASUS, o portal do Ministério da Saúde responsável por acompanhar o registro de internações, óbitos e outras informações relacionadas à saúde da população, revelou que a ausência de saneamento básico no Brasil sobrecarregou significativamente o sistema de saúde.

De acordo com os dados do estudo, em 2019, ocorreram 273.403 internações por doenças transmitidas pela água, representando um aumento de 30 mil internações em comparação com o ano anterior, além de 2.734 óbitos relacionados a essas doenças. A taxa de internações foi de 13,01 casos por 10 mil habitantes, resultando em gastos da ordem de R\$ 108 milhões para o país naquele ano.

Segundo informações da OMS disponível no site da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS; 2018), “ao adotar as novas diretrizes, os países podem reduzir significativamente

as doenças e mortes causadas por diarreia e outras enfermidades frequentemente relacionadas à água não segura e à falta de saneamento e higiene. Além disso, a organização estima que, para cada dólar investido em saneamento, há um retorno de quase seis vezes em economia na área da saúde.”

1.2.3 Saneamento básico no meio rural

No manual "Funasa de Boas Práticas na Gestão de Saneamento em Áreas Rurais" (2017), há uma apresentação detalhada dos dados pertinentes à situação do saneamento nas áreas rurais do Brasil. De acordo com os dados do IBGE (2010), cerca de 8,1 milhões de domicílios brasileiros estão situados nessas áreas, abrigando uma população total de aproximadamente 29,9 milhões de pessoas. Esses números constituem uma evidência clara da parcela significativa da população que reside nessas regiões.

No mesmo manual, são destacadas informações extraídas da PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio), as quais indicam que 49,9% dos domicílios no meio rural fazem uso de fossas rudimentares. O documento ressalta que esse tipo de tecnologia contribui para a contaminação das águas subterrâneas e, conseqüentemente, dos poços de água, popularmente conhecidos como poços "caipiras". Esse cenário representa um sério risco de contaminação para a população, pois as águas contaminadas podem veicular doenças transmitidas pela urina, fezes e água, tais como hepatite, cólera, salmonelose, verminoses, dentre outras.

Conforme o Plano Nacional de Saneamento Rural (2019), a promoção do acesso ao saneamento básico na população rural enfrenta desafios como a dispersão geográfica, isolamento político e geográfico, além do afastamento das sedes municipais. Também são citados obstáculos como localização em áreas de difícil acesso, limitações financeiras e de pessoal nos municípios, bem como a falta de estratégias para engajar a comunidade e a ausência ou insuficiência de políticas públicas de saneamento rural em esferas municipais, estaduais ou federais.

No entanto, é crucial ressaltar que esses obstáculos não podem justificar a inação ou ações limitadas do Estado. A Lei 11.445/2007 estabelece metas claras, e sem a expansão da cobertura dos serviços de saneamento básico nas áreas rurais do Brasil, essas metas não serão alcançadas.

1.2.4 Saneamento básico no município de Bezerros

Com base nos dados disponíveis no Atlas Esgotos, um estudo elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA), em parceria com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, com foco no documento intitulado Despoluição de Bacias Hidrográficas referente ao ano de 2013, são apresentados dados e estratégias relacionados ao saneamento no município de Bezerros, no estado de Pernambuco.

O Atlas oferece uma análise abrangente do sistema de esgotamento sanitário em vigor no município no ano de 2015, cujas implicações persistem até o presente momento. Nesse contexto, a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) é a entidade responsável pela prestação dos serviços de saneamento e abastecimento de água em Bezerros.

Os dados revelam uma situação alarmante, uma vez que 78,9% do esgoto gerado na região é coletado, mas não passa por tratamento adequado, enquanto 17,0% não é coletado nem tratado. Isso resulta em uma carga orgânica considerável, exemplificada por uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) gerada de 2.756,7 (Kg DBO/dia) e uma carga lançada de 2.688,5 (Kg DBO/dia), acompanhada por uma vazão de efluente de 43,09 L/s, que é despejada diretamente no rio Ipojuca, que corta a cidade. Essa poluição do rio Ipojuca tem graves implicações ambientais e afeta diretamente a saúde pública. Os detalhes desses dados podem ser observados na (Tabela 1), a seguir.

Tabela 1 – Dados do sistema de esgotamento sanitário referente ao ano de 2013 do município de Bezerros

Sistema de esgotamento sanitário atual (2013)				
Com coleta e sem tratamento	Índice de atendimento	Vazão (L/s)	Carga gerada (Kg DBO/dia)	Carga lançada (Kg DBO/dia)
Com coleta e com tratamento	17,0%	7,5	469,5	469,5
Soluções individuais	4,1%	1,8	113,6	45,4
Com coleta e sem tratamento	78,9%	34,6	2.173,5	2.173,5
Com coleta e com tratamento	0,0%	0,0	0,0	0,0
		43,9	2.756,7	2.688,5

Fonte: Atlas Esgotos – Despoluição das Bacias Hidrográfica (2017)

No mesmo relatório, também foi apresentada uma proposta para aprimorar o sistema de esgotamento no município, com um projeto planejado até 2035, denominado ETE Bezerros (Tabela 2). Esta proposta engloba uma solução alternativa que consiste em um conjunto de sistemas, incluindo lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação, com uma eficiência de tratamento de 80%. Além disso, o plano prevê a disposição controlada do efluente tratado por

meio de infiltração no solo ou a redução dos níveis de coliformes termotolerantes, o que possibilitaria o uso subsequente desse efluente em áreas agrícolas. Importante destacar que essa iniciativa também tem o potencial de melhorar a classificação do rio Ipojuca, em termos de qualidade de água.

Tabela 2 - Características da ETE Bezerros

ESTAÇÃO DE TRATAMENTO ANALISADA (2035) - PRELIMINAR		
CARACTERÍSTICAS DA ETE		
Nome: ETE Bezerros	População atendida: 51.192	Processo de referência: Lagoa Anaeróbia + Facultativa + Maturação
Eficiência adotada: 80%		Sistema integrado: Não
CARACTERÍSTICA DO EFLUENTE		
Vazão afluente: 38,5	Carga afluente (Kg DBO/dia): 2.764,4	Carga lançada (Kg DBO/dia): 552,9
CARACTERÍSTICA DO CORPO RECEPTOR		
Nome: Rio Ipojuca	Valor de referência (L/s): 325,4	Classe de enquadramento: 2

Fonte: Adaptado do Atlas Esgotos - Despoluição das Bacias Hidrográfica (2017)

A abordagem aplicada ao tratamento do sistema de esgotamento no município é igualmente refletida em seus distritos, com destaque para o distrito de Sapucarana, objeto de estudo, além disso este não é contemplado por um sistema de abastecimento de água eficaz e tratado, isso agrava as condições de vida das pessoas que residem nessa comunidade.

Em Sapucarana, a totalidade dos esgotos gerados pelos moradores é direcionada para sistemas de canalização que percorrem os quintais das residências, resultando em um escoamento a céu aberto. Esses esgotos fluem não apenas pelos quintais das casas vizinhas, mas também pelos córregos que atravessam o distrito, sem uma destinação final apropriada. Essa situação representa uma séria ameaça tanto para a saúde da população quanto para a produção de alimentos na região, visto que a agricultura desempenha um papel econômico fundamental em Sapucarana, tornando essa questão ainda mais crítica.

1.2.5 Tecnologias convencionais aplicadas ao tratamento de esgotos

1.2.5.1. Fossa séptica

A NBR 7229:1993 define fossa séptica como uma unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão. Resumidamente, e segundo Corsan (2022), “a fossa séptica separa a parte sólida da líquida. Na fossa, o esgoto sofre a ação de microrganismos que promovem decomposição dos materiais, principalmente os sólidos, gerando gases e líquidos.”

Segundo Dussi e Zago (2017) as fossas sépticas têm eficiência de aproximadamente 40% na retirada da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); para a retirada de Sólidos

Suspensos Totais (SST), os percentuais estão fixados na faixa de 50%. Esta competência sujeita-se à aspectos como: carga hidráulica, geometria, temperatura, carga orgânica volumétrica, arranjo das câmaras e condições de operação.

Jordão e Pessoa (1995) reforçam que, a unidade de tratamento não purifica os esgotos, apenas atenua a carga orgânica a um grau de tratamento admissível, portanto, seu efluente, ainda inclui organismos patogênicos, nutrientes inorgânicos e sólidos, que serão transportados adjacentes ao produto solúvel, resultado da decomposição do lodo.

1.2.5.2 Lagoas de estabilização

Consoante Von Sperling (1998), os sistemas de lagoas de estabilização representam uma abordagem elementar no tratamento de esgoto, caracterizada pela escavação de uma extensa área de solo. Nesse sistema, o esgoto afluente ingressa em uma extremidade da lagoa e flui até a extremidade oposta, onde é liberado. Durante esse trajeto, que abrange vários dias, diversos mecanismos colaboram para a depuração dos resíduos, contando com a intervenção de fenômenos naturais.

Segundo Mendonça.S e Mendonça.L (2017) existem várias variantes de lagoas de estabilização, cada uma com diferentes níveis de complexidade operacional e requisitos de espaço. Alguns exemplos incluem: lagoas facultativas, sistemas que envolvem lagoas anaeróbias, lagoas de maturação e lagoas estreitamente aeróbias.

As lagoas de estabilização são altamente indicadas para as condições brasileiras devido à disponibilidade de espaço no território, ao clima com temperaturas elevadas e insolação intensa, à simplicidade operacional e à necessidade reduzida de equipamentos sofisticados.

1.2.5.3 Lodos ativados

Conforme Von Sperling (1998), o sistema de lodos ativados é empregado em cenários onde se requer uma alta qualidade no tratamento do efluente, ao mesmo tempo em que se busca reduzir as demandas por espaço. Entretanto, essa abordagem demanda um nível de mecanização mais elevado em comparação com outros sistemas, resultando em uma operação mais complexa e um maior consumo de energia.

O sistema de lodos ativados, conforme descrito por Carvalho, Passing e Kreutz (2011), é composto por três etapas em sequência: um decantador primário, um tanque de aeração e um decantador secundário. No decantador primário, ocorre a sedimentação de parte dos sólidos

presentes nos esgotos. A fração decantada é então direcionada para o tanque de aeração, onde ocorre a insuflação de oxigênio para promover a ação das bactérias aeróbias na remoção de matéria orgânica, além de manter uma constante mistura dos sólidos. Após o tratamento no tanque de aeração, os líquidos são encaminhados para o decantador secundário, onde ocorre a sedimentação dos sólidos em suspensão. O sistema possui um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 6 a 8 horas no tanque de aeração e uma idade do lodo de 4 a 10 dias.

1.2.5.4 Reatores anaeróbios

Segundo Von Sperling (1997), há várias versões de reatores anaeróbios que oferecem soluções adaptáveis para diversas condições e requisitos no tratamento de águas residuais. Alguns desses tipos englobam reatores anaeróbios de leito expandido, reatores anaeróbios de leito fixo, reatores anaeróbios de dois estágios e reatores anaeróbios de fluxo ascendente. No entanto, este trabalho se concentra especificamente no reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente.

De acordo com Carvalho, Passing e Kreutz (2011) o reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente, conhecido como UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), é um sistema de tratamento de águas residuais altamente eficiente. Ele começa com o tratamento preliminar e primário, onde os esgotos sanitários são encaminhados continuamente para o reator anaeróbio de manta de lodo.

A entrada dos efluentes ocorre pela parte inferior do reator, que contém a maior parte da biomassa, ou seja, o lodo. Quando os esgotos sanitários entram em contato com os microrganismos presentes na biomassa, ocorre a degradação anaeróbia da matéria orgânica, resultando na formação de gases como o metano (CH_4) e o gás sulfídrico (H_2S). Esses gases se acumulam na forma de microbolhas e flutuam na parte superior do reator.

Von Sperling (1997) enfatiza que esse procedimento supracitado evita que a biomassa seja arrastada com o efluente tratado, a parte superior dos reatores de manta de lodo possui uma estrutura que desempenha várias funções importantes. Essa estrutura permite a separação e o acúmulo de gás, bem como a separação e o retorno dos sólidos (biomassa) para o reator.

O gás gerado no processo é coletado na parte superior do reator e pode ser retirado para aproveitamento, muitas vezes como fonte de energia renovável. Enquanto isso, os sólidos sedimentam nas paredes da estrutura e retornam ao reator, mantendo a concentração de biomassa no reator em um nível elevado.

Consoante Carvalho, Passing e Kreutz (2011) devido ao design eficiente, as bolhas de gás não penetram na zona de sedimentação, garantindo que a separação sólido-líquido não seja prejudicada. Como resultado, o efluente que sai do reator anaeróbio UASB está clarificado, e a concentração de biomassa no reator permanece alta, o que é crucial para a eficácia do tratamento. Esse sistema é amplamente utilizado em estações de tratamento de esgoto e é eficaz na remoção de poluentes orgânicos de águas residuais.

2 METODOLOGIA

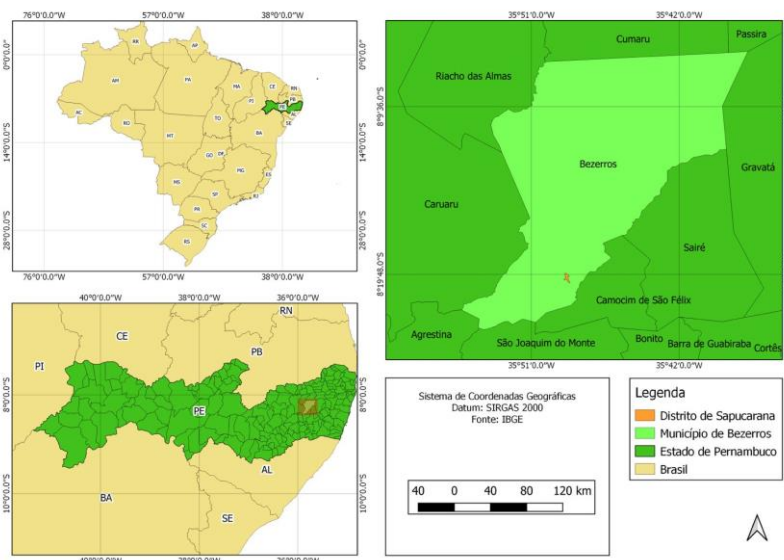
O presente estudo se concentra propor um sistema de saneamento destinado ao distrito de Sapucarana, Bezerros – PE. Através da coleta de dados realizada no próprio local, foram identificadas diversas as características do esgoto, tais como pH, turbidez, presença de coliformes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), condutividade e concentração de oxigênio dissolvido. Além disso, ao analisar variados sistemas de esgotamento sanitário e ao fazer uma comparação minuciosa de suas vantagens e desvantagens, foi possível selecionar a alternativa mais apropriada para implementação, visando atender às necessidades específicas do distrito.

2.1 Área de estudo

O município de Bezerros – PE (Figura 1) está situado na Mesorregião do Agreste e na Microrregião do Vale do Ipojuca, no Estado de Pernambuco. Sua localização geográfica o coloca a uma distância de 109 km da capital do estado, Recife. Bezerros faz fronteira com diversos municípios vizinhos, incluindo Cumaru, Passira, São Joaquim do Monte, Agrestina, Gravatá, Sairé, Camocim de São Félix, Riacho das Almas e Caruaru. No que diz respeito à sua extensão territorial, o município abrange aproximadamente 492,632 km² e abriga uma população de 61.686 habitantes, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022).

A área de estudo focalizada neste trabalho é Sapucarana, um dos dois distritos que compõem o município de Bezerros. Sapucarana está situado a cerca de 20 km da sede do município e possui uma área territorial de 48,3 hectares, com uma população registrada para o ano de 2018 de 2.393 habitantes, dados do Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Ipojuca (2020).

Figura 1 - Mapa de localização do Município de Bezerros e do Distrito de Sapucarana.



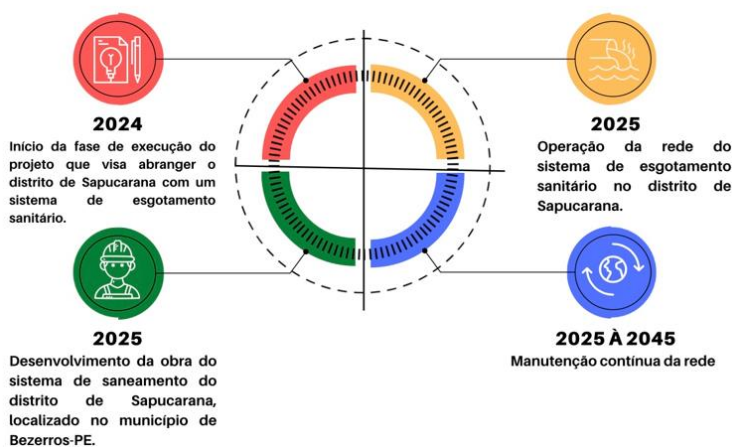
Fonte: Autora (2023)

2.2 Alcance de projeto

Na concepção de um projeto de sistema de esgotamento sanitário, é comum optar por um período de projeto de 20 anos, que, em geral, coincide com o prazo de financiamento das obras. Esse período de planejamento leva em consideração diversos fatores relacionados à viabilidade econômico-financeira, incluindo os custos associados à instalação dos equipamentos, bem como os custos de operação e manutenção, de acordo com a (Figura 2).

Figura 2 - Abrangência do projeto.

ESCOPO DO PROJETO



Fonte: Autora (2023)

2.3 População do projeto

Conforme apresentado na (Tabela 3) abaixo, o “Volume II do Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Ipojuca”, publicado em 2020, disponibiliza dados sobre a população urbana do distrito de Sapucarana para o ano de 2018, bem como uma estimativa da população urbana projetada para o ano de 2039.

Tabela 3 - População do distrito de Sapucarana no município de Bezerros-PE.

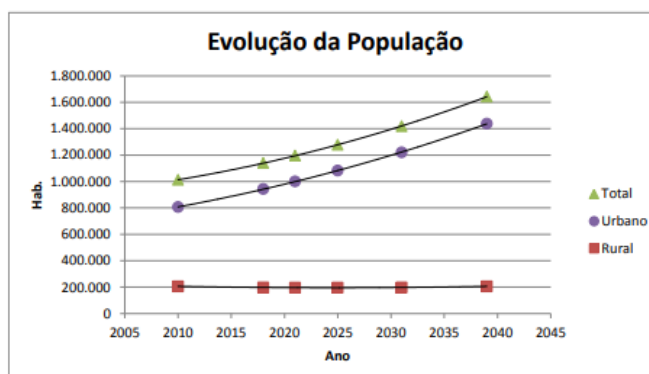
ANO	POPULAÇÃO (HABITANTES)
2018	2.393
2039	5.402

Fonte: Produto 4 – Plano Regional de Saneamento Básico Bacia do Rio Ipojuca – Volume II

Conforme destacado por Von Sperling (1996), a compreensão das dinâmicas populacionais desempenha um papel fundamental em projetos de infraestrutura, como o planejamento de estações de tratamento e sistemas de esgotamento sanitário. A obtenção de informações precisas sobre a população no final do planejamento e o acompanhamento de sua evolução ao longo do tempo são práticas que se revestem de relevância crítica. Portanto, uma análise adequada da projeção populacional é essencial para dimensionar adequadamente os sistemas.

No Plano Regional de Saneamento Básico, encontra-se um gráfico que analisa a evolução da população da Bacia do Rio Ipojuca, abrangendo o período desde o censo de 2010 até 2039. Esse gráfico está disponível na (Figura 3), a qual apresenta as taxas de crescimento dos municípios da bacia do Rio Ipojuca em relação à população urbana, rural e total, evidenciando um aumento crescente ao longo de todo o horizonte de planejamento para a urbana e total, enquanto a população rural mantém uma taxa de crescimento constante. Ainda de acordo com o Plano a população dos distritos é considerada urbana.

Figura 3 - Evolução da população na Bacia do Rio Ipojuca desde o ano de 2010 até 2039



Fonte: Plano Regional de Saneamento Básico - Bacia do Rio Ipojuca - Volume II

É fundamental ressaltar que, de acordo com o Plano Regional de Saneamento Básico, a população do distrito é categorizada como urbana. Portanto, ao analisar o gráfico, observa-se que a linha de tendência da população urbana não segue um padrão constante, o que descarta a possibilidade de utilizar o método aritmético, geralmente empregado quando a variação populacional é linear ao longo do tempo. Além disso, é evidente que o gráfico exibe um comportamento condizente com um crescimento geométrico.

Dessa forma, para calcular a projeção da população urbana do distrito de Sapucarana para os anos de 2025 e 2045, que representam o início e o término do horizonte de planejamento, respectivamente, torna-se mais apropriado adotar o método geométrico. Isso se deve à natureza não linear e progressiva do crescimento populacional observado.

Desta maneira, para iniciar o cálculo, é necessário determinar a taxa de crescimento populacional, a qual guarda uma proporção com a população existente em dois pontos temporais distintos, conforme expresso na equação (1) subsequente. Nesta equação, (P_1) representa a população do último censo em habitantes, (P_0) refere-se à população do penúltimo censo, também em habitantes, (T_0) e (T_1) indicam o ano correspondente ao penúltimo e último censo, respectivamente, e (K_g) representa a taxa de crescimento populacional.

$$K_g = \frac{\ln P_1 - \ln P_0}{T_1 - T_0} \quad (1)$$

Após a obtenção da taxa de crescimento, é possível estimar a população futura de acordo com a Equação (2), onde (P) denota a população projetada para o futuro.

$$P = P_0 * e^{K_g(T_1 - T_0)} \quad (2)$$

A partir das equações mencionadas anteriormente, efetuamos os cálculos da população do distrito de Sapucarana, situado no município de Bezerros, para os anos correspondentes. Esses valores estão dispostos na (Tabela 4) a seguir.

Tabela 4 - População do distrito de Sapucarana no município de Bezerros-PE.

ANO	POPULAÇÃO (HABITANTES)
2025	3.144
2045	6.858

Fonte: Autora (2023)

2.4 Coeficientes do projeto

Os coeficientes de variação de vazão, conforme definidos na NBR 9.649/1986, são os seguintes: o coeficiente de máxima vazão diária (K_1) refere-se ao dia de maior consumo, o coeficiente de máxima vazão horária (K_2) está relacionado à hora do dia com o consumo máximo, e o coeficiente de mínima vazão horária (K_3) corresponde à vazão mínima em relação à média anual, além do coeficiente de retorno (C). Portanto, foram adotados os seguintes valores conforme mostra a (Tabela 5):

Tabela 5 - Coeficientes de variação de vazão			
K_1	K_2	K_3	C
1, 2	1,0	1,5	0,8

Fonte: Autora (2023)

2.5 Vazões

Conforme estabelecido pelo Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Ipojuca (2020), a vazão máxima horária de esgoto equivale a 15,6 L/s foi definida para uma população de 5.402 habitantes prevista para o ano de 2039. Esses dados, foram aplicados por meio da Equação (3) de vazão, na qual (Q) representa a vazão, (C) coeficiente de retorno, (P) a população, (K_1) o coeficiente de máxima vazão diária, (K_2) máxima vazão horária e (q) o consumo de água per capita. Esse cálculo possibilita a determinação do valor do consumo per capita que foi estabelecido no Plano Regional, e que tal qual também será utilizado neste projeto. Portanto, as projeções populacionais para o ano de início do projeto em 2025 e para 2045 são, respectivamente, 3.144 e 6.858 habitantes, abrangendo um período de vinte anos. Dessa forma, torna-se viável estabelecer as vazões para os anos mencionados anteriormente.

$$Q = \frac{P.C.K_1K_2.q}{86400} \quad (3)$$

Assim, utilizando-se da Equação 3, foi possível descobrir o valor da vazão máxima horária para os anos de 2025 e 2045, sendo descritos na (Tabela 6):

Tabela 6 - Vazão máxima horária referente ao ano de 2025 e 2045.

Ano	Vazão
2025	9,08 L/s
2045	19,8 L/s

Fonte: Autora (2023)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Benefícios de implantação

O acesso ao saneamento básico é fundamental para garantir a qualidade de vida e a saúde das comunidades. O distrito de Sapucarana, além de possuir um sistema de abastecimento de água precário, tem como agente potencializador a inexistência de um sistema de esgotamento sanitário, expondo os habitantes ao risco de contaminação por microrganismos patogênicos.

Sapucarana é um distrito cuja economia gira em torno da agricultura familiar; portanto, a água é elemento fundamental para irrigação das plantações. Contudo, a comunidade enfrenta consideráveis dificuldades relacionadas ao abastecimento público de água. De acordo com relatos dos munícipes, parte dos agricultores utiliza a água do "açude do governo" para irrigar suas plantações, um recurso que carece de tratamento e monitoramento adequados.

Adicionalmente, e ainda segundo os mesmos, em períodos de estiagens, em que a situação se agrava e o acesso ao recurso hídrico é reduzido, a população recorreu a este açude para atender a demanda hídrica doméstica. Essa medida, embora represente uma solução temporária, acarreta riscos à saúde pública, visto que o elemento água pode conter contaminantes prejudiciais.

De acordo com Mendonça S. e Mendonça L. (2017), as doenças infecciosas representam a principal causa de mortalidade e morbidade infantil em países em desenvolvimento. Essas doenças têm origem na falta de higiene e na contaminação por microrganismos presentes na água destinada ao consumo, nos alimentos e em áreas de lazer. O esgoto doméstico lançado sem tratamento nos rios e no solo, ou tratado de forma inadequada, é o principal vetor dessas enfermidades.

Portanto, a instalação de um sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário em Sapucarana trará inúmeros benefícios à comunidade. Isso proporcionará à população o acesso aos serviços de saneamento básico, contribuindo para a prevenção de doenças transmitidas pela água e, por conseguinte, melhorando a qualidade de vida dos residentes. Além disso, a estação impedirá o descarte inadequado de esgoto no solo ou corpos d'água, o que é crucial para a preservação do meio ambiente, e existe a possibilidade de explorar o tratamento eficiente do efluente proveniente da estação de tratamento, permitindo que os agricultores locais utilizem essa água tratada para irrigar suas plantações. Essa prática de reúso da água pode oferecer benefícios suplementares, promovendo uma gestão sustentável dos recursos hídricos na região.

3.2 Área de Implantação

Com base nas informações adquiridas em consulta ao departamento encarregado do planejamento urbano e regulamentação do uso do solo no município de Bezerros, o Controle Urbano, foi confirmado que não existe um terreno na localidade que pertença ao município e que possa ser utilizado para a implementação do sistema de tratamento dos esgotos gerados pela comunidade. Portanto, a área escolhida para esse propósito está situada nas seguintes coordenadas 8°20'20.39" S e 35°48'57.45" O e é conhecida pela população local como a "área do governo".

A área de implementação foi escolhida nas proximidades do açude do governo, um nome atribuído pela comunidade local. Atualmente, esse açude recebe todas as descargas de esgoto do distrito, que não são canalizadas por redes de esgoto, mas sim seguem a céu aberto pelas valas até chegarem ao açude. É importante notar que essa área está distante do centro urbano do distrito. Portanto, a seleção desse local foi baseada no atual padrão de escoamento do esgoto sanitário do distrito. A (Figura 4) oferece uma representação visual da área designada para a implementação do sistema de esgotamento sanitário no distrito de Sapucarana.

No entanto, vale ressaltar que o esgoto não será despejado no açude, mas sim no Riacho do Sapo, que corta o distrito e está a aproximadamente 3 km do ponto de implementação. Esse riacho deságua no Rio Una, classificado como enquadramento 2.

Figura 4 - Área de estudo para implantação do sistema de tratamento de esgotamento sanitário



Fonte: A autora (2023)

3.3 Parâmetros analisados

Com o intuito de realizar uma análise mais abrangente dos esgotos domésticos gerados no distrito de Sapucarana, foram conduzidas as principais análises físico-químicas e bacteriológicas dos esgotos gerados no distrito, segundo métodos propostos pela Associação Americana de Saúde Pública (APHA; 2012). Os parâmetros avaliados foram: Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Coliformes Termotolerantes, medição de pH, condutividade elétrica e níveis de oxigênio dissolvido. Os resultados dessas análises estão disponíveis na (Tabela 7) para referência.

Tabela 7 - Parâmetros analisados do esgoto de Sapucarana

DBO	504,2	mg/L
Turbidez	12,72	NTU
Oxigênio dissolvido	66	mg/L
Condutividade	648	μS
Coliformes fecais	16×10^3	UFC/100ml
Coliformes totais	13×10^3	UFC/100ml
pH	6,76	-

Fonte: Autora (2023)

3.4 Avaliação comparativa de tecnologia de sistema de esgotamento sanitário

Segundo Von Sperling (2005), a decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento das fases líquida e sólida deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre parâmetros técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. O autor enfatiza que mesmo o lado econômico sendo fundamental, deve-se lembrar que nem sempre a melhor alternativa é simplesmente a que apresenta o menor custo em estudos de viabilidade econômica. Von Sperling (2005) apresenta fatores gerais a serem analisados ao selecionar e avaliar operações unitárias no tratamento, como: aplicabilidade do processo, vazão aplicável, variação de vazão aceitável, característica do afluente, constituintes inibidores ou refratários, aspectos climáticos, cinemática do processo e hidráulica do reator, desempenho, subproduto do tratamento, limitações ambientais, confiabilidade, complexidade, compatibilidade, disposição de áreas, entre outros aspectos que serão mais aprofundados nos resultados e discussões deste trabalho.

Para montar a proposta de sistema de tratamento de esgoto sanitário para Sapucarana, foi preciso estudar o melhor tratamento que se adequasse a região, além de abordar critérios como os custos financeiros e as questões ambientais de implementação e operação da estação de tratamento de esgotos (ETE). Ao analisar as diferentes tecnologias disponíveis, de acordo com o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB, 2009) é possível concluir que o sistema de fossa séptica não apresenta alta eficiência, principalmente na remoção de

patogênicos e de substâncias dissolvidas, além de potencialmente contaminar o solo e os lençóis freáticos. Além disso, a manutenção requer limpezas periódicas e pode resultar em maus odores. Da mesma forma, a opção pelos lodos ativados não é recomendada devido aos custos elevados de energia elétrica, bem como elevados custos de implantação e operação associados à essa tecnologia.

Contudo, no Plano Regional de Saneamento Básico - Bacia do Rio Ipojuca (2020), foi sugerido o sistema de lagoas de estabilização para o distrito de Sapucarana, com base na justificativa da baixa contribuição de esgotos. No entanto, este estudo vai além, abrangendo a análise de outros fatores, como a área de implantação e os fatores climáticos da região onde a implementação será proposta, bem como a remoção de matéria orgânica.

Assim, a partir dessas observações, apresento uma avaliação comparativa entre os reatores anaeróbios propostos neste trabalho e o método abordado no Plano. A lagoa de estabilização é um método simples que consiste em tanques construídos artificialmente por escavações profundas cercados por talude. Como apresenta Mendonça S. e Mendonça L. (2017), as lagoas são de baixo custo, consumo energético nulo, simplicidade na construção e na operação, porém existem vários fatores que afetam as condições hidráulicas e biológicas das mesmas alguns podem ser levados em consideração no projeto, outras não são controláveis pelo homem como: vento, temperatura, precipitação pluviométrica, radiação solar e evaporação.

De acordo com Von Sperling (1998), o tratamento anaeróbio de esgotos domésticos torna-se atrativo para países de clima tropical e subtropical que é o caso do Brasil, além de apresentar diversas características favoráveis como: tecnologia simples, baixo custo de implantação e operação, geração de biogás, elevada concentração de biomassa e baixo custo de energia. Porém, necessita de uma etapa de pós-tratamento que confira ao efluente uma qualidade suficiente para lançamento em corpos de água.

Segundo levantamento realizado pela ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), 37% das ETEs no Brasil empregam reatores anaeróbios e 35% utiliza a tecnologia de lagoas de estabilização (ANA, 2020) e os outros 28% empregam outros tratamentos, o que evidência que os dois sistemas de tratamentos de esgotos mais aplicados no Brasil são a lagoa de estabilização e os reatores anaeróbios. Diante do exposto o (Quadro 1) apresenta as vantagens e desvantagens de ambos sistemas.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos reatores anaeróbios e lagoas de estabilização

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
Reatores Anaeróbio	Remoção de matéria orgânica (DBO): 60% a 75% Remoção de sólidos suspensos (SS): 65% a 80% Baixos requisitos de área Baixo custo de implantação e operação Reduzido consumo de energia Aproveitamento do biogás Baixa produção de lodo Disposição final de lodo	Necessidade de pós-tratamento Remoção de N e P insatisfatória Possibilidade de emissão de maus odores, mas controláveis
Lagoas de Estabilização	Remoção de matéria orgânica (DBO): 75% a 85% Remoção de sólidos suspensos (SS): 70% a 80% Construção, operação e manutenção simples Custos reduzidos de implantação e operação Ausência de equipamentos mecânicos Remoção de lodo necessária: após 20 anos.	Elevados requisitos de área Possibilidade de remoção de Algas Descaso com a manutenção, devido à simplicidade Operacional Possibilidade de crescimento de insetos e de emissão de Odores Remoção periódica de lodo

Fonte: Adaptado Von Sperling (1998)

Von Sperling (1998) conduziu uma comparação entre diferentes sistemas de tratamento, considerando parâmetros como DBO, coliformes, área, potência, custo e tempo de detenção hidráulica. A análise do (Quadro 2) revela que a implementação de reatores anaeróbios e lagoas de estabilização é mais econômica do que os sistemas de lodos ativados e fossas sépticas. Tanto as lagoas de estabilização quanto os reatores anaeróbios demonstram eficiência notável na remoção de DBO e coliformes. Em contraste, os sistemas de lodos ativados implicam custos energéticos elevados, enquanto as fossas sépticas não oferecem eficiência suficiente para permitir o despejo adequado do efluente em um corpo receptor. Esta análise destaca que os sistemas de lagoas de estabilização e reatores anaeróbios proporcionam uma relação custo-benefício superior. Apesar de os reatores anaeróbios terem custos ligeiramente mais elevados por habitante, sua eficiência em termos de área e tempo de detenção hidráulica os torna vantajosos em comparação com as lagoas de estabilização recomendadas no Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Ipojuca.

Quadro 2 - Características do Tratamento de Esgoto

Sistema de Tratamento de Esgoto	DBO (%)	Coliformes (%)	Área (m²/hab)	Potência Energética (W/hab)	Custo Monetário (US\$/hab)	TDH (dias)
Lodos Ativados	85-93	60-90	0,2-0,3	1,5-2,8	60-120	0,4-0,6
Fossa Séptica	70-90	60-90	0,2-0,4	0	30-80	1,0-2,0
Reatores Anaeróbios	60-80	60-90	0,05-0,10	0	20-40	0,3-0,5
Lagoas Facultativa	70-85	60-99	2,0-5,0	0	10-30	15-30

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1998).

Em geral, ao comparar os reatores anaeróbios propostos neste estudo com as lagoas de estabilização recomendadas pelo Plano Regional de Saneamento Básico da Bacia do Rio Ipojuca, observa-se que, embora o custo de investimento por habitante dos reatores anaeróbios seja ligeiramente mais elevado, a menor área necessária e o menor tempo de detenção hidráulica conferem vantagens significativas a esse tipo de sistema

3.5 Sistema proposto

Embora ambos os tratamentos sejam alternativas de alta qualidade para o distrito, a lagoa de estabilização, como mencionado anteriormente, apresenta algumas desvantagens significativas. Requer uma extensa área de terreno, e fatores meteorológicos, físicos, químicos e microbiológicos podem interferir no seu funcionamento autônomo. Além disso, a geração de maus odores é um problema comum associado a esse tipo de sistema.

Normalmente, as lagoas de estabilização dependem unicamente de fenômenos naturais para tratamento, em que o esgoto entra em um lado da lagoa e sai na extremidade oposta após vários dias, com uma série de eventos naturais contribuindo para a purificação. Contudo, para o distrito em questão, essa alternativa pode não ser a mais apropriada, uma vez que, além das desvantagens mencionadas, guarda semelhanças com o sistema atual, no qual todos os esgotos são indiscriminadamente direcionados para um açude, o que pode sugerir, principalmente para a população da comunidade, uma persistência e continuidade das práticas existentes, que claramente não têm proporcionado o nível de tratamento necessário para os resíduos da comunidade.

Assim, considerando as informações apresentadas, optou-se por implementar um sistema pré-fabricado com ênfase em reatores anaeróbios de manta de lodo como tratamento principal. Esta escolha revelou-se a mais adequada para a comunidade devido à sua facilidade

de implantação e controle após a instalação, além da exigência de uma área menor e do mínimo movimento de terra necessário. Complementarmente, o sistema inclui um tratamento secundário por meio de filtro biológico, juntamente com um tratamento terciário que envolve um kit de preparação e dosagem de soluções, garantindo uma alta eficiência no tratamento com vistas ao reúso.

O tratamento visa atingir metas de remoção de poluentes, com uma faixa de 85-95% na remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), 75-90% na remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio), 85 a 95% na remoção de SST (Sólidos Suspensos Totais), $N-NH_3$ (Nitrogênio Amoniacal) ≤ 20 mg/L e o efluente final será isento de coliformes, desde que atingida a demanda de cloro. O resultado atende aos padrões de qualidade necessários para ser infiltrado, lançado em um corpo receptor ou reutilizado de forma compatível.

3.6 Detalhamento da unidade de tratamento

O processo de pré-tratamento compreende o gradeamento e a desarenação, enquanto no estágio primário, inclui um reator anaeróbio. Essas unidades têm como objetivo remover a matéria orgânica particulada e são capazes de eliminar de 60% a 75% da DBO.

No estágio secundário, encontramos o Filtro Biológico Aerado (FBA), que utiliza um fluxo ascendente para eliminar a matéria orgânica particulada restante, assim como a solúvel. Logo após, há o sistema de geração de ar (SGDA), composto por sopradores de ar com barrilete de interligação, que introduzem oxigênio no FBA. Dentro do tratamento secundário, também está o decantador acelerado, que utiliza perfis tubulares para reter os sólidos transportados no efluente do FBA.

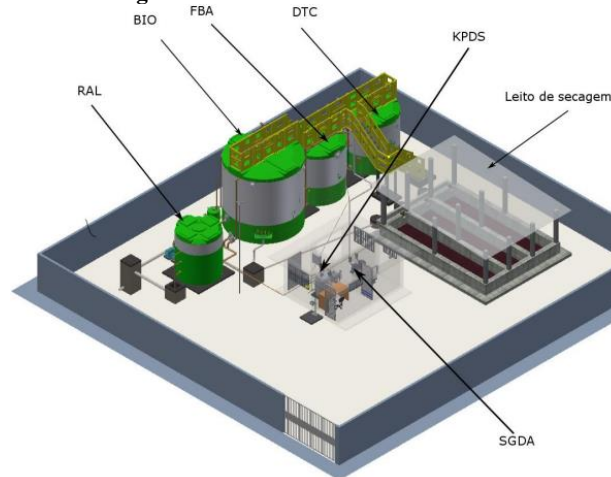
Acoplado ao decantador secundário, encontra-se o tanque de contato de cloro, que faz parte do tratamento terciário, responsável pela destruição de patógenos. O sistema de desinfecção é composto por um tanque de contato de cloro e um kit de preparação e dosagem de solução de cloro, que é utilizado para desinfetar o efluente. O lodo excedente gerado no reator anaeróbio é direcionado para o reservatório de adensamento e acúmulo de lodo. O sobrenadante desse reservatório é recirculado para a elevatória de esgoto bruto, enquanto o lodo adensado é encaminhado para o sistema de desagramento de lodo. O sistema de desagramento do lodo é composto por bombas que transferem o lodo e um leito de secagem que desidrata o lodo antes de sua disposição final. Essas etapas juntas compõem o processo completo de tratamento como disposto na (Figura 5).

Figura 5 - Níveis de Tratamento do Biofiber SMART

PRELIMINAR	PRIMÁRIO	SECUNDÁRIO	TERCIÁRIO
UNIDADE DE PRÉ-TRATAMENTO	REATOR ANAERÓBIO DE MANTO DE LODO (UASB)	FILTRO BIOLÓGICO AERADO, DECANTADOR SECUNDÁRIO	KIT DE PREPARAÇÃO E DOSAGEM DE SOLUÇÃO DE HIPOCLORITO, FILTRO DESCENDENTE

Fonte: A autora (2023)

A (Figura 6) traz uma ilustração sistema de tratamento Biofiber SMART sugerido para a solução da problemática.

Figura 6 - Sistema de Tratamento BiofiberSmart

Fonte: a&e Tratamento de Águas e efluentes

O lodo quando desidratado e desinfetado é comumente denominado de biossólido. Conforme a NT 2 – Valoração e gerenciamento dos subprodutos sólidos do tratamento do esgoto "Parte A: Higienização e uso de lodo de esgoto no solo" por Barros et al. (2022) na perspectiva de aproveitamento em solos, o biossólido pode ser aplicado em áreas agrícolas na inclusão de pastagens e silvicultura quanto em áreas degradadas, sendo uma forma benéfica na reciclagem de matéria orgânica na redução do uso de fertilizantes. A dosagem deve levar em consideração a necessidade nutricional das plantas e a capacidade solo-planta, no entanto a Resolução CONAMA N°498/2020 define os padrões do biossólidos e do solo submetido à aplicação do subproduto.

Também é viável aproveitar o efluente proveniente da estação de tratamento de esgoto na agricultura. Segundo a NT 3 da compilação intitulada "Reúso não potável de água – Uso agrícola: Condições de aplicabilidade de efluente de estações de tratamento de esgoto" por

Marques et al. (2022), para que essa prática seja economicamente vantajosa e segura sob as perspectivas de saúde pública, é essencial que os esgotos sejam submetidos a algum tipo de tratamento que os torne adequados para uso agrícola. Na Nota Técnica mencionada, há um estudo de caso que descreve o uso do efluente de ETE em cultivos agrícolas. Um desses estudos de caso ocorre em Pernambuco, onde o efluente é empregado no cultivo de coentro, visando à extração de óleo essencial. O outro estudo de caso ocorre em Minas Gerais, onde o efluente é utilizado no cultivo de capim-elefante para a produção de forragem.

3.7 Investimento de projeto

O sistema apresentado no Plano Regional de Saneamento da Bacia do Rio Ipojuca oferece uma visão resumida e não pormenorizada do orçamento para a implementação da lagoa de estabilização, conforme representado no (Quadro 3). Não esclarece qual variante da lagoa será utilizada no sistema. Além disso, sugere que a cada cinco anos será necessário realizar um novo investimento para expandir a capacidade da lagoa.

O primeiro investimento estimado no Plano é de curto prazo e está relacionado ao ano de publicação dele, que ocorreu em 2020. Esse investimento cobre o período até 2025 e inclui um montante de R\$ 740.000 destinado à construção da elevatória e da estação de tratamento. Após o ano de 2026, será necessário realizar uma nova expansão para atender à demanda até 2031, exigindo assim um novo investimento para ambas as operações. Esse padrão de expansões periódicas ao longo de um período de projeto de 20 anos tornará o sistema dispendioso.

Quadro 3 – Orçamento proposto pelo Plano Regional de Saneamento Básico para a ETE de Sapucarana.

Local	Sistemas	Unidade	Prazo	Obras Principais	Investimento (R\$)
DISTRITO DE SAPUCARANA	ENCAMINHAMENTO	EEE	CP - Até 2025	Implantação de EEE e respectiva linha de recalque, com capacidade para suprir a demanda a CP.	R\$ 180.000,00
			MP – De 2026 a 2031	Ampliação da EEE e respectiva linha de recalque, em capacidade para suprir a demanda incremental de MP	R\$ 180.000,00
	TRATAMENTO	ETE	CP - Até 2025	Implantação da ETE, com capacidade para suprir a demanda a CP	R\$ 560.000,00
			MP - De 2026 a 2031	Ampliação do módulo da ETE, em capacidade para suprir a demanda incremental de MP	R\$ 560.000,00

Nota: EEE – Estação elevatória de esgotos; ETE – Estação de tratamento de esgotos; CP – Curto prazo; MP – Médio prazo. Fonte: Adaptado Plano Regional de Saneamento Básico - Bacia do Ipojuca (2020)

Contudo, o custo do sistema pré-fabricado BIOFIBER SMART é de R\$ 1.435.409,99, conforme mostrado na (Figura 7). No entanto, a responsabilidade pela preparação do local de instalação da estação de tratamento recai sobre o órgão encarregado da aquisição do sistema. Durante o processo de dimensionamento, tanto a estação elevatória quanto a caixa divisora de vazão foram projetadas para atender à vazão prevista no final do plano.

A empresa oferece uma garantia integral de cinco anos contra defeitos de fabricação para todos os produtos fabricados em plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV). Além disso, compromete-se a realizar todos os reparos necessários e substituições quando requeridos. É relevante observar que o lodo gerado no reator anaeróbio já passa por um processo de estabilização, eliminando a necessidade de unidades adicionais para esse fim.

É fundamental destacar que, conforme afirmado pela empresa encarregada do sistema, houve sucesso nas remoções seguintes: 85% a 95% de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); 75% a 90% de DQO (Demanda Química de Oxigênio); 80% a 95% de SST (Sólidos Suspensos Totais) e eliminação de coliformes termotolerantes, desde que a demanda de cloro seja atendida. Isso está em conformidade com os padrões estabelecidos para o lançamento de efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários, conforme definido na Resolução Nº 430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

Figura 7 - Orçamento BIOFIBER SMART

SISTEMA: ETE SAPUCARANA		VAZÃO: 5,044 L/s			
COMPOSIÇÃO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANT.	PREÇO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
EQUIPAMENTOS					
	TANQUE DE EQUALIZAÇÃO E ELEVATORIA EFLUENTE				
A000001281	BRUTO H.T. 2,0 PTV BS - EEB-S 450	UN	1	161.670,00	161670,00
A000002477	CAIXA DIVISORA DE VAZÃO - CDV-S F11	UN	1	9.404,29	9404,29
A000002938	REATOR ANAEROBIO BIOFIBER SMART - BIO-S 450	UN	2	146.327,14	292654,28
A000003068	COLETOR DE GAS DN 700 BIOSMART - CGS-S 070	UN	2	4.158,57	8317,14
A000002349	FILTRO BIOLOGICO AERADO BIOFIBER SMART - FBA-S 320	UN	2	153.150,00	306300,00
A000000417	SISTEMA DE GERAÇÃO DE AR BIOSMART - SGA-S 07	UN	1	84.914,29	84914,29
A000002933	DECANTADOR COM TANQUE DE CONTATO ASSOCIADO - D1	UN	2	123.491,43	246982,86
A000000834	KIT DE DOSAGEM DE SOLUCOES QUIMICAS 150 L - KPDS 0150	UN	1	17.427,14	17427,14
A000000467	SISTEMA DE DESCARTE LODO LS BIOSMART - SDL-S 007	UN	1	29.510,00	29510,00
A000002510	RESERVATÓRIO DE ACÚMULO DE LODO - RAL 320	UN	1	36.191,43	36191,43
A000002120	QUADRO DE COMANDO DE MOTORES BIOSMART - FX 007	UN	1	43.460,00	43460,00
A000002653	BARRILETE DE INTERLIGAÇÃO BIOSMART - FX 007	UN	1	42.155,71	42155,71
A000002424	PASSARELA ETE VERTICAL COM ESCADA MARINHEIRO - FX	UN	1	52.055,71	52055,71
	SUBTOTAL:				1331042,85
SERVIÇOS					
	SERVIÇOS DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E/OU ELÉTRICAS -				
S000000882	ETE/ETA, INDUSTRIAIS OU CONGÊNERES	UN	1,00	104.367,14	104367,14
	SUBTOTAL:				104367,14
	TOTAL:				R\$ 1.435.409,99

Fonte: Adaptado a&e equipamentos e serviços LTDA.

É relevante destacar que ambas as tecnologias exigirão despesas de manutenção ao longo dos anos para garantir o funcionamento adequado e eficiente do sistema. Ao analisar os dois sistemas, observa-se que lagoas de estabilização acumularia despesas superiores a três milhões de reais ao longo de 20 anos. Em contraste, o sistema BIOFIBER SMART demandaria

um investimento inicial mais substancial, mas as despesas posteriores se limitariam à substituição de alguns equipamentos. Além disso, o sistema fabricado demonstraria uma eficiência consistente para atender às necessidades da comunidade.

4 CONCLUSÃO

Diante das considerações apresentadas neste estudo, onde o saneamento básico é reconhecido como um elemento crucial para a qualidade de vida da sociedade, empreendeu-se uma busca por uma solução efetiva para o sistema de esgotamento sanitário do distrito de Sapucarana, localizado em Bezerros-PE. O trabalho se dedicou a analisar diversos pontos e critérios visando a seleção de uma tecnologia que fosse tanto apropriada quanto viável para a realidade local.

Dessa forma, optou-se pelo sistema de reator anaeróbio com filtro biológico aerado. Tal escolha se deve ao fato de que este sistema, por ser pré-fabricado, proporciona simplicidade na instalação. Além disso, aspectos relacionados à eficiência foram levados em consideração, com o objetivo primário de reduzir a concentração dos seguintes elementos nos efluentes sanitários: sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável e microrganismos patogênicos. Isso culmina em uma destinação final ambientalmente sustentável. Vale destacar que o sistema apresenta um tempo de detenção hidráulica rápido, um custo de projeto razoável e requer muito menos espaço por habitante em comparação a outras alternativas. Dessa maneira, não apenas a saúde da população é beneficiada, mas também o meio ambiente e outros aspectos da comunidade como um todo.

Assim, esta obra apresenta uma abordagem abrangente voltada para uma iniciativa que almeja promover avanços significativos tanto em termos ambientais quanto de saúde para uma comunidade rural situada em Bezerros-PE. Além disso, ela serve como um ponto de partida para despertar a atenção dos órgãos públicos para essa problemática, indicando a necessidade de buscar parcerias e investimentos visando ao desenvolvimento e organização não apenas do distrito, na esfera do saneamento básico, mas em prol de toda a população de forma abrangente.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR- 9648: ESTUDO DE CONCEPÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTO SANITÁRIO**. Rio de Janeiro, 1986.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. Ministério das Cidades. **ATLAS ESGOTOS: DESPOLUIÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em:

<https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASeESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficas-ResumoExecutivo_livro.pdf> Acesso em 05 de setembro de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA – ANA. Ministério das Cidades. **ATLAS ESGOTOS: ATUALIZAÇÃO DE DADOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NO BRASIL**. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: < <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. > Acesso em 20 de setembro de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: PROJETO, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE TANQUES SÉPTICOS**. Rio de Janeiro, 1993.

BARBOSA, E. **MULHERES SE UNEM, ABREM COOPERATIVA E INOVAM EM CULINÁRIA**. Folha de Pernambuco. Disponível em: < https://www.folhade.com.br/edicao-impressa/2037/12-02-2022/#edicao_impressa-9>. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

BARROS, K. K.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDREOLI, C.V.; CHAMHUM-SILVA, L.A.; BITTENCOURT, S.; KATO, M. T. **VALORIZAÇÃO E GERENCIAMENTO DOS SUBPRODUTOS SÓLIDOS DO TRATAMENTO DO ESGOTO** Parte A: Higienização e uso de lodo de esgoto no solo. Cadernos Técnicos Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 2, n. 1, p. 5-16, 22.

BIOFIBERSMART. **ETEs COMPACTAS VERTICAIS**. Disponível via endereço eletrônico: comercial@aequipamentos.com.br. 2023.

BRASIL. **LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020: MARCO LEGAL DO SANEAMENTO BÁSICO**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/14026.htm. Acesso em: 22 de setembro de 2022.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Ministério da Saúde. **MANUAL FUNASA DE BOAS PRÁTICAS NA GESTÃO DE SANEAMENTO EM ÁREAS RURAIS**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2017. Disponível em: <https://www.funasa.gov.br/documents/20182/84474/Manual+Funasa+de+Boas+Praticas_PN_SR.pdf/026b9eb6-7388-4754-a599-85ff6a1cbeb0> Acesso em 10 de setembro de 2023.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. Ministério da Saúde. **MANUAL DE SANEAMENTO**. 3ª ed. revisada. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf> Acesso em 08 de setembro de 2023.

CARVALHO, K.Q.; PASSIG, F. H.; KREUTZ, C. Ministério da Educação. **TRATAMENTO DE EFLUENTES**. Universidade Tecnológica do Paraná: Campos Mourão, Paraná. 2011. Disponível em: <https://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/371/11_Tratamento_de_Efluentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em 04 de 2023.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO – COMPESA. **PLANO REGIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO: BACIA DO RIO IPOJUCA – VOLUME II**. Recife, 1ª ed., 2ª rev., vol. II, p. 105-108, 2020. Disponível em:

<https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2020/12/1373-COM-01-SA-RT-0004-R2-Ipojuca_VolumeII.pdf> Acesso em 15 de setembro de 2023.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO – CORSAN. **SOLUÇÃO INDIVIDUAL PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO.** In: Rio Grande do Sul, 2022. Disponível em: <<https://www.corsan.com.br/upload/arquivos/202207/01164224-solucao-individual-para-tratamento-de-esgoto-sanitario.pdf>> Acesso em 18 de setembro de 2023.

DUSI, L; ZAGO, M. **TRATAMENTO DE ESGOTO POR FOSSA SÉPTICA E UNIDADES COMPLEMENTARES: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FRAIBURGO-SC.** Ignis, Caçador, vol. 06, nº2, p. 95-114, maio/agosto, 2017. Disponível em: <<https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/1414>> Acesso em 18 de setembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **CONHEÇA O BRASIL - POPULAÇÃO: DOMICÍLIOS BRASILEIROS.** Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/21130-domicilios-brasileiros.html>>. Acesso em: 01 de setembro de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **PANORAMA DE BEZERROS, PERNAMBUCO.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/bezerros/panorama>>. Acesso em 05 de setembro de 2023.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C., A. **TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS.** 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MARQUES, M. V.A.; CHAMHUM-SILVA, L.A.; MATOS, A.T.; BONFIM, N. F.; BARROS, K. K.; BASTOS, R. K. X.; KATO, M. T. **RÉUSO NÃO POTÁVEL DE ÁGUA: ASPECTOS LEGAIS, APROVEITAMENTO URBANO E AGRÍCOLA, E TECNOLOGIAS EMERGENTES PARA A PRODUÇÃO DE ÁGUA PARA RÉUSO.** Nota Técnica - Uso agrícola: Condições de aplicabilidade de efluente de estações de tratamento de esgoto. Cadernos Técnicos Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 2, n. 3, p.29-41, 22.

MENEZES, J. A. L. de. **PROCEDIMENTO DE AVALIAÇÃO DAS AÇÕES DE SANEAMENTO RURAL: O CASO DO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO-BA.** PTARH. DM 214/2018, Brasília/DF, agosto de 2018, p. 1.

REZENDE, S. C., E HELLER, L. **O SANEAMENTO NO BRASIL: POLÍTICAS E INTERFACES (2A ED.)**. Belo Horizonte, 2008, Editora UFMG. p. 387.

SAPUCARANA, ZONA RURAL DE BEZERROS, COMEMORA 95 ANOS NESTE 31 DE MAIO DE 2021. PH Bezerros, 2021. Disponível em: <www.phbezerros.com.br> Acesso em 10 de maio de 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Ministério das Cidades. **DIAGNÓSTICO TEMÁTICO SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO,**

dezembro, 2022. Disponível em:<<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis.>> Acessado em 13 de setembro de 2023.

SZUSTER, L. B. (2011). **ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO PARA O BAIRRO SERRINHA EM GONÇALVES-MG: UMA SOLUÇÃO VISANDO ASPECTOS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**. Escola de Engenharia UFMG; Belo Horizonte 2011

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **LODO DE FOSSA SÉPTICA**, 2009. Disponível em:< http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_6.pdf>. Acessado em 19 de outubro de 2023.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **COLETA E TRANSPORTE DE ESGOTO SANITÁRIO**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

VON SPERLING, M. **INTRODUÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS E AO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUAIS**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1998.

VON SPERLING, M. **PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO**. 2ª ed., Vol. III. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1993.

VON SPERLING, M. **PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO BIOLÓGICO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: PRINCÍPIOS BÁSICOS DO TRATAMENTO DE ESGOTOS**. Vol. II. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1998.

GEISIANE MARIA DUARTE

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS
PRODUZIDOS NO DISTRITO DE SAPUCARANA NO MUNICÍPIO DE BEZERROS-
PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência.

Área de concentração: Saneamento

Aprovado em 03 de outubro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Kenia Kelly Barros da Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

M.Sc. Ana Paula Feitosa de Amorim (Avaliadora 1)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz (Avaliador 2)
Universidade Federal de Pernambuco